No.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
REPÚBLICA DE COSTA RICA

EL ESTUDIO SOBRE EL DESARROLLO DE CAPACIDAD EN LA PLANIFICACIÓN DE REHABILITACIÓN, MANTENIMIENTO Y ADMINISTRACIÓN DE PUENTES BASADO EN 29 PUENTES DE LA RED DE CARRETERAS NACIONALES EN COSTA RICA

INFORME FINAL
2 de 3
TEXTO PRINCIPAL

Febrero 2007

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Oriental Consultants Company Limited
Chodai Company Limited

SD
JR
07-07

RIMOPT
11 FEB 2010
00008 226
Aut de Planificación

El siguiente Tipo de Cambio fue aplicado en el Proyecto:

USD 1.00 = 116.91 JPY (Agosto 2006)

USD 1.00 = 515.86 CRC (Agosto 2006) ※ CRC: Costa Rica Colon

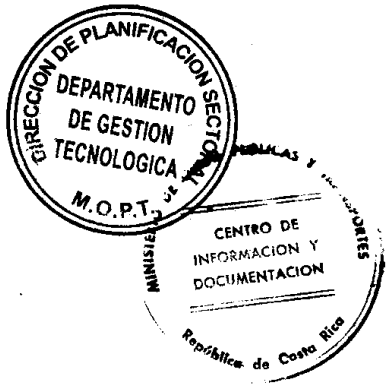
— MIDEPT —
11 FEB 2010
00008 226
Aut. de Planificación
COMP.
OBS: ampa - 5414

624.28
A265e
Texto Pral.

El siguiente Tipo de Cambio fue aplicado en el Proyecto:

USD 1.00 = 116.91 JPY (Agosto 2006)

USD 1.00 = 515.86 CRC (Agosto 2006) ※ CRC: Costa Rica Colon


DIRECCION DE PLANIFICACION SECTORIAL
DEPARTAMENTO
DE GESTION
TECNOLOGICA
M.O.P.T.
CENTRO DE
INFORMACION Y
DOCUMENTACION
República de Costa Rica

PRÓLOGO

En respuesta de la petición del Gobierno de la Republica de Costa Rica, el Gobierno de Japón ha decidido conducir El estudio sobre el desarrollo de capacidad en la planificación, rehabilitación, mantenimiento y administración de puentes, basado en 29 puentes de la red de carreteras nacionales en Costa Rica confiándolo a la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA)

JICA selecciono y despacho un equipo de estudio liderado por el Dr. Masaaki TATSUMI de Oriental Consultants Co., Ltd. El equipo consiste en la asociación de Oriental Consultants Co., Ltd. Con Chodai Co. Ltd para Costa Rica, entre Septiembre del 2005 y Enero del 2007.

El equipo sostuvo debates con los oficiales interesados del Gobierno de Costa Rica y dirigió la asistencia técnica para Desarrollo de Capacidad en el mantenimiento de puentes y la rehabilitación así como también el refuerzo y el diseño de rehabilitación de los 10 puentes seleccionados en el área de estudio. Al regresar a Japón, el equipo desarrollo estudios adicionales y preparó este informe final en febrero del 2007.

Espero que este informe contribuya a desarrollar su aptitud en el mantenimiento y la rehabilitación de puentes de Costa Rica, y para el realce de relación acogedora entre nuestros dos países.

Finalmente, quiero expresar mi sincero elogio para los oficiales interesados del Gobierno de Costa Rica y su estrecha cooperación durante el estudio.

Febrero 2007

Kazuhisa MATSUOKA
Vicepresidente
Agencia de Cooperación Internacional de Japón

CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION
República de Costa Rica

CARTA DE REMISIÓN

Febrero 2007

Mr. Kazuhisa MATSUOKA,
Vicepresidente
Agencia Cooperación Internacional de Japón (JICA)
Tokyo, JAPÓN

Tenemos el placer de enviarles el Reporte Final de El estudio sobre el desarrollo de capacidad en la planificación, rehabilitación, mantenimiento y administración de puentes, basado en 29 puentes de la red de carreteras nacionales en Costa Rica

El Estudio fue desarrollado por Oriental Consultants Co., Ltd en sociedad con Chodai Co. Ltd. durante el periodo de Septiembre del 2005 a Enero del 2007. Al dirigir el Estudio, completamos la asistencia tecnica para el Desarrollo de Capacidad en el mantenimiento y rehabilitación de puentes asi como en el rerefuerzo y diseños de rehabilitación de los 10 puentes seleccionados.

Deseamos tomar esta oportunidad para expresar nuestro agradecimiento a los funcionarios de JICA, Ministerio de Asuntos Internacionales de Japon, Ministerio de Obras Publicas y Trabasportes (MOPT), Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), Oficina de JICA Costa Rica y de la Embajada de Japón en Costa Rica por su cooperación durante el Estudio.

Finalmente, deseo que este reporte contibuya a cooperacion de Costa Rica.

Atentamente,

Masaaki TATSUMI
Lider del Equipo, Equipo de Estudio de El estudio sobre el desarrollo de capacidad en la planificación, rehabilitación, mantenimiento y administración de puentes, basado en 29 puentes de la red de carreteras nacionales en Costa Rica

Mapa de Ubicación del Proyecto

Ubicación de 29 puentes

▽ Puente del estudio : 29 puentes
Ruta 1 : 8 Puentes
Ruta 2 : 8 Puentes
Ruta 4 : 3 Punetes
Ruta 32 : 9 Puentes
Ruta 218 : 1 Puentes

Resumen del Proyecto

1. País	República de Costa Rica
2. Nombre del Estudio	El estudio sobre el desarrollo de capacidad en la planificación de rehabilitación, mantenimiento y administración de puentes, basado en 29 puentes de la red de carreteras nacionales en Costa Rica
3. Agencia de Contraparte	Ministerio de Obras Públicas y Transportes
4. Objetivos del Estudio	• Asistencia en el Desarrollo de Capacidad de la Rehabilitación, Planeamiento, Mantenimiento y Administración de Puntes • Implementación de Inspección, Diagnóstico y Plan de Rehabilitación y Refuerzo para puentes en vías • Establecimiento de Herramientas de Mantenimiento de Puentes (Sistema de Administración de Puentes (SAP), Manuales y Lineamientos))

1. Área de Estudio

- 29 Puentes de las Rutas Nacionales (Ruta 1, 2, 4, 32, 218) incluyendo el Plan de Rehabilitación y Refuerzo de 10 Puentes
- Agencias Gubernamentales, Involucrados relevantes en el Mantenimiento de Puntes.

2. Componentes del Estudio

1) **Formulación e implementación del Programa de Desarrollo de Capacidad para Mantenimiento y Administración de Puentes**
   a) Diferencia de Capacidad
   b) Formulación de Políticas Básicas en el desarrollo de capacidad
   c) Implementación del Desarrollo de Capacidad
2) **Evaluación de las Condiciones Existentes (Inspección/Diagnóstico): en 29 puentes**
   a) Establecer el Método de Inspección e Implementación del sitio de inspección
   b) Establecer el Método de Evaluación de las deficiencias del Puente y la selección de los 10 puentes prioritarios
3) **Formulación del Plan de Rehabilitación y Refuerzo para puentes : sobre 10 puentes**
   a) Implementación de la Inspección detallada
   b) Implementación de los estudios de las condiciones naturals (Consdiciones del Río, Examinación Geologica)
   c) Implementación de las Pruebas de Carga del Puente (la transferencia técnica del procedimiento de prueba es el objetivo principal)
   d) Exámen y Selección del Plan de Construcción para la rehabilitación y refuerzo
   e) Elaborar los diseños y dibujos de la rehabilitación y refuerzo
   f) Implementación del plan de construcción preliminar, estimación de costos y análisis económico.
   g) Implementación del EAI y reuniones de involucrados, formulación de asistencia de los terminos de referencia e impacto ambiental
4) **Establecimiento de las Herramientas para el mantenimiento y administración de puentes (SAP, Manuales y Lineamientos)**

3. Descripción

Desarrollo de Capacidad La "Valoración de Diferencia de Capacidad" fue desarrollada basada en varias entrevistas con las instituciones relevantes con el fin de comprender los problemas de la administración de puentes en los niveles Individual, Organizacional y Socio/Institucional. A través del Método de CAP (Problemas & Análisis de Objetivos), Políticas Básicas y programas de DC, lo cual comprende 13 prototipos modulares de proyecto, fueron formulados. Como soporte principal para el programa de implementación del programa, el "Grupo Consultivo de Administración de Puentes (GCAP)" fue organizado por sectores con miembros de sectores Público-Privado-Académico. Para el realce de la implementación, fueron agrupados 5 proyectos modulares integrados y ubicados en 5 grupos de trabajo formando el "Grupo Consultivo de Administración de Puentes (GCAP)" para preparar la "Estructura de Desglose de Trabajo (EDT)" y los planes de Acción (PO). Durante el periodo de Estudio, el Desarrollo del Recurso Humano propenso a la mejora de las capacidades individuales mediante la anticipación de prioridades en el inicio del programa a gran escala, mientras la estructura organizacional fue propuesta para el desarrollo de la capacidad organizacional por el Equipo de Estudio. Al final del Estudio, se diseñó y se desarrollo un seminario para la región del PPP en conjunto con la agencia de contraparte de Costa Rica para esparcir inicialmente las entradas/salidas entre los países del PPP. A traves de las presentaciones de la contraparte en el seminario, se verificó el proceso escalonado del desarrollo de capacidad.

Plan de Rehabilitación & Refuerzo para el Mantenimiento y Administración de Puentes Los sitios de inspección fueron tomados en el studio de 29 puentes y se estableció el método de evaluación para la deficiencia de puentes. Se seleccionaron 10 puentes prioritarios para implementar la inspección detallada, planeación y diseño de rehabilitación/refuerzo, planes de construcción, estimación de costos y análisis económico. Después de determinar procedimientos guías se elaboraron estatutos de mantenimiento de puentes en Costa Rica. Es más otras herramientas suplementarias fueron elaboradas como por ejemplo, Manuales de Inspección, Manual de Operación del SAP y Lineamientos para la administración de puentes.

4. Conclusiones y Recomendaciones

- Fueron extraídos y delineados 5 proyectos modulares a través del Estudio. Es recomendado que la administración del puente deba debidamente implementar en conformidad con esos 5 proyectos modulares integrados para futuro de la administración de puentes en Costa Rica.
- Es recomendable que el GCAP así como los Grupos de Trabajo se enfocan en operaciones ininterrumpidamente como se muestra en los siguientes aspectos.
  - ➢ Mejora de la Capacidad Individual de los oficiales del MOPT y CONAVI
  - ➢ Desarrollo a Largo Plazo en Desarrollo de Recursos Humanos y el Intercambio de Información Técnica
  - ➢ Mejora de Regulaciones y Estándares
  - ➢ Promoción de Políticas de Normas Gubernamentales y Relaciones Públicas
- Se requiere de Monitoreo Continuo y Evaluación de Salidas del Proceso de Desarrollo de Capacidad

RESUMEN DEL ESTUDIO

Período de Estudio: A partir de Setiembre, 2005 hasta Febrero, 2007
Contraparte: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Consejo Nacional de Vialidad

R.1 Antecedentes y Objetivos del Estudio

La Red Vial de Costa Rica es de 35,000 km en longitud total y comprende la carretera internacional llamada Carretera Panamericana. Ya que el transporte predominante en Centro América es de tipo terrestre comparado con el transporte marítimo o aéreo, la mejora de la red vial es un factor clave en el desarrollo e integración de la economía en la región. Consecuentemente, es de comprensión general que el mantenimiento de carreteras deberá producir impactos inmensos y en la región de tipo socio-económicos en Centro América.

Siendo que la mayoría de los 1,330 puentes en la carretera nacional sufren de un severo deterioro causado por los sismos, los ríos e incremento del volumen de tráfico, la deficiencia en el mantenimiento de carreteras ha permitido que esos daños alcancen niveles cada vez más críticos. El Plan de Desarrollo Nacional de Costa Rica establece que la rehabilitación de puentes en las carreteras destinadas para el transporte de camiones es particularmente clave para acelerar el crecimiento de la economía en el país.

Debidos a estas razones, el Gobierno de Costa Rica solicitó al Gobierno de Japón implementar la asistencia técnica en el sistema de administración de puentes. En respuesta a esta solicitud se decidió conducir el Estudio, con una muestra de 29 puentes en las carreteras de transporte de camiones pesados, enfocado en la asistencia para el desarrollo de capacidad para el reforzamiento, rehabilitación y administración de puentes con el siguiente calendario.

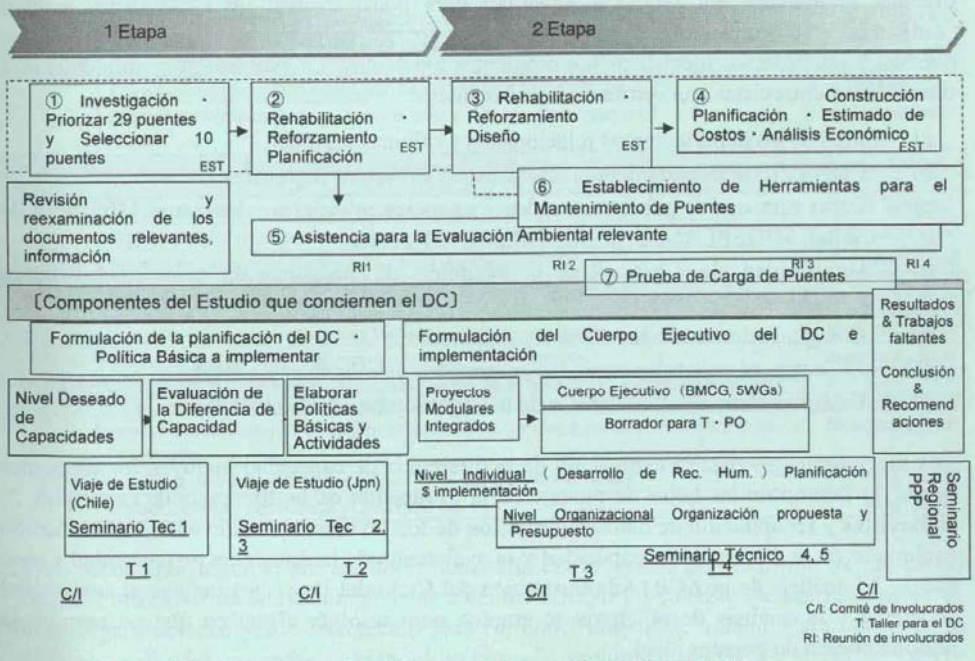


Figura 1.1. Componentes y Proceso Esquemático del Estudio

R.2 Revisión y Examinen de Documentos y Datos relevantes

Las condiciones nacionales y socio-económicas se revisaron en los siguientes ítems.

- Condiciones naturales: geografía, clima, sismos.
- Estado socio-económico: uso de los suelos, datos de la población/índice social, economía e industria
- Estado actual de la red vial
- Estado actual del mantenimiento de carreteras

R.3 Condición existente de los Puentes y estado del mantenimiento de Puentes

Para comprender el estado actual de los puentes y el mantenimiento de puentes, se examinaron los siguientes ítems.

- Condición existente de los puentes en Costa Rica
- Estándares de Diseño de Puentes
- Mantenimiento de Puentes (Organización ejecutiva, sistema de mantenimiento de puentes)

R.4 Evaluación de la Diferencia de Capacidad

La evaluación de la diferencia de capacidad a gran escala se condujo juntamente con los oficiales contraparte del MOPT y CONAVI para poder evaluar las capacidades a nivel "individual", "Organizacional" e "Institucional y social" en términos del mantenimiento de puentes y por lo tanto identificar los problemas existentes. La evaluación se implementó a través de las entrevistas con instituciones relevantes:

a) MOPT, los departamentos relacionados y oficinas regionales
b) CONAVI, los departamentos relacionados y oficinas regionales
c) Otros ministerios gubernamentales y agencias relevantes tales como Ministerio de Salud, MIDEPLAN, CNC, MINAE, SETENA, etc.
d) Universidad de Costa Rica e institutos de investigación relacionados como LANAMME
e) Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos
f) El Sector privado tales como los contratistas y compañías de diseño
g) Usuarios como los conductores de camiones, pasajeros y ciudadanos

Los procedimientos para la evaluación de la diferencia de capacidad incluyen los siguientes pasos. 1) Diseño de las hojas de puntaje de la evaluación de la diferencia de capacidad, 2) Entrevistas y recopilación de datos/información de los involucrados relevantes, 3)Evaluación preliminar de la diferencia de capacidad y la avaluación de la diferencia de capacidad a gran escala. El análisis de la ACP (Administración del Ciclo del Proyecto) incluye el análisis del problema y el análisis de objetivos se empleo para resolver el atasco que no permite la administración de puentes ideal.

Después del análisis del problema, el problema principal del "Mantenimiento de Puentes

Inapropiado" se derivó de i) una capacidad de mantenimiento de puentes insuficiente, ii) una débil estructura organizacional en el mantenimiento de puentes, iii) presupuesto insuficiente para el mantenimiento de puentes, iv) un reforzamiento insuficiente de las leyes, regulaciones y estándares, y v) un conocimiento insuficiente de la administración del mantenimiento de puentes.

R.5 Políticas Básicas Para el Desarrollo de Capacidad

Para poder resolver los problemas identificados por el análisis del problema, el programa para la administración total del mantenimiento de puentes y la rehabilitación, el cual está compuesto por un grupo de 13 proyectos modulares prototipo que se propone por medio del análisis objetivo y el análisis alternativo.

R.6 Implementación del Desarrollo de Capacidad para el Programa de Mantenimiento de Puentes Comprensivo

Los 13 proyectos modulares prototipo identificados fueron integrados en 5 proyectos modulares a gran escala. Al formular la MDP (Matriz de Diseño del Proyecto), se refiere al programa de mantenimiento de puentes como el grupo de 5 proyectos modulares a gran escala .

Proyecto Modular Integrado 1 (PM-1): ***Proyecto de Construcción de la Capacidad Individual MOPT y COMAVI***		
1	Proyecto de Mejora de Capacidad Individual para la Inspección y Diagnóstico	Nivel "Individual"
2	Proyecto de Mejora de Capacidad Individual para la operación del SAP, la selección prioritaria y la Rehabilitación, Planificación de Puentes	Nivel "Individual"
3	Proyecto de Mejora de Capacidad Individual para implementar la rehabilitación de Puentes	Nivel "Individual"
Proyecto Modular Integrado 2 (PM-2): ***Proyecto de Construcción Institucional para MOPT y CONAVI***		
1	Proyecto de Fortalecimiento Institucional para la Dirección de Puentes del MOPT	Nivel "Organizacional"
2	Proyecto de Fortalecimiento Institucional para el Nuevo Dept. relacionado a Puentes de CONAVI	Nivel "Organizacional"
Proyecto Modular Integrado 3 (PM-3): ***Proyecto de Desarrollo de Recursos Humanos a largo plazo y de intercambio técnico***		
1	Proyecto de Desarrollo de Recursos Humanos a largo plazo	Nivel "Individual"
2	Proyecto de intercambio público-privado- académico-técnico	Nivel "Organizacional"
3	Proyecto de Intercambio Técnico de los países miembros del PPP	Nivel "Social"
Proyecto Modular Integrado 4 (PM-4): ***Proyecto de Mejora de regulación y estándares***		
1	Proyecto de Mejora de Regulaciones Técnicas y Estándares de Diseño	Nivel "Institucional"
2	Proyecto de Mejora de la Gestión de Regulaciones y Procedimientos	Nivel "Institucional"
Proyecto Modular Integrado 5 (PM-5): ***Proyecto de la Promoción y Defensa de las Relaciones Públicas***		
1	Proyecto de la Defensa de la Administración de Bienes para las Autoridades Financieras y de Planificación	Nivel "Institucional"
2	Proyecto de Relaciones Públicas y Defensa de los Usuarios de los Puentes	Nivel "Social"
3	Proyecto de Relaciones Públicas y Defensa de los	Nivel "Social"

Como un cuerpo principal par ala implementación del programa de desarrollo de capacidad "Grupo Consultivo de Mantenimiento de Puentes (GCMP)", consiste de representantes de varias organizaciones y fue establecido para formar 5 grupos de trabajo. Para concretar la implementación del programa, se elaboró un borrador preliminar del DET y el PO. El DET y el PO a gran escala se formularán como el plan de 5 años en el curso de una serie de

reuniones del GCMP realizadas en el año fiscal 2007 para que se pueda iniciar el plan en el año fiscal 2008.

Como parte de la asistencia del desarrollo de capacidad organizacional, el equipo de estudio propuso una estructura organizacional y un presupuesto para el mantenimiento de puentes.

Para lograr extenderse a los países miembros del PPP, se realizó el Seminario Regional PPP al final del estudio, lo cual permitió introducir el lineamiento y extender los resultados del estudio a los países vecinos en la administración de puentes.

R.7 Desarrollo de Recursos Humanos

El Desarrollo de Recursos Humanos juega un papel en el programa de desarrollo de capacidad a nivel individual, lo que comprende principalmente las actividades de entrenamiento técnico para la administración de puentes. Estas actividades se anticiparon al inicio del desarrollo del programa y se refirieron como medidas del programa (proyecto modular integrado 1, 3).

Las Actividades de entrenamiento técnico se han introducido e iniciado esencialmente proyectándose al equipo de las contrapartes técnicas al principio del estudio. Estas actividades se practicaron como Entrenamiento en el Sitio de Trabajo (EST) y en los seminarios técnicos para realzar el conocimiento, las habilidades y las actitudes. Además, se puede notar que se realizó el Viaje de Estudio al Extranjero para obtener efectos suplementarios y amplificar la efectividad en ambos el entrenamiento técnico y la divulgación.

R.8 Condiciones Existentes e Inspección del Sitio de los Puentes del Estudio

Se examinaron e inspeccionaron visualmente los 29 Puentes del Estudio (17 puentes de viga de concreto, 12 puentes de viga de acero). Los documentos y datos relevantes, por ejemplo: se recolecto y reviso los inventarios de puentes en el MOPT, planos, historia de la reparación, volumen de tráfico, mapa topográfico, información del río para poder comprender la condición de cada puente. Los ingenieros de puentes del MOPT se unieron al equipo de Estudio para implementar la inspección visual de todos los puentes como un "Entrenamiento en el Sitio de Trabajo", usando efectivamente las hojas de inspección.

Miembro	Resultados (Deterioro)	Puente No.	Comentarios (Causas Posibles)
Superestructura	La losa está dañada severamente.	14 puentes	El volumen de tráfico pesado es una de las causas principales. Todos los puentes en la Ruta 1 tienen daños en sus losas, mientras que los puentes en la R.2 que fueron construidos entre 19060 y 1970 lo mismo q los de la R.1.
	Se observan daños en los nudos de conexión entre el larguero y la viga transversal	Cercha de Acero	Causado por la falta de rigidez en el marco de cubierta
	Los apoyos se rompieron por un terremoto (las vigas principales están mal ubicadas por 10 cm en dirección transversal)	No.26, 27, 28	Los puentes ubicados en la Ruta 32 cerca del Puerto de Limón es donde ocurrieron los terremoto de 1991
	Las deformaciones de las vigas principales se observan en los puentes de viga de cajón de PC.	No.17, 20	Causada presuntamente por un control de calidad insuficiente durante la construcción.

Subestructura	Se observa el colapso del talud alrededor del bastión.	La mayoría de los puentes	
	Se observa socavación alrededor de la fundación en las pilas o bastiones.	Algunos de los Puentes	En el Puente No. 16, la fundación de la pila está expuesta más de 2 m por debajo de la parte inferior de la fundación debido a la socavación.
Accessorios	Daños en las juntas de expansión y las barandas.	29 puentes	Mantenimiento Insuficiente
Medidas Antisísmicas	Contramedidas insuficientes para el fallo del Puente (reforzamiento: alargamiento de la subestructura: traslape de la longitud de las vigas, sobre el ancho de la meseta de asiento del puente		
Contramedidas para carga viva	Capacidad de carga insuficiente contra HS20-44+25%		Los Puentes en la R.1 y la R.2 se diseñaron con H15-S12 de carga viva y los puentes en otras rutas se diseñaron con HS20-44.

R.9 Selección de los 10 Puentes para la Rehabilitación, reforzamiento

Bajo la colaboración entre los ingenieros de puentes del MOPT y el Equipo de Estudio, se proceso y finalizó la selección de los puentes prioritarios para la rehabilitación de acuerdo con la evaluación de la deficiencia comprensiva de puentes cuyo criterio consiste de un grado de deterioro observado, el peso determinado por la importancia funcional como partes estructurales, lo mismo que el peso determinado por el impacto negativo potencial que esos daños presentes causan al afectar las partes estructurales de los puentes. En el Estudio, se aplicó el Proceso Jerárquico Analítico (PJA), como el método de apoyo de decisión utilizado para la evaluación de la deficiencia de puentes.

Se seleccionaron 10 puentes para la rehabilitación y reforzamiento con base en los resultados de la evaluación de la deficiencia de puentes, y con otros criterios, lo cual es el propósito del Estudio, los resultados del estudio deberán ser aplicados ampliamente y expandirse para el mantenimiento de puentes en Costa Rica.

R.10 Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora de los 10 Puente seleccionados

El plan para la rehabilitación, reforzamiento se formuló a través de la evaluación de los resultados de los diseños detallados (Inspección Visual, prueba de la muestra del núcleo del concreto, prueba del martillo schmidt, prueba de fenolfetaleína, detección de la posición del acero de refuerzo, medición del grosor de la placa de acero) y el análisis estructural.

En este caso particular del Estudio, que se requiere verificar y asegurar que la capacidad de carga satisfaga HS20-44+25% y la resistencia sísmica satisfaga los códigos antisísmicos locales, se aplicó un análisis estructural con modelos estructurales computarizados para verificar las fuerzas tensionales o esfuerzos de cada miembro para determinar una necesidad al mismo tiempo que reforzar las condiciones específicas.

La Prueba de Carga de Puentes se condujo principalmente con el objetivo de la transferencia técnica a los ingenieros del MOPT. Con base en los resultados de la medición de la frecuencia del esfuerzo en el puente de la viga de acero, se evaluó la falla de la fatiga para estimar la vida residual.

R.11 Diseño Detallado para los 10 Puentes seleccionados

Método de la rehabilitación, el reforzamiento para los 10 Puentes se resume a continuación.

Tabla 11.1 Superestructura ("O": Método Aplicable)

Miembro	Método	R1			R2			R4		R32		R216
		2	3	7	12		16	17	19	20	26	29
		ST	ST	RI	SI	RI	RI	PB	SI	PB	SI	PI
Losa	Incremento del grosor de la losa (lado superior)			O			O					
	Adherencia FRP				O	O			O		O	
	Remplazo: Losa de PC	O	O									
Marco de la Cubierta Viga Principal: Acero	Replacement: frames	O	O	N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
	Incremento del espesor de la placa de acero		O	N/A		N/A	N/A	N/A	O	N/A		N/A
	Miembros Adicionales	O		N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
	Remplazo: Placa de acero			N/A		N/A	N/A	N/A	O	N/A		N/A
	Cable de Acero			N/A	O	N/A	N/A	N/A	O	N/A		N/A
Viga Principal: CR, PC	Incremento del peralte de la viga	N/A	N/A	O	N/A				N/A		N/A	
	Adherencia FRP	N/A	N/A		N/A		O		N/A		N/A	O
	Adherencia de la placa de acero	N/A	N/A	O	N/A	O			N/A		N/A	
Accesorios	Reemplazo de la Junta de Expansión	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	Reparación Apoyo						O				O	
	Reemplazo: baranda	O	O									
Pavimento	Pavimento Asfáltico	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	○
	Impermeabilización	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	○

Tabla 11.2 Subestructura ("O": Método Aplicable)

Miembro	Metodo	R1			R2		R4		R32		R216
		2	3	7	12	16	17	19	20	26	29
		ST	ST	RI	SI,RI	RI	PB	SI	PB	SI	PI
Subestructura	Incremento de la sección de la viga				O			O		O	O
	Cubierta de concreto	O	O	O		O					O
	Protección del concreto						O		O		
Fundación	Agrandar fundación	O	O	O	O	O	O	O		O	O
	Pilas adicionales	N/A	N/A	N/A	N/A	O	N/A	O	N/A		N/A
Anti-caída	Ensanchar el asiento del Puente, Sistema de limitación de desplazamiento	O	O		O	O		O		O	O
	Sistema de Conexión (cadenas)		O		O			O		O	
Protecciones	Protección del Talud (Mampostería)	O			O	O					

Miembro	Metodo	R1			R2		R4		R32		R216
		2	3	7	12	16	17	19	20	26	29
		ST	ST	RI	SI,RI	RI	PB	SI	PB	SI	PI
	Protección del lecho del Río (Gavión)	O	O		O	O				O	O

R.12 Planificación de la Construcción Preliminar y Estimado de Costo

La ejecución del trabajo para el Proyecto sin cerrar completamente el tráfico es crucial considerando los aspectos socio-económicos, ya que estos puentes están ubicados en las carreteras más importantes de tránsito de camiones pesados en Costa Rica. Se deberá tener un plan para que los trabajos de construcción se ejecuten básicamente en un solo carril del puente para asegurar el tráfico de una vía en el otro lado en todo tiempo. Consecuentemente, el periodo de construcción estimado varía de 60 a 190 días.

El costo estimado para el proyecto es de 360,000 a 3,270,000 Dólares (42,088,000 a 382,300,000 Yenes Japoneses) incluyendo la contingencia que equivale a un 5% del costo directo total.

R.13 Análisis Económico

El objetivo del análisis económico incluye: 1) consideración del método de análisis económico apropiado para la rehabilitación y reforzamiento de puentes, 2) aplicación este análisis en los 10 puentes seleccionados, y 3) sistematización de este método para extenderlo a otros puentes.

Con base en el "realizar" y "sin realizar" para la rehabilitación y reforzamiento de puentes, se examinan el costo del proyecto y los beneficios. Los beneficios del proyecto se evalúan como una reducción de costos, estos costos son los que aparecen en el "sin realizar".

Los costos del proyecto, que están descritos en el Capítulo 12, se convirtieron en el costo económico a ser empleado. Los costos de operación y mantenimiento se calculan al tomar en consideración los costos para la inspección periódica y detallada, el reemplazo del pavimento y el reforzamiento de los miembros de acuerdo con el tipo de puente y el material, etc. Los costos sociales se calcularon con base en el "Costo del Desvío" y el "Costo de Espera" debido a la clausura y restricción del tráfico. El costo de desvío aumenta cuando se da la restricción de tráfico para una dirección durante los trabajos de construcción.

El "Escenario Futuro", el cual es la base para el análisis, se determina para cada Puente bajo el criterio ingenieril con base en los resultados de las inspecciones y la edad del puente.

Los resultados del análisis muestran que hay 8 puentes que tienen un EIRR el cual excede al 20% y el puente donde se da el NPV más alto (taza de descuento =12%) es el Puente Chirripó (No.26) en la Ruta 32, lo que significa que la rehabilitación y el reforzamiento es bastante efectivo.

R.14 Sistema de Administración Estructural de Puentes (SAEP)

El Equipo de Estudio investigo la condición de los sistemas de información existente para carreteras y puentes para así poder comprender los problemas actuales, antes de la formulación del sistema de administración de puentes.

El Sistema de Administración Estructural de Puentes (SAEP) se estableció como una herramienta de apoyo para tener criterio técnico al implementar las inspecciones, la evaluación, y el análisis y mantenimiento de los componentes estructurales del puente. Las funciones del sistema son las siguientes;

- Función para el registro y la renovación de datos.
- Función para la administración de datos tales como la evaluación de la eficiencia.
- Función para la recuperación de datos incluyendo el inventario de puentes y datos de la inspección de puentes y ventana para la ubicación del puente.
- Función para la salida del inventario de puentes

El Sistema Administra todos los datos relevantes unificados en un solo servidor.

R.15 Herramientas para la Administración del Mantenimiento de Puentes

Se elaboraron como herramientas de apoyo para la Administración de Puentes, 1) Manual de Inspección, 2) Manual de Operación para el Sistema de Administración de Puentes 3) El Lineamiento para la Administración de Puentes.

El manual de inspección se prepara principalmente para los inspectores e ingenieros de puentes, quienes comprenden como implementar el estudio del inventario, los procedimientos de la inspección rutinaria y los métodos para evaluar el deterioro de los puentes. El manual de operaciones se prepara principalmente para el administrador del sistema y los ingenieros de puentes, quienes instruyen los métodos de operación y mantienen el Sistema de Administración Estructural de Puentes. El lineamiento se prepara principalmente para los ingenieros de puentes quienes se encargan de las actividades de mantenimiento de puentes e instruyen el concepto de mantenimiento de puentes, la causa del deterioro del puente, el método de la inspección detallada, el método de la prueba de carga y el método de reparación de puentes.

R.16 Apoyo Técnico para la Examen Ambiental

Durante este estudio, se realizó la investigación de campo en los 10 puentes seleccionados mientras se conducía la recolección de información tal como la revisión de reportajes y entrevistas con agencias u organizaciones ambientales competentes tal como SETENA. Con base en esta información ambiental recopilada, se condujo el EAI del proyecto propuesto. Del EAI se pudo llegar a la conclusión de que no se reconoce un impacto ambiental potencial significante ya que el proyecto propuesto es un proyecto orientado a la rehabilitación/mantenimiento. Sin embargo, no se puede obviar el impacto ambiental potencial de los factores ambientales tales como la degradación de la calidad del agua temporal, embotellamientos, sonido/vibración, el tratamiento de los desechos de construcción,

la colocación de la construcción, enfermedades infecciosas tales como el dengue y malaria que podrían afectar a los trabajadores de la construcción durante el periodo de esta. Varios lugares donde se encuentran los puentes podrían estar ubicados en áreas cercanas de sitios importantes ecológica y o cultural o dentro de un parque nacional. Además, es posible que varios ocupantes ilegales estén ubicados en dos sitios de puentes.

Ya que se requieren de licencias ambientales para implementar los planes de rehabilitación de puentes propuestos, se discutió las licencias ambientales tanto las de la Ley de Costa Rica de Análisis de Impacto Ambiental como las de los lineamientos de JICA con base en los impactos negativos a ser asociados con el plan de rehabilitación. Las direcciones y los conceptos claves para el desarrollo de los Términos de Referencia de los estudios ambientales al mismo tiempo que el programa de administración ambiental.

Se puede decir que todos los 10 planes de rehabilitación seleccionados se ubican dentro de la "Categoría B1" según la Ley Costarricense AIA y según el Lineamiento de JICA en la "Categoría B2".

Durante el estudio, las reuniones de involucrados se dieron 4 veces para discutir la información relevante al público, y las preguntas y respuestas que se daban fueron reportadas en la página de internet del MOPT.

R.17 Conclusión y Recomendaciones

A través del "Estudio de Desarrollo de Capacidad en la Planificación de la Rehabilitación, Mantenimiento y Administración de Puentes basado en 29 Puentes de la Red Vial Nacional" se ha comenzado y expandido de manera eficaz el fortalecimiento de la capacidad del mantenimiento de puentes en Costa Rica. Junto con el examen técnico para la rehabilitación de los 29 puentes que incluyen el diseño para los trabajos de reparación de los 10 puentes seleccionados, los cuales representan las características estructurales en su totalidad, al igual que las actividades de defensa múltiple para la Administración de Bienes, la comprensión y entendimiento del concepto de Desarrollo de Capacidad ha sido premiado extensamente con los resultados positivos y eficacia.

A continuación se resume las recomendaciones del estudio.

1) Implementar un Programa de Mantenimiento de Puentes comprensivo a través de la formulación de la Estructura de Desglose del Trabajo y el Plan de Operaciones para los 5 Proyectos Modulares Integrados, los cuales deberán finalizar en el año fiscal 2007 y comenzar a partir del año fiscal 2008 hasta los siguientes 5 años.

2) Una operación continua sin problemas del GCMP y de los 5 Grupos de Trabajo en las siguientes tareas:

- Mejora de la Capacidad Individual de los oficiales del MOPT & CONAVI
- Fortalecimiento de una nueva estrategia para el Departamento de Puentes del MOPT y crear el Departamento de Conservación de Puentes propuesto para CONAVI.
- Desarrollo de Recursos Humanos a largo plazo e intercambio de información técnica.

- Mejora de Regulaciones y Estandares
- Promoción de la Defensa de los Oficiales del Gobierno y Relaciones Públicas

3) Monitoreo Continuo y Evaluación de los Resultados del proceso del Desarrollo de Capacidad.

EL ESTUDIO SOBRE EL DESARROLLO DE CAPACIDAD EN LA PLANIFICACIÓN DE REHABILITACIÓN, MANTENIMIENTO Y ADMINISTRACIÓN DE PUENTES BASADO EN 29 PUENTES DE LA RED DE CARRETERAS NACIONALES EN COSTA RICA

INFORME FINAL

Tabla de Contenidos

■ 1 DE 2: RESUMEN

■ 2 DE 2: TEXTO PRINCIPAL

Mapa de Ubicación del Proyecto
Resumen del Proyecto
Resumen del Estudio
Tabla de Contenidos
Lista de Tablas
Lista de Figuras
Abreviaciones

CAPÍTULO 1 RESUMEN DEL ESTUDIO 1-1
1.1 Antecedente del Estudio 1-1
1.2 Objetivos del Estudio 1-2
1.3 Componentes y Procesos del Estudio 1-3

CAPÍTULO 2 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE ESTUDIO 2-1
2.1 La Condición Nacional 2-1
2.1.1 Geografía 2-1
2.1.2 El Clima 2-2
2.1.3 Fenómenos Sísmicos 2-5
2.2 La Condición Socio-Económica 2-7
2.2.1 El Uso de la Tierra 2-7
2.2.2 Población e Índice Social 2-9
2.2.3 Economía e Industria 2-12
2.2.4 Motorización 2-16
2.3 Condición y Configuración de la Red Vial 2-17
2.3.1 La Clasificación de las Carreteras 2-17
2.3.2 Volumen de Tráfico 2-22
2.3.3 Mantenimiento de Vías 2-25

CAPÍTULO 3 CONDICIONES EXISTENTES DE LOS PUENTES Y EL ESTATUS DEL MANTENIMIENTO DE PUENTES 3-1

3.1 Lineamiento de Puentes en Costa Rica 3-1
3.2 Estándares de Diseño de Puentes 3-3
3.2.1 Carga de Diseño 3-3
3.2.2 Otras Condiciones 3-6
3.3 Mantenimiento de Puentes 3-9
3.3.1 Organización para la Construcción y Mantenimiento de Puentes 3-9
3.3.2 Sistema de Mantenimiento de Puentes en Costa Rica 3-10

CAPÍTULO 4 LA EVALUACIÓN DE LA DIFERENCIA DE CAPACIDAD 4-1
4.1 Objetivos y Procedimientos de la Evaluación de la Diferencia de Capacidad 4-1
4.2 Resultados de la Evaluación de la Diferencia de Capacidad 4-6
4.2.1 Organizaciones Gubernamentales 4-6
4.2.2 Organizaciones Académicas y de Investigación 4-16
4.2.3 Sector Privado 4-17
4.2.4 Marco Internacional 4-20
4.3 Resultados Preliminares de la Evaluación de la Diferencia de Capacidad 4-21
4.4 Base del Problema y Análisis del Problema 4-26

CAPÍTULO 5 POLÍTICAS BÁSICAS PARA DESARROLLO DE CAPACIDAD 5-1
5.1 Acercamientos básicos y Políticas para el Desarrollo de Capacidad 5-1
5.2 Proyectos de Prototipo Modular para Desarrollo de Capacidad 5-7

CAPÍTULO 6 IMPLEMENTACIÓN DEL DESARROLLO DE CAPACIDAD PARA LA COMPRENSION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE PUENTES 6-1
6.1 Metodologías y Procedimientos Básicos 6-1
6.1.1 Programa de Aproximación como Metodologías Básicas para la Implementación del Desarrollo de Capacidad 6-1
6.1.2 Integración de Proyectos Modulares para el Desarrollo de Capacidad 6-1
6.1.3 Estableciendo el GCMP y los Grupos de Trabajo 6-2
6.1.4 Horario Básico para el Desarrollo de Capacidad 6-4
6.1.5 Conductores Claves para el Desarrollo de Capacidad 6-4
6.2 Matriz del Diseño del Proyecto, la Estructura del Trabajo y el Plan de Operaciones 6-5
6.2.1 Matriz del Diseño del Proyecto 6-5
6.2.2 EDT para los Proyectos Modulares Integrados 6-11
6.2.3 Plan de Operaciones 6-16
6.3 Reforma Institucional y Arreglo Presupuestario como Pre-condiciones para el Desarrollo de Capacidad 6-23
6.3.1 Conceptos Básicos para la Reforma Institucional 6-23
6.3.2 Reforma Institucional de Organizaciones relacionadas a puentes del MOPT y CONAVI 6-23
6.3.3 Construcción Institucional del GCMP 6-28

6.3.4 Acuerdo Presupuestario 6-29
6.4 Monitoreo y Evaluación del Desarrollo de Capacidad 6-31
6.4.1 Conceptos Básicos para el Monitoreo y la Evaluación 6-31
6.4.2 Monitoreo para las actividades durante el periodo de estudio 6-31
6.4.3 Monitoreo del Nivel Institucional durante el Periodo de Estudio 6-32
6.4.4 Monitoreo durante la Implementación del Desarrollo de Capacidad 6-34
6.5 Relaciones Públicas para el Desarrollo de Capacidad 6-37
6.5.1 Relaciones Públicas Locales 6-37
6.5.2 Extensión de los Países Miembros del PPP 6-37
6.6 Estrategia de salida después de terminado el estudio 6-38

CAPÍTULO 7 DESARROLLO DE RECURSOS HUMANOS 7-1
7.1 Concepto Básico 7-1
7.2 Plan de Implementación para el Desarrollo del Recurso Humano 7-1
7.2.1 Plan Básico 7-1
7.2.2 Módulos de Proyecto para la mejora de la Competencia Individual 7-5
7.3 Implementación de Actividades para el Desarrollo del Recurso Humano 7-7
7.3.1 Pilar Técnico-1 7-7
7.3.2 Pilar Técnico-2 7-10
7.3.3 Pilar Técnico-3 7-15
7.3.4 Pilar Técnico-4 7-17
7.3.5 Gira de Estudio en el Extranjero 7-19
7.3.6 Programa de Entrenamiento de la Contraparte JICA en Japón 7-25
7.3.7 Seminario Internacional Plan Puebla-Panamá 7-27

CAPÍTULO 8 INSPECCIÓN Y CONDICIONES EXISTENTES DE 29 PUENTES 8-1
8.1 Condiciones Actuales de los Puentes 8-1
8.1.1 Condición de la Ruta en Estudio 8-1
8.1.2 Condición de los Puentes en Estudio 8-4
8.2 Método de Inspección 8-6
8.3 Resultados 8-11
8.3.1 Daños en Puentes 8-11
8.3.2 Condición de Río en el Sitio del Puente 8-18
8.3.3 Otras Condiciones Relevantes en el Mantenimiento de Puentes 8-23

CAPÍTULO 9 SELECCIÓN DE 10 PUENTES PARA REHABILITACIÓN 9-1
9.1 Introducción 9-1
9.2 Método de Evaluación de la Deficiencia de Puentes 9-1
9.2.1 Formato Para la Inspección de los Puentes 9-1
9.2.2 Etapas Para la Evaluación de la Deficiencia en Puentes 9-3
9.2.3 Jerarquía completa de los Componentes del Puente 9-4
9.2.4 Evaluación de las Deficiencias del Puente 9-5
9.3 Resultados del Cálculo 9-9
9.3.1 Peso de la Evaluación de los Ítems 9-9

9.3.2 Resumen de la Taza de Deficiencia de los 29 Puentes 9-11
9.4 Selección de 10 Puentes Para un Estudio Posterior en Detalle 9-12

CAPÍTULO 10 PLAN PARA REHABILITACIÓN, REFUERZO Y MEJORA DE LOS 10 PUENTES SELECCIONADOS 10-1
10.1 Identificación del Deterioro en los 10 Puentes 10-1
10.1.1 Metodología para Identificar los Mecanismos de Deterioración 10-1
10.1.2 Tipos y Causas de Deterioración 10-4
10.1.3 Método de Inspección Detallada 10-10
10.1.4 Resultados de la Inspección Detallada en Sitio 10-18
10.1.5 Análisis de Capacidad de Carga del Puente 10-33
10.2 Prueba de Carga de Puentes 10-43
10.2.1 Generalidades 10-43
10.2.2 Propuesta de la Prueba 10-44
10.2.3 Entrono de las Pruebas de Carga 10-44
10.2.4 Puentes Objetivos e Ítems de Pruebas de Carga 10-44
10.2.5 Flujo de Prueba de Carga 10-48
10.2.6 Horario de Pruebas de Carga 10-49
10.2.7 Prueba de Carga para Puente No.17 Chirripó 10-50
10.2.8 Prueba de Carga para el Puente No.26 Chirripó 10-56
10.2.9 Resultados y Conclusión para la Prueba de Carga en el Puente No.17 sobre el Río Chirripó 10-69
10.2.10 Resultados y Conclusión para la Prueba de Carga en el Puente No.26 sobre el Río Chirripó 10-70
10.3 Estudio de Condiciones Naturales 10-84
10.3.1 Estudio de la Condición de los Ríos 10-84
10.3.2 Estudio Geológico 10-87
10.4 Selección del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento 10-92
10.4.1 General 10-92
10.4.2 Tipos de Medidas de Corrección 10-93
10.4.3 Nivel deseado de Funcionamiento del Puente 10-96
10.4.4 Evaluación del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento 10-97
10.4.5 Evaluación del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento para los 10 Puentes 10-99

CAPÍTULO 11 DISEÑO DETALLADO 11-1
11.1 Losa 11-1
11.1.1 Método para Reforzar la Losa 11-1
11.1.2 Selección del Método de Refuerzo para la Losa 11-4
11.1.3 Metodología del Diseño para la losa reforzado con Lámina FRP 11-8
11.1.4 Metodología del Diseño de la Losa reforzada al incrementar el espesor de la losa 11-11
11.1.5 Condición existente y condición después del Refuerzo 11-14
11.2 Sistema de Cubiertas 11-15
11.2.1 Método para Reforzar el Sistema de Cubiertas 11-15
11.2.2 Selección del Método de de Refuerzo para el Sistema de Cubiertas .. 11-16

11.2.3 Metodología de Diseño para reforzar el Sistema de Cubiertas 11-17
11.2.4 Condición Existente y Condición Después de Refuerzo 11-21
11.3 Viga Principal 11-22
11.3.1 Método para Reforzar la Viga Principal 11-22
11.3.2 Selección del método de refuerzo para la viga principal 11-26
11.3.3 Metodología de Diseño para Reforzar la Viga Principal 11-37
11.3.4 Condición Existente y condición después del Refuerzo 11-50
11.4 Accesorios 11-52
11.5 Sistema de Prevención de Colapso del Puente 11-58
11.5.1 Desempeño Sísmico 11-58
11.5.2 Concepto Básico de Sistema de Prevención para Colapso de Puentes 11-59
11.5.3 Metodología de Diseño de Sistema de Prevención para el Colapso del Puente 11-60
11.5.4 Condiciones Existentes y Medidas Requeridas 11-69
11.6 Subestructura 11-73
11.6.1 Método para Reforzar la Subestructura 11-73
11.6.2 Selección del Método de Refuerzo para Subestructuras 11-75
11.6.3 Metodología para Diseño de Refuerzo de Viga y Pila 11-77
11.6.4 Condición Existente y Condición después del Refuerzo 11-78
11.7 Fundaciones 11-84
11.7.1 Método de Refuerzo para la Fundación 11-84
11.7.2 Selección del Método de Refuerzo para la Fundación 11-85
11.7.3 Metodología para Diseño de Refuerzo de Fundación 11-88
11.7.4 Condición Existente y Condición después del Refuerzo 11-90
11.7.5 Socavación 11-95
11.8 Resumen del Diseño para la Rehabilitación, refuerzo y mejora de los 10 Puentes seleccionados 11-98

CAPÍTULO 12 PLANEAMIENTO DE CONSTRUCCIÓN Y ESTIMACIÓN DE COSTOS PRELIMINAR PARA EL PROYECTO 12-1
12.1 Planeamiento de Construcción Preliminar 12-1
12.1.1 Generalidades 12-1
12.1.2 Contenidos de los Trabajos de Rehabilitación para los 10 Puentes Seleccionados 12-1
12.1.3 Zonas de Trabajo bajo Vigas 12-5
12.1.4 Diques Provisionales 12-7
12.1.5 Control de Tráfico 12-8
12.1.6 Programación de Construcción 12-11
12.2 Estimación de Costos Preliminar 12-11
12.2.1 Generalidades 12-11
12.2.2 Condiciones para le Estimación de costos 12-11
12.2.3 Costo Estimado del Proyecto 12-22

CAPÍTULO 13 ANÁLISIS ECONÓMICO 13-1
13.1 Introducción 13-1
13.1.1 Objetivo y Condición 13-1
13.1.2 El Concepto de Análisis Económico para la Rehabilitación y Reforzamiento de Puentes 13-1
13.1.3 Costo del Proyecto y Beneficios para la Rehabilitación y Reforzamiento de Puentes 13-2
13.2 Costos Sociales y Beneficios 13-4
13.2.1 Estructura de Trabajo para estimar los Costos Sociales y los Beneficios 13-4
13.2.2 Resultado de los Criterios de los Costos Sociales y Beneficios 13-8
13.3 Ubicación de las Situaciones 13-10
13.4 Resultados del Costo Social y Beneficios en cada Puente 13-12
13.5 Costo del Trabajo para cada Puente 13-18
13.5.1 Suposiciones para la Evaluación Económica 13-18
13.5.2 Resultado del Costo de Trabajos para cada puente 13-18
13.6 Evaluación Económica 13-19
13.6.1 Rango de Retorno Interno Económico (RRIE) y Valor Neto Actual (VNA) 13-19
13.6.2 Análisis de Sensibilidad 13-23

CAPÍTULO 14 ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN 14-1
14.1 Sistema de Información Existente para Vías y Puentes 14-1
14.1.1 Organización Existente para la Administración de la Información 14-1
14.1.2 Sistema de Administración y Desarrollo 14-2
14.1.3 Resumen del Sistema Existente 14-3
14.2 Desarrollo del Sistema de Informática 14-8
14.2.1 Medios del Desarrollo del Sistema de Informática 14-8
14.2.2 Entorno de Red 14-9
14.2.3 Sistema de Administración de Puentes y Carreteras 14-12
14.2.4 Desarrollo del Sistema 14-13
14.3 Sistema de Administración de Puentes (SAEP) 14-17
14.3.1 Objetivo del Sistema 14-17
14.3.2 Concepto del Sistema 14-17
14.3.3 Componentes del Sistema 14-19
14.3.4 Herramientas para el Desarrollo del Sistema 14-19
14.3.5 Environment for the System Operation 14-20
14.3.6 Sistema de Operaciones 14-20
14.3.7 Proceso del Registro de Datos 14-23
14.4 Operación para el Sistema 14-26
14.4.1 Movimiento de la Pantalla 14-26
14.4.2 Flujo del Sistema de Operaciones 14-27
14.5 Descripción de los formularios de inventario e inspección de puentes 14-29
14.5.1 Introducción 14-29
14.5.2 Formularios 14-29

CAPÍTULO 15 HERRAMIENTAS PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE PUENTES 15-1
15.1 Introducción 15-1
15.2 Manual de Inspección de Puentes 15-2
15.3 Manual de Operaciones para el Sistema de Administración de Puentes 15-3
15.4 Lineamiento para el Mantenimiento de Puentes 15-4

CAPÍTULO 16 SOPORTE TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 16-1
16.1 Soporte Técnico para la Implementación de la Examen Ambiental Inicial Reporte Intermedio 16-1
16.1.1 Introducción 16-1
16.1.2 Resumen Breve Referente al Ambiente 16-3
16.1.3 Alcance y Escenario Ambiental 16-10
16.1.4 Leyes y Organizaciones Ambientales 16-25
16.2 Apoyo Técnico para el Desarrollo de los Términos de Referencia del Estudio Ambiental 16-33
16.2.1 Términos de Referencia del Estudio Ambiental Relevante 16-33
16.2.2 Medidas de Mitigación Seleccionadas 16-46
16.2.3 Plan de Administración Ambiental (PAA) 16-50
16.2.4 Monitoreo Ambiental 16-50
16.3 Reunion de Involucrados 16-52
16.3.1 Introducción 16-52
16.3.2 Resumen de las Reuniones de Involucradas 16-53

CAPÍTULO 17 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 17-1
17.1 Conclusiones 17-1
17.1.1 Recapitulación del Estudio 17-1
17.1.2 Descripción General 17-2
17.2 Recomendaciones 17-2
17.2.1 Generalidades del Estudio 17-2
17.2.2 La deflexión de los puentes de viga cajón de concreto presforzado 17-5
17.2.3 Asegurando los Fondos suficientes para la Rehabilitación y Refuerzo de los Puentes 17-7
17.2.4 Administración Ambiental 17-7

■ APENDICES

APÉNDICE 1 PLANOS A1-1

APÉNDICE 2 ESTÁNDARES AMBIENTALES (RUIDO/VIBRACIÓN) IMPLEMENTADOS EN OTROS PAÍSES A2-1

APÉNDICE 3 PLANEAMIENTO DE CONSTRUCCIÓN Y ESTIMACIÓN DE COSTOS A3-1

3.1 PROGRAMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN A3-1

3.2 ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA PROYECTOS A3-9

APÉNDICE 4 ANÁLISIS ECONÓMICO A4-1

4.1 RESULTADOS ESTIMADOS DEL VOLUMEN DE TRÁFICO A4-1

4.2 PARAMETRO DEL COV A4-3

4.3 RUTAS DEL DESVÍO Y UBICACIÓN DE PUENTES A4-4

4.4 ESCENARIO PARA 10 PUENTES SELECCIONADOS A4-14

4.5 COSTOS DEL TRABAJO PARA 10 PUENTES SELECCIONADOS A4-24

4.6 RRIE & VNA SOBRE 12% PARA 10 PUENTES SELECCIONADOS A4-25

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1.1.	Diferencia de Horario Entre la Temperatura Máxima y Mínima	2-4
Tabla 2.2.1.	Uso de la Tierra: 1972,1999	2-7
Tabla 2.2.2.	Datos por Provincia	2-12
Tabla 2.2.3.	Índice De La Condición Social Comparada con Otros Países Vecinos	2-12
Tabla 2.2.4.	Cambio del PIB y el PIB per capita en 1991-2004	2-14
Tabla 2.2.5.	Índice de la Condición Económica de los Países Vecinos	2-14
Tabla 2.2.6.	Exportaciones FOB de los Productos Principales	2-14
Tabla 2.2.7.	Las exportaciones FOB de los Países Principales	2-15
Tabla 2.2.8.	Inscripción Vehicular en 1994-2004	2-16
Tabla 2.3.1.	Clasificación de las Carreteras y su Longitud	2-17
Tabla 2.3.2.	Volumen de Tráfico para Cada Categoría de las Rutas Nacionales	2-23
Tabla 2.3.3.	Volumen de Tráfico en Cada Ruta	2-24
Tabla 2.3.4.	Toneladas de Productos Distribuidas al Puerto	2-25
Tabla 2.3.5.	El Recurso Humano en el Plan de Rehabilitación del Pavimento de las Carreteras en el MOPT	2-27
Tabla 3.1.1.	Número de Puentes en la Ruta de Estudio	3-2
Tabla 3.2.1.	Carga Muerta	3-3
Tabla 3.2.2.	Tabla de Coeficientes γ y β (AASHTO: Tabla 3.22.1A)	3-6
Tabla 3.2.3.	Estándar de Acero	3-7
Tabla 3.2.4.	Estándar de Concreto	3-7
Tabla 3.3.1.	Ítem de Inspección	3-11
Tabla 3.3.2.	Número de Evaluación y Condición de los Miembros	3-12
Tabla 3.3.3.(1)	Ítem de Inspección Detallada	3-13
Tabla 3.3.3.(2)	Ítem de Inspección Detallada	3-14
Tabla 4.1.1.	Hoja de Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Individual)	4-4
Tabla 4.1.2.	Hoja de Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Organizacional)	4-5
Tabla 4.1.3.	Hoja de Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel institucional y social)	4-6
Tabla 4.2.1.	Lista del Personal del Departamento de Puentes	4-7
Tabla 4.2.2.	Presupuesto del MOPT para el 2005	4-7
Tabla 4.2.3.	Presupuesto para Departamento de Puentes 2005	4-7
Tabla 4.2.4.	Nivel de los sueldos para Funcionarios del MOPT (AF 2005)	4-8
Tabla 4.2.5.	Programa de Entrenamiento de Caminos del MOPT (2005)	4-8
Tabla 4.2.6.	Disponibilidad de Activos intelectuales para el mantenimiento de puentes y entendimiento del mantenimiento preventivo por los Funcionarios del departamento del puente de MOPT	4-8
Tabla 4.2.7.	Departamento de Conservación Vial del CONAVI	4-9
Tabla 4.2.8.	Departamento de ingeniería del CONAVI	4-10
Tabla 4.2.9.	Dirección de trabajos del CONAVI	4-10
Tabla 4.2.10.	Presupuesto del CONAVI para el 2006	4-11

Tabla 4.2.11. Nivel de los sueldos para Funcionarios del CONAVI (AF 2005)···· 4-11
Tabla 4.2.12. Programa de entrenamiento del CONAVI (2005)····· 4-12
Tabla 4.2.13. Entendimiento del Mantenimiento Preventivo por los Oficiales mayores del CONAVI ····· 4-12
Tabla 4.2.14. Marco Institucional para el Mantenimiento de Caminos y Puentes 4-12
Tabla 4.2.15. Marco Institucional para Diseño de Caminos····· 4-13
Tabla 4.2.16. Marco institucional para Diseño del Puentes····· 4-13
Tabla 4.2.17. Marco institucional para Regulaciones de Adquisiciones ····· 4-13
Tabla 4.2.18. Regulaciones sobre Licitaciones Públicas y Contratos Directos por el CONAVI ····· 4-14
Tabla 4.2.19. Entendimiento y Mantenimiento Preventivo por los Oficiales Mayores del MH y de MIDEPLAN····· 4-16
Tabla 4.2.20. Programa de Entrenamiento del LANNAME····· 4-16
Tabla 4.2.21. Habilidad para de Activos intelectuales para el Mantenimiento de Puentes y entendimiento del Mantenimiento Preventivo de los Ingenieros del LANNAME····· 4-16
Tabla 4.2.22. Habilidad de Activos intelectuales para el Mantenimiento de Puentes y entendimiento del Mantenimiento Preventivo de los ingenieros miembros de CFIA ····· 4-17
Tabla 4.2.23. Capacidad de las Compañías Locales y Extranjeras····· 4-18
Tabla 4.2.24. Marco Institucional para Regulaciones de Tráfico ····· 4-19
Tabla 4.2.25. Peso Máximo Permitido y longitudes para los Carros····· 4-19
Tabla 4.3.1. Resultados de las Hojas de Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Individual)····· 4-21
Tabla 4.3.2. Resultados las hojas de Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Organizacional)····· 4-23
Tabla 4.3.3. Resultados de la Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Institucional y social)····· 4-25

Tabla 5.1.1. Aproximaciones Básicas Alternativas para Mantenimiento de Puentes····· 5-2
Tabla 5.2.1. Lista Preliminar de Proyectos Modulares (Nivel Individual)····· 5-7
Tabla 5.2.2. Lista Preliminar de Proyectos Modulares (Nivel Organizacional)·· 5-7
Tabla 5.2.3. Lista Preliminar de Proyectos Modulares (Nivel Institucional y Social)····· 5-8

Tabla 6.1.1. Lista de 5 Proyectos Modulares Integrados····· 6-2
Tabla 6.1.2. 5 Grupos para la GCMP y Proyectos Modulares Relacionados ····· 6-3
Tabla 6.1.3. Propuesta de Asignación de Responsabilidades de los Grupos de Trabajo de GCMP····· 6-3
Tabla 6.1.4. Incentivos para Miembros del GCMP ····· 6-4
Tabla 6.2.1. Matriz de Diseño de Proyecto Preliminar (Proyecto Modular 1)···· 6-6
Tabla 6.2.2. Matriz de Diseño de Proyecto Preliminar (Proyecto Modular 2)···· 6-7
Tabla 6.2.3. Matriz de Diseño de Proyecto Preliminar (Proyecto Modular 3)···· 6-8
Tabla 6.2.4. Matriz de Diseño de Proyecto Preliminar (Proyecto Modular 4)···· 6-9
Tabla 6.2.5. Matriz de Diseño de Proyecto Preliminar (Proyecto Modular 5)···· 6-10
Tabla 6.2.6. EDT Preliminar para Proyecto Modular 1(Tarea 1) ····· 6-11

Tabla 6.2.7. EDT Preliminar para Proyecto Modular 1(Tarea 2) ····· 6-11
Tabla 6.2.8. EDT Preliminar para Proyecto Modular 1(Tarea 3) ····· 6-12
Tabla 6.2.9. EDT Preliminar para Proyecto Modular 1(Tarea 4) ····· 6-12
Tabla 6.2.10. EDT Preliminar para Proyecto Modular 2(Tarea 1) ····· 6-12
Tabla 6.2.11. EDT Preliminar para Proyecto Modular 2(Tarea 2) ····· 6-13
Tabla 6.2.12. EDT Preliminar para Proyecto Modular 3(Tarea 1) ····· 6-13
Tabla 6.2.13. EDT Preliminar para Proyecto Modular 3(Tarea 2) ····· 6-13
Tabla 6.2.14. EDT Preliminar para Proyecto Modular 3(Tarea 3) ····· 6-14
Tabla 6.2.15. EDT Preliminar para Proyecto Modular 4(Tarea 1) ····· 6-14
Tabla 6.2.16. EDT Preliminar para Proyecto Modular 4(Tarea 2) ····· 6-14
Tabla 6.2.17. EDT Preliminar para Proyecto Modular 4(Tarea 3) ····· 6-15
Tabla 6.2.18. EDT Preliminar para Proyecto Modular 5(Tarea 1) ····· 6-15
Tabla 6.2.19. EDT Preliminar para Proyecto Modular 5(Tarea 2) ····· 6-16
Tabla 6.3.1. Personal Requerido para la Dirección de Puentes del MOPT ····· 6-25
Tabla 6.3.2. Personal Requerido para el Departamento de Construcción de Puentes del CONAVI ····· 6-27
Tabla 6.3.3. Requerimientos de Presupuesto para el Costo Organizacional de Mantenimiento de Puentes····· 6-29
Tabla 6.3.4. Requerimientos de Presupuesto para Costo Total de Mantenimiento de Puentes ····· 6-29
Tabla 6.3.5. Presupuesto Buscado para la Dirección de Puentes del MOPT para el Año Fiscal 2007····· 6-30
Tabla 6.3.6. Presupuesto Buscado para CONAVI para el Año Fiscal 2007 ····· 6-30
Tabla 6.4.1. Indicadores de Desempeño y Monitoreo ····· 6-32
Tabla 6.4.2. Plan de Monitoreo de Proyecto Modular 1 ····· 6-34
Tabla 6.4.3. Plan de Monitoreo de Proyecto Modular 2 ····· 6-34
Tabla 6.4.4. Plan de Monitoreo de Proyecto Modular 3 ····· 6-35
Tabla 6.4.5. Plan de Monitoreo de Proyecto Modular 4 ····· 6-35
Tabla 6.4.6. Plan de Monitoreo de Proyecto Modular 5 ····· 6-36
Tabla 6.5.1. Variedad de Actividades de Relaciones Públicas Locales ····· 6-37

Tabla 7.2.1. Programa de Entrenamiento Técnico····· 7-3
Tabla 7.2.2. Planificación del Programa de Entrenamiento Técnico····· 7-5
Tabla 7.2.3. Vínculos con Módulos y Proyectos Integrados ····· 7-6
Tabla 7.3.1. Participación: Seminario 1-1····· 7-8
Tabla 7.3.2. Participación: Seminario 1-2····· 7-9
Tabla 7.3.3. Participación: Seminario 2-1····· 7-12
Tabla 7.3.4. Participación: Seminario 2-2····· 7-12
Tabla 7.3.5. Participación: Seminario 3····· 7-13
Tabla 7.3.6. Participación: Seminario 4-1····· 7-13
Tabla 7.3.7. Participación Seminario 4-2····· 7-14
Tabla 7.3.8. Participación: Seminario 5····· 7-16
Tabla 7.3.9. Cronograma del Estudio en Chile····· 7-21
Tabla 7.3.10. Participantes de Costa Rica para el Estudio del SAP en Chile····· 7-21
Tabla 7.3.11. Contraparte de Chile para el Estudio del SAP····· 7-22
Tabla 7.3.12. Programa de entrenamiento de la Contraparte de JICA ····· 7-28
Tabla 7.3.13. Participantes en seminario PPP····· 7-30

Tabla 7.3.14. Programa de Seminario Internacional del PPP 7-31

Tabla 8.1.1. Trazo de la Ruta en Estudio 8-1
Tabla 8.1.2. Tipo de Puentes 8-4
Tabla 8.1.3. Inventario de los 29 Puentes en Estudio 8-5
Tabla 8.2.1. Hoja de Inspección de Puentes 8-8
Tabla 8.3.1. Resultado de la Inspección de los 29 Puentes 8-12
Tabla 8.3.2. Evaluación de Cada Ítem de los Resultados de Inspección 8-13
Tabla 8.3.3. Evaluación de los Resultados de la Inspección en Cada Ruta 8-15
Tabla 8.3.4. Evaluación del Tipo de Puente Según los Resultados de la Inspección 8-16
Tabla 8.3.5. Causa de Daños y Condición de Daños 8-17
Tabla 8.3.6. Condiciones Actuales de los Ríos en los 29 Puentes 8-18
Tabla 8.3.7.(1) Evaluación de la Estabilidad del Cauce del Río (Ruta1) 8-19
Tabla 8.3.7.(2) Evaluación de la Estabilidad del Cauce del Río (Ruta2) 8-19
Tabla 8.3.7.(3) Evaluación de la Estabilidad del Cauce del Río (Ruta4 y 218) 8-20
Tabla 8.3.7.(4) Evaluación de la Estabilidad del Cauce del Río (Ruta32) 8-20
Tabla 8.3.8. Ecuaciones para Calcular el Volumen Máximo y su Velocidad 8-21
Tabla 8.3.9. Espaciamiento Libre Requerido 8-22
Tabla 8.3.10. Especificación del Funcionamiento del Estudio 29 Puentes 8-23
Tabla 8.3.11. Tipo de Pila y Fundación de los 29 Puentes Estudiados 8-25

Tabla 9.2.1. Formato de la Inspección de los Puentes 9-2
Tabla 9.2.2. Escala de la Importancia Relativa 9-5
Tabla 9.2.3. Cálculo del Método de Peso 9-6
Tabla 9.2.4. Pesos del Daño del Pavimento 9-6
Tabla 9.2.5. Peso del Daño por Barrera 9-6
Tabla 9.2.6. Peso de las Partes en el Grupo de Accesorios 9-7
Tabla 9.2.7. Peso de las Partes en el Grupo de la Superestructura del Puente de Acero 9-7
Tabla 9.2.8. Peso del Componente del Puente 9-7
Tabla 9.3.1. Peso de los Ítems de Evaluación Para un Puente de Acero 9-9
Tabla 9.3.2. Peso de los Ítems de Evaluación Para un Puente de Concreto 9-10
Tabla 9.3.3. Taza de Deficiencia de los 29 Puentes 9-11
Tabla 9.4.1. Puentes Seleccionados Para Estudios de Rehabilitación Posteriores 9-12

Tabla 10.1.1. Conexión Entre Mecanismos de Deterioración y el Factor Perimetral 10-3
Tabla 10.1.2. Mecanismos Relativos de Factores de Deterioración, Indicadores y Características de Deterioración 10-3
Tabla 10.1.3. Tipos Generales de la Deterioración del Concreto 10-4
Tabla 10.1.4. Sistemas de Deterioración de los Miembros de Concreto 10-5
Tabla 10.1.5. Sistema de Deterioración y el Método aplicable de Inspección 10-10
Tabla 10.1.6. Resumen de los Resultados de Inspección Visual en los 10 Puentes 10-19
Tabla 10.1.7. Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Aranjuez

(Ruta No.1 Puente No.2) 10-20
Tabla 10.1.8. Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Abangares (Ruta No.1 Puente No.3) 10-21
Tabla 10.1.9. Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Azufrado (Ruta No.1, Puente No.7) 10-22
Tabla 10.1.10. Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Puerto Nuevo (Ruta No.2 Puente No.12) 10-23
Tabla 10.1.11. Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Nuevo (Ruta No.2, Puente No.16) 10-24
Tabla 10.1.12. Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Chirripó (Ruta No.4, Puente No.17) 10-25
Tabla 10.1.13. Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Sarapiquí (Ruta No.4, Puente No.19) 10-26
Tabla 10.1.14. Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Sucio (Ruta No.32, Puente No.20) 10-27
Tabla 10.1.15. Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Chirripó (Ruta No.32, Puente No.26) 10-28
Tabla 10.1.16. Resultado de la Inspección Visual para Puente Río Torres (Ruta No.218, Puente No.29) 10-29
Tabla 10.1.17. Prueba de Modulo de Elasticidad Estática de Concreto en Compresión 10-31
Tabla 10.1.18. Resultados de Pruebas de Carbonatación 10-32
Tabla 10.1.19. Contorno del Análisis y Método de Evaluación 10-34
Tabla 10.1.20. Resultado del Análisis de la Losa 10-35
Tabla 10.1.21. Resultado del Análisis de la Superestructura (Armadura) 10-36
Tabla 10.1.22. El Resultado del Análisis de la Superestructura (Vigas de Acero I) 10-37
Tabla 10.1.23. Resultado del Análisis de la Superestructura (Viga de concreto) 10-38
Tabla 10.1.24. Esfuerzos de Trabajo de Vigas Cajón PC en Puente sobre Río Chirripó B (No.17) 10-39
Tabla 10.1.25. Resultado del Análisis de la Superestructura (1) 10-40
Tabla 10.1.26. Resultado del Análisis de la Superestructura (2) 10-41
Tabla 10.1.27. Resultado del Análisis de la Estabilidad de la Fundación (Fundación Extendida) 10-42
Tabla 10.1.28. Resultado del Análisis de la Estabilidad de la Fundación (Fundación con Pilotes) 10-43
Tabla 10.2.1. Contenidos de las Pruebas de Carga 10-44
Tabla 10.2.2. Ítems de Pruebas de Carga 10-46
Tabla 10.2.3. Horario de las Pruebas de Carga en los Puentes 10-49
Tabla 10.2.4. Caso de Carga Estática para Puente No.17 10-53
Tabla 10.2.5. Horario Detallado de Prueba de Carga Estática 10-54
Tabla 10.2.6. Dimensiones y Peso del Camión usado para Carga 10-54
Tabla 10.2.7. Puntos de Medida de Esfuerzo 10-58
Tabla 10.2.8. Caso de carga Estática para el Puente No.26 Chirripó 10-64
Tabla 10.2.9. Clasificación de Vehículos para el Estudio de tráfico 10-65
Tabla 10.2.10. Horario Detallado de la Prueba 10-66
Tabla 10.2.11. Dimensiones y Pesos de los Camiones usados para las cargas 10-67
Tabla 10.2.12. Comparación de la Deflexión en el Puente No.17 sobre

el Río Chirripó 10-69
Tabla 10.2.13. Comparación de la Deflexión en el Centro del Tramo 10-71
Tabla 10.2.14. Comparación de el Esfuerzo del Ala Inferior en el Centro del Tramo 10-71
Tabla 10.2.15. Comparación de la Deflexión para la Velocidad en movimiento 10-73
Tabla 10.2.16. Frecuencia de esfuerzo de la parte de conexión de la placa de refuerzo 10-78
Tabla 10.2.17. Frecuencia de esfuerzo en la parte de conexión del arriostre transversal 1 10-79
Tabla 10.2.18. Frecuencia de esfuerzo en la parte de conexión del arriostre transversal 2 10-79
Tabla 10.2.19. Frecuencia de esfuerzo en la parte de conexión lateral 10-79
Tabla 10.2.20. Volumen de Tráfico durante la prueba (Ambos Lados) 10-80
Tabla 10.2.21. Daño ocurrido por número de vehículos acumulados 10-82
Tabla 10.2.22. Número de Vehículos Acumulados que causa daño 10-83
Tabla 10.3.1. Condición de los Ríos de los 10 Puentes 10-86
Tabla 10.3.2. Puentes y Compañías de Estudios Geológicos 10-87
Tabla 10.4.1. Medidas de Corrección Clasificadas por Nivel Deseado de Funcionamiento 10-92
Tabla 10.4.2. Mecanismos de Deterioro y Plan de Reparación 10-93
Tabla 10.4.3. Métodos Principales de Reforzamiento 10-95
Tabla 10.4.4. Nivel deseado de Funcionamiento del Puente 10-96
Tabla 10.4.5. Sistema de Evaluación para el Método Seleccionado 10-97
Tabla 10.4.6. Resultados de la Evaluación para Cada Método 10-98
Tabla 10.4.7. Resumen de los Métodos Propuestos para los 10 Puentes 10-99
Tabla 10.4.8. Métodos de Rehabilitación para Viga Principal 10-100
Tabla 10.4.9. Subestructuras Requeridas para Reforzamiento 10-101
Tabla 10.4.10. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre río Aranjuez (No.2) 10-103
Tabla 10.4.11. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento para el Puentes sobre río Abangares (No.3) 10-104
Tabla 10.4.12. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Azufrado (No.7) 10-105
Tabla 10.4.13. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Puerto Nuevo (No.12) 10-106
Tabla 10.4.14. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Nuevo (No.16) 10-107
Tabla 10.4.15. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Chirripó (No.17) 10-108
Tabla 10.4.16. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Sarapiquí (No.19) 10-109
Tabla 10.4.17. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Sucio (No.20) 10-110
Tabla 10.4.18. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Chirripó (No.26) 10-111

Tabla 10.4.19. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Torres (No.29) 10-112

Tabla 11.1.1. Métodos Correctivos para la Losa 11-1
Tabla 11.1.2. Métodos de Reparación para la losa 11-2
Tabla 11.1.3. Métodos de Refuerzo para la losa 11-3
Tabla 11.1.4. Comparación del Método Aplicable 11-5
Tabla 11.1.5. Características de la Hoja de Fibra de Carbono Típica 11-8
Tabla 11.1.6. Comparación de las Condiciones de la losa 11-15
Tabla 11.2.1. Método de Refuerzo para el Sistema de Cubiertas 11-15
Tabla 11.2.2. Método de Refuerzo para el Sistema de Cubiertas 11-16
Tabla 11.2.3. Comparación del Larguero 11-21
Tabla 11.2.4. Comparación del Diafragma 11-21
Tabla 11.3.1. Método de Refuerzo para la viga Principal 11-22
Tabla 11.3.2. Métodos de Refuerzo para Puente de losa de concreto reforzado ... 11-23
Tabla 11.3.3. Métodos de Refuerzo para el Puente de Viga tipo I prefabricada ... 11-24
Tabla 11.3.4. Método de Refuerzo para el Puente de cajón prefabricado 11-25
Tabla 11.3.5. Métodos de Refuerzo de Puentes de Acero 11-26
Tabla 11.3.6. Comparación del Refuerzo para la losa del Puente No. 7 sobre el río Azufrado 11-28
Tabla 11.3.7. Comparación Preliminar para Reforzar la Viga Principal del Puente No.7 sobre el Río Azufrado 11-29
Tabla 11.3.8. Comparación del Refuerzo para la Viga Principal del Puente No.7 sobre el Río Azufrado 11-29
Tabla 11.3.9. Comparación del Refuerzo para la Viga principal del puente No.12 sobre el Río Puerto Nuevo 11-30
Tabla 11.3.10. Comparación del Refuerzo para la Viga Principal del Puente No.16 sobre el Río Nuevo 11-31
Tabla 11.3.11. Comparación del Método de refuerzo para la Viga tipo I prefabricada 11-32
Tabla 11.3.12. Resultado del Esfuerzo para el Método de Adherencia FRP para la Viga Principal del Puente No. 29 sobre el Río Torres 11-32
Tabla 11.3.13. Esfuerzo par alas vigas de cajón prefabricadas del Puente No.17 sobre el Río Chirripó y el Puente No.20 sobre el río Sucio 11-32
Tabla 11.3.14 Deflexiones en el centro debido a varias fuerzas 11-34
Tabla 11.3.15 Comparación de las condiciones de la estructura principal para puentes de cercha 11-50
Tabla 11.3.16. Comparación de las condiciones de la estructura principal Para puentes de viga tipo I de acero 11-51
Tabla 11.3.17. Comparación de Estructura Principal para Losas de Puentes de Concreto Reforzado 11-51
Tabla 11.3.18. Comparación de Estructura Principal para Puentes de Vigas I PC 11-52
Tabla 11.4.1. Propósitos de Accesorios 11-52
Tabla 11.4.2. Juntas Abiertas (Juntas de Expansión Tipo Drenadotas) 11-55
Tabla 11.4.3. Juntas Cerradas (Junta de Expansión Tipo Drenaje) 11-56
Tabla 11.5.1. Nivel de Desempeño Sísmico 11-59

Tabla 11.5.2. Tipo de sistema de Prevención de Asiento 11-83
Tabla 11.5.3. Estructura Protuberante 11-63
Tabla 11.5.4. Estructura para conectar la viga a la subestructura 11-64
Tabla 11.5.5. Estructuras para conectar las dos vigas 11-65
Tabla 11.5.6. Estructura que limita el desplazamiento excesivo 11-66
Tabla 11.5.7. Reforzamiento de los goznes en el Puente de Voladizo 11-68
Tabla 11.5.8. Condiciones Existentes y Longitud de Asiento Requerido 11-70
Tabla 11.5.9. Conexión de la Viga Seleccionada 11-71
Tabla 11.5.10. Tipo de sistema de Prevención de Asiento 11-72
Tabla 11.6.1. Métodos de Reforzamiento para la Viga Transversal 11-74
Tabla 11.6.2. Método de Refuerzo para la Pila 11-75
Tabla 11.6.3. Comparación del Método de Refuerzo para la Viga 11-76
Tabla 11.6.4. Comparación del Método de Refuerzo para la Pila 11-77
Tabla 11.6.5. Capacidad de Carga de la Viga Cabezal 11-78
Tabla 11.6.6. Capacidad de Carga de la Viga Transversal después del Refuerzo · 11-79
Tabla 11.6.7(a). Capacidad de Carga de la Pila en su condición existente 11-80
Tabla 11.6.7(b). Capacidad de Carga de la Pila en su condición existente 11-81
Tabla 11.6.7(c). Capacidad de Carga de la Pila en su condición existente 11-82
Tabla 11.6.8. Capacidad de Carga de la pila después de reforzar 11-83
Tabla 11.7.1. Métodos de Refuerzo para la Fundación 11-84
Tabla 11.7.2. Condición Existente de la Fundación Aislada y el Tamaño necesitado de la Fundación 11-91
Tabla 11.7.3. Capacidad de Carga de las Fundaciones Existentes y después del refuerzo 11-92
Tabla 11.7.4. Fuerza de la Reacción Axial de las pilas y el número necesitado de pilas
(a)Fuerza Axial de las pilas de la estructura original 11-93
(b) Fuerza Axial de las pilas de la estructura reforzada 11-93
Tabla 11.7.5. Condición de la Capacidad de Carga de la Fundación
(a) Capacidad de Carga de la Fundación original 11-93
(b) Capacidad de Carga de la Fundación contra las fuerzas compresión después del refuerzo 11-94
(c) Refuerzo de la Fundación contra la fuerza Tensión 11-94
Tabla 11.7.6. Método para la Protección del Lecho del Río 11-96
Tabla 11.7.7. Relación entre el Peso del Bloque de Concreto y la Velocidad 11-97
Tabla 11.7.8. Condición de la Socavación y Contramedidas 11-98
Tabla 11.8.1. Resumen del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora para Superestructuras de los 10 Puentes seleccionados 11-99
Tabla 11.8.2. Resumen del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora para Subestructuras de los 10 Puentes seleccionados 11-99

Tabla 12.1.1. Puente No.2 sobre el Río Aranjuez (R.1) 12-1
Tabla 12.1.2. Puente No. 3 sobre el Río Abangares (R.1) 12-2
Tabla 12.1.3. Puente No. 7 sobre el Río Azufrado (R.1) 12-2
Tabla 12.1.4. Puente No. 12 sobre el Río Puerto Nuevo (R.2) 12-3
Tabla 12.1.5. Puente No. 16 Sobre el Río Nuevo (R.2) 12-3
Tabla 12.1.6. Puente No. 17 Sobre el Río Chirripo (R.4) 12-4

Tabla 12.1.7. Puente No. 19 Sobre el Río Sarapiqui (R.4) 12-4
Tabla 12.1.8. Puente No. 20 Sobre el Río Sucio (R.32) 12-4
Tabla 12.1.9. Puente No. 26 Sobre el Río Chirripo (R.32) 12-4
Tabla 12.1.10. Puente No. 29 Sobre el Río Torres (R.218) 12-5
Tabla 12.1.11. Periodo de Construcción en los 10 Puentes 12-11
Tabla 12.2.1. Salarios Unitarios por hora 12-12
Tabla 12.2.2. Precios Unitarios para la Mayoría de Materiales 12-13
Tabla 12.2.3. Comparación de precios de la mayoría de materiales entre Costa Rica y Japón 12-14
Tabla 12.2.4. Costo por Hora de la Mayoría de Equipos 12-15
Tabla 12.2.5. Modificación del Coeficientes del Número de Trabajadores 12-17
Tabla 12.2.6. Comparación de Salarios Unitarios por Hora entre Costa Rica & Japón 12-17
Tabla 12.2.7. Costos Unitarios para la Mayoría de Ítems de Trabajo 12-18
Tabla 12.2.8. Desglose de Ítems de Trabajo "Remoción de Juntas de Expansión" 12-19
Tabla 12.2.9. Porcentaje de Costos de Transporte entre Muestras de Proyectos 12-20
Tabla 12.2.10. Resumen del Costo del Proyecto 12-21

Tabla 13.1.1. Conceptos Básicos de los Costos y Beneficios 13-2
Tabla 13.2.1. Resultados de la Fórmula del estimado del Volumen de Tráfico 13-5
Tabla 13.4.1 Situación "no realizar" para el Río Sucio 13-12
Tabla 13.4.2. Situación para "no realizar" para el Río Sucio 13-13
Tabla 13.4.3. Situación "no realizar" para el Río Aranjuez 13-15
Tabla 13.4.4. Situación para el Río Aranjuez en caso de "no realizar" 13-16
Tabla 13.5.1. Suposiciones del la Evaluación del Proyecto del Costo Económico 13-18
Tabla 13.5.2. Costo Bruto de cada Ítem 13-19
Tabla 13.6.1. Escenario del Puente Chirripó (No.26) 13-21
Tabla 13.6.2. Tabla de Costo/Beneficio para el Puente Chirripó (No.26) 13-22
Tabla 13.6.3. Escenario para Puente Chirripó (No.26) 13-23
Tabla 13.6.4. Escenario para Puente Aranjuez (No.2) 13-23
Tabla 13.6.5. Escenario para Puente Azufrado (No.7) 13-23

Tabla 14.1.1. Sistema de Inventario de la División de Obras Públicas en el MOPT 14-5
Tabla 14.1.2. Sistema de Inventario en CONAVI 14-6
Tabla 14.2.1. Entorno del Desarrollo del Sistema 14-9
Tabla 14.2.2. Sistema Existente para la Administración de Carreteras 14-12
Tabla 14.2.3. Sistema Total de Administración de Carreteras (SIGVI) (1/2) 14-14
Tabla 14.2.3. Sistema Total de Administración de Carreteras (SIGVI) (2/2) 14-15
Tabla 14.3.1. Tamaño del Archivo de Imagen Necesario 14-20

Tabla 16.1.1. Puentes Seleccionados 16-2
Tabla 16.1.2. Reservas Indígenas Registradas en Costa Rica 16-7
Tabla 16.1.3. Número de Casos de Dengue reportados Anualmente por el Ministerio de Salud 16-9

Tabla 16.1.4. Examen Ambiental Inicial (Sitio 2: Puente sobre el Río Aranjuez) ····· 16-10
Tabla 16.1.5. Examen Ambiental Inicial (Sitio 3: Puente sobre el Río Abangares) ····· 16-12
Tabla 16.1.6. Examen Ambiental Inicial (Sitio 7: Puente Sobre el Río Azufrazo) ····· 16-13
Tabla 16.1.7. Examen Ambiental Inicial (Sitio 12: Puente Sobre el Río Puerto Nuevo) ····· 16-14
Tabla 16.1.8. Examen Ambiental Inicial (Sitio 16: Puente Sobre el Río Nuevo) ····· 16-16
Tabla 16.1.9. Examen Ambiental Inicial (Sitio 17: Puente Sobre el Río Chirripó) ····· 16-17
Tabla 16.1.10. Examen Ambiental Inicial (Sitio 19: Puente Sobre el Río Sarapiquí) ····· 16-18
Tabla 16.1.11. Examen Ambiental Inicial (Sitio 20: Puente Sobre el Río Sucio) ····· 16-19
Tabla 16.1.12. Examen Ambiental Inicial (Sitio 26: Puente Sobre el Río Chirripó-R32) ····· 16-21
Tabla 16.1.13. Examen Ambiental Inicial (Sitio 29: Puente Sobre el Río Torres) ····· 16-22
Tabla 16.1.14. Resumen del Potencial Impacto Negativo ····· 16-23
Tabla 16.1.15. Resumen de Posibles Impactos ····· 16-24
Tabla 16.1.16. Estándar Ambiental de Ruido en Costa Rica (dBA) ····· 16-27
Tabla 16.1.17. Estándar Ambiental (Calidad del Aire, ug/m3) ····· 16-27
Tabla 16.1.18. Estándar de Calida del Agua para el Nivel 1 ····· 16-28
Tabla 16.2.1. Política de Rehabilitación para los 10 Puentes Seleccionados ····· 16-35
Tabla 16.2.2. Resumen de las Actividades Principales de Construcción ····· 16-37
Tabla 16.2.3. Categorías de las Medidas de rehabilitación por Tipo de Actividad de Construcción ····· 16-37
Tabla 16.2.4. Tareas Ambientales Principales requeridas para El Estudio Ambiental ····· 16-40
Tabla 16.2.5. Descripciones de la Condición Ambiental Actual ····· 16-41
Tabla 16.2.6. Estudio de Campo Ambiental (Bio-Físico) ····· 16-41
Tabla 16.2.7. Estudio de Campo Ambiental (Socio-Cultural) ····· 16-41
Tabla 16.2.8. Estudio de Evaluación de Impactos ····· 16-42
Tabla 16.2.9. Categorización del proyecto (tentativo) ····· 16-43
Tabla 16.2.10. Medidas de Mitigación de Proyectos Específicos para la Calidad del Aire ····· 16-47
Tabla 16.2.11. Medidas Mitigativas relacionadas a la protección de los Recursos Hídricos ····· 16-47
Tabla 16.2.12. Medidas Mitigativas relacionado a la Protección del Suelo ····· 16-48
Tabla 16.2.13. Medidas de Mitigación de Sonidos ····· 16-48
Tabla 16.2.14. Medidas de Mitigación para la Protección de Flora/Fauna ····· 16-49
Tabla 16.3.1. Horario de Reuniones de Involucrados ····· 16-52
Tabla 16.3.2. Página para Reuniones de Involucrados ····· 16-52

Tabla 16.3.3.. Entorno de la 1ra Reunión de Involucrados 16-53
Tabla 16.3.4. Categorización de Preguntas 16-53
Tabla 16.3.5. Entorno de la Combinada 2da Reunión de Involucrados 16-54
Tabla 16.3.6. Entorno de la 3ra Reunión de Involucrados 16-54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.1.	Ubicación de los Puentes de Estudio (29 puentes)	1-2
Figura 1.2.1.	Objetivos y Componentes del Estudio	1-3
Figura 1.3.1.	Componentes y Proceso Esquemático del Estudio	1-4
Figura 1.4.1.	Cronograma de Trabajo del Estudio y el Programa	1-7
Figura 2.1.1.	Mapa de Ubicación de Costa Rica	2-1
Figura 2.1.2.	El Perfil de los Ríos Más Extensos en Costa Rica	2-2
Figura 2.1.3.	Mapa de Distribución de la Temperatura Anual Promedio	2-3
Figura 2.1.4.	Mapa de la Precipitación Anual Promedio	2-4
Figura 2.1.5.	Mapa de la Línea de Falla en Costa Rica	2-5
Figura 2.1.6.	Mapa del Terremoto del 22 de Abril de 1991, Ubicado en la Zona del Caribe	2-6
Figura 2.2.1.	Vista del Terreno en Costa Rica	2-7
Figura 2.2.2.	Mapa del Uso de la Tierra en Costa Rica en 1992	2-8
Figura 2.2.3.	Cambio en la Población Desde 1980	2-9
Figura 2.2.4.	Provincias en Costa Rica y la Ubicación de los Puentes	2-9
Figura 2.2.5.	Cantones en Costa Rica	2-10
Figura 2.2.6.	Distribución de la Población en Cada Provincia	2-11
Figura 2.2.7.	Densidad de la Población	2-11
Figura 2.2.8.	Cambio en la Población de Cada Provincia basado en 1974	2-11
Figura 2.2.9.	Cambio del PIB y el PIB per capita Entre 1991-2004	2-13
Figura 2.2.10.	Relación Entre la Propiedad del Auto y el PIB per Capita	2-16
Figura 2.3.1.	Red de Carreteras (Por Categoría) en Costa Rica	2-19
Figura 2.3.2.	Red de Carreteras (Cada Categoría) en la Gran Área Metropolitana	2-20
Figura 2.3.3.	Red de Carreteras en la Provincia de San José	2-20
Figura 2.3.4.	Red de Carreteras en la Provincia de Cartago	2-20
Figura 2.3.5.	Red de Carreteras en la Provincia de Alajuela	2-21
Figura 2.3.6.	Red de Carreteras en la Provincia de Guanacaste	2-21
Figura 2.3.7.	Red de Carreteras en la Provincia de Heredia	2-21
Figura 2.3.8.	Red de Carreteras en la Provincia de Limón	2-21
Figura 2.3.9.	Red de Carreteras en la Provincia de Puntarenas	2-22
Figura 2.3.10.	Volumen del Tráfico en Cada Ruta en Costa Rica	2-23
Figura 2.3.11.	Volumen de Tráfico en Cada Ruta	2-24
Figura 2.3.12.	Esquema de las Etapas del Mantenimiento de las Rutas Nacionales	2-26
Figura 2.3.13.	Esquema de las Etapas del Mantenimiento de la Carretera Rural	2-26
Figura 2.3.14	Condición del Pavimento de las Calles en las Rutas Nacionales	2-27
Figura 3.1.1.	Distribución en el Ancho del Puente	3-2
Figura 3.1.2.	Distribución de la Longitud del Puente	3-3
Figura 3.2.1.	Camiones Estándar HS (Costa Rica)	3-4
Figura 3.2.2.	Camiones Estándar H (Costa Rica)	3-4
Figura 3.2.3.	Carga Carril (AASHTO)	3-4

Figura 3.2.4. Ancho de Camino 3-6
Figura 3.2.5. Claro de Estructura 3-7
Figura 3.2.6. Claro Debajo de Cubierta 3-7
Figura 3.2.7. Vigas Estándar PCI de Puentes (Costa Rica) 3-8

Figura 4.1.1. Hoja de Calificación de la Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Individual) 4-1
Figura 4.2.1. Posible Desarrollo Profesional de los Ingenieros en Puentes 4-18
Figura 4.3.1. Gráfico de Radar el Nivel Individual de Capacidad (1) 4-21
Figura 4.3.2. Gráfico de Radar el Nivel Individual de Capacidad (2) 4-21
Figura 4.3.3. Gráfico de Radar el Nivel Organizacional de Capacidad (1) 4-23
Figura 4.3.4. Gráfico de Radar el Nivel Organizacional de Capacidad (2) 4-23
Figura 4.3.5. Gráfico de Radar el Nivel Organizacional de Capacidad (3) 4-23
Figura 4.3.6. Gráfico de Radar el Nivel Institucional de Capacidad 4-25
Figura 4.3.7. Gráfico de Radar del Nivel Social de Capacidad 4-25
Figura 4.4.1. Árbol del Problema 4-26
Figura 4.4.2. Árbol del Problema para Mantenimiento Insuficiente en Puentes .. 4-27
Figura 4.4.3. Árbol del Problema para Estructura Organizacional Semanal en Mantenimiento de Puentes 4-27
Figura 4.4.4. Árbol del Problema de Presupuesto Insuficiente para Mantenimiento de Puentes 4-28
Figura 4.4.5. Árbol del Problema de Imposiciones de Leyes, Regulaciones y Estándar 4-28
Figura 4.4.6. Árbol del Problema del Conocimiento Insuficiente de Administración de Mantenimiento de Puentes 4-29

Figura 5.1.1. Problema Ramificado Global y Alternativas de Aproximación 5-4
Figura 5.4.1. Imagen de la Estructura Organizacional del Grupo Principal de Mantenimiento de Puentes 5-9
Figura 5.5.1. Imagen del Nivel Objetivo del Desarrollo de Capacidad 5-10

Figura 6.2.1. Plan de Operaciones Preliminar para el Proyecto Modular 1 6-18
Figura 6.2.2. Plan de Operaciones Preliminar para el Proyecto Modular 2 6-19
Figura 6.2.3. Plan de Operaciones Preliminar para el Proyecto Modular 3 6-20
Figura 6.2.4. Plan de Operaciones Preliminar para el Proyecto Modular 4 6-21
Figura 6.2.5. Plan de Operaciones Preliminar para el Proyecto Modular 5 6-22
Figura 6.3.1. Número de Puentes Objetivo por ser inspeccionados periódicamente 6-24
Figura 6.3.2. Estructura Organizacional del Departamento de Puentes Actual del MOPT en 2006 6-26
Figura 6.3.3. Estructura Organizacional de la Mejorada Dirección de Puentes en el 2007 6-26
Figura 6.3.4. Propuesta de Estructura Organizacional de la Dirección de Puentes del MOPT 6-26
Figura 6.3.5. Estructura Organizacional Actual del CONAVI en 2006 6-27
Figura 6.3.6. Estructura Organizacional del CONAVI en 2007 6-27
Figura 6.3.7. Propuesta de Estructura Organizacional del

Nuevo Departamento de Construcción de Puentes del CONAVI ···· 6-27
Figura 6.3.8. Imagen de posición de GCMP ···· 6-28
Figura 6.4.1. Nivel Objetivo Institucional de Desarrollo de Capacidad ···· 6-33

Figura 7.3.1. Actividades Clave: Pilar-1 ···· 7-7
Figura 7.3.2. Actividades Clave: Pilar-2 ···· 7-10
Figura 7.3.3. Actividades Clave: Pilar -3 ···· 7-15
Figura 7.3.4. Actividades Clave: Pilar -4 ···· 7-18
Figura 7.3.5. Condición de la Red Vial en Chile ···· 7-22
Figura 7.3.6. Clasificación de los Puentes por Material en Chile ···· 7-23
Figura 7.3.7. Salida Visual de SAP en Chile ···· 7-24

Figura 8.1.1. Ubicación de los Puentes en Estudio (Ruta 1) ···· 8-2
Figura 8.1.2. Ubicación de los Puentes en Estudio (Ruta 2) ···· 8-2
Figura 8.1.3. Ubicación de Puentes en Estudio (Ruta 32) ···· 8-3
Figura 8.1.4. Ubicación de Puentes en Estudio (Ruta 4,218) ···· 8-3
Figura 8.2.1. Ejemplo de la Hoja de Medición para las Dimensiones del Puente 8-9
Figura 8.2.2. Estándar de Puntos de Vista ···· 8-10
Figura 8.3.1. Longitud de Tramo Mínima ···· 8-21
Figura 8.3.2. Longitud de Tramo Mínima Requerida ···· 8-22
Figura 8.3.3. Longitud de Asiento en Vigas ···· 8-24
Figura 8.3.4. Distancia Entre el Perno del Soporte y la Cuña de Asiento del Puente ···· 8-24
Figura 8.3.5. Volumen de Tráfico de los 29 Sitios Estudiados ···· 8-26

Figura 9.2.1. Jerarquías de los Componentes del Puente ···· 9-4

Figura 10.1.1. Proceso de Inspección y Trabajos de Reparación/Refuerzo ···· 10-1
Figura 10.1.2. Desglose del Trabajo y Flujo para la Identificación de los Mecanismos de Deterioro ···· 10-2
Figura 10.1.3. Cuadro de Sistema de Deterioración para Miembros de Concreto ·· 10-6
Figura 10.1.4. Representación Esquemática de los Puntos de Mayor Impacto e el Río ···· 10-9
Figura 10.1.5. Representación Esquemática de Socavación en Pilas Cilíndricas ··· 10-9
Figura 10.1.6. Resultado de Pruebas de Compresión ···· 10-31
Figura 10.1.7. Resultados de Pruebas de Carbonatación ···· 10-32
Figura 10.1.8. Deformación de las Viga Cajón en el Puente sobre el Río Chirripó (No.17) ···· 10-33
Figura 10.2.1. Localización de los Puentes ···· 10-45
Figura 10.2.2. Puente Sobre el Río Chirripó No.17 ···· 10-46
Figura 10.2.3. Puente Sobre el Río Chirripó No.26 ···· 10-47
Figura 10.2.4. Flujo de Prueba de Carga ···· 10-48
Figura 10.2.5. Secuencia Evaluación para Capacidad de Carga ···· 10-50
Figura 10.2.6. Puntos de Medida para Puente No.17 Chirripó ···· 10-51
Figura 10.2.7. Equipos de Medida de Deflexión ···· 10-51
Figura 10.2.8. Método de Medida de Deflexión en Puente No.17 Chirripó ···· 10-52

Figura 10.2.9. Herramientas de Medida de Deflexión para Puente No.17 Chirripó 10-52
Figura 10.2.10. Caso de Carga Estática para Puente No.17 10-53
Figura 10.2.11. Situación de Pruebas de Carga en Puente No.17 10-55
Figura 10.2.12. Secuencia de Evaluación de Durabilidad por Fatiga 10-56
Figura 10.2.13. Puntos de Medida de Deflexión para el Puente No.26 Chirripó 10-57
Figura 10.2.14. Herramientas de Medidas de Deflexión para Puente No.26 Chirripó 10-57
Figura 10.2.15. Partes Fácilmente Afectadas por la Fatiga en Puentes de Acero 10-58
Figura 10.2.16. Colocación de Gauges en Puente No.26 Chirripó 10-59
Figura 10.2.17. Área Exacta de Esfuerzo 10-60
Figura 10.2.18. Esfuerzo y Deformación 10-60
Figura 10.2.19. Strain Gauge 10-61
Figura 10.2.20. Detalle de un Strain Gauge 10-61
Figura 10.2.21. Sistema de Almacenamiento de Datos 10-62
Figura 10.2.22. Andamios para las Zonas de Trabajo 10-62
Figura 10.2.23. Instalación de Strain Gauges 10-63
Figura 10.2.24. Instalación de Strain Gauges 10-63
Figura 10.2.25. Casos de Carga Estática para el Puente No. 26 10-64
Figura 10.2.26. Imagen de la Prueba de carga en movimiento en el Puente No.27 sobre el Río Chirripó 10-65
Figura 10.2.27. Situación de la Prueba de carga en el Puente No.26 10-68
Figura 10.2.28. Comparación de la Deflexión en el Puente No. 17 sobre el Río Chirripó 10-69
Figura 10.2.29. Caso de carga estática para el Puente No. 26 sobre el Río Chirripó 10-70
Figura 10.2.30. Comparación de las Deflexiones entre los resultados reales y los modelos 10-72
Figura 10.2.31. Comparación de los Esfuerzos entre los resultados reales y los modelos 10-72
Figura 10.2.32. Esfuerzo y Deflexión revisada para HS20+25% 10-73
Figura 10.2.33. Punto de Medición del Esfuerzo para la evaluación de la Fatiga 10-74
Figura 10.2.34. Secuencia de evaluación de durabilidad por fatiga 10-75
Figura 10.2.35. Imagen del Método de Flujo Pluvial 10-76
Figura 10.2.36. Número repetido acumulado 10-77
Figura 10.2.37. Imagen de un grado acumulado de fatiga 10-78
Figura 10.2.38. Volumen de Tráfico durante Pruebas (Ambos lados) 10-81
Figura 10.2.39. Expectativa de Vida y volumen de tráfico acumulado 10-82
Figura 10.2.40. Crecimiento y volumen de tráfico acumulado para camiones de 5 ejes 10-83
Figura 10.3.1. Socavación en el Cauce en No.16 Puente Nuevo 10-85
Figura 10.3.2. Erosión en los Rellenos en No.12 Puente Puerto Nuevo 10-85
Figura 10.3.3. Deposito de Grande Rocas en No.17 Puente Río Chirripó 10-85
Figura 10.3.4. Depósito de Grandes Rocas en No.20 Puente Río Sucio 10-85
Figura 10.3.5. Perforaciones en las Zonas de los Puentes 10-87
Figura 10.3.6. Muestras de Sueles de Perforaciones en Estudio Geológico 10-88

Figura 11.1.1. Selección de Programación para la reparación o refuerzo para la losa 11-4
Figura 11.1.2. Daños en la losa del Puente de cercha 11-6
Figura 11.1.3. Grieta en la losa del Puente No. 19 sobre el Río Sarapiquí 11-6
Figura 11.1.4. Curva de Esfuerzo/ Deformación 11-8
Figura 11.1.5. Programa del Diseño para la losa del la adherencia FRP 11-9
Figura 11.1.6. Momento y esfuerzo debido a la carga muerta 11-10
Figura 11.1.7. Momento y esfuerzo debido a la carga viva 11-10
Figura 11.1.8. Esfuerzo debido a la Carga muerta y la carga viva 11-11
Figura 11.1.9. Programa del Diseño para incrementar el espesor de la losa 11-12
Figura 11.1.10. Momento y Esfuerzo debido a la carga muerta 11-13
Figura 11.1.11. Momento y esfuerzo debido a la carga viva 11-13
Figura 11.1.12. Esfuerzo debido a la carga viva y a la carga muerta 11-14
Figura 11.2.1. Programa del Diseño para el Larguero usando el método de cambiar de viga simple a viga continúa 11-17
Figura 11.2.2. Momento de flexión 11-18
Figura 11.2.3. Esfuerzo debido a la carga muerta y a la carga viva 11-18
Figura 11.2.4. Programa del Diseño para el diafragma por el incremento de la sección del miembro 11-19
Figura 11.2.5. Esfuerzo producido por la carga muerta y la carga viva 11-20
Figura 11.3.1. Miembros Adicionales para reforzar el Puente sobre el Río Aranjuez 11-27
Figura 11.3.2 Deflexión en el Puente No.17 sobre Río Chirripó 11-33
Figura 11.3.3 Deflexión en el Puente No.20 sobre el Río Sucio 11-33
Figura 11.3.4 Comparación de la deflexión para el Puente No.17 sobre el Río Chirripó 11-34
Figura 11.3.5 Comparación de la deflexión para el Puente No.20 sobre el río sucio 11-35
Figura 11.3.6. Programa de Diseño para el Puente de cercha de acero reforzado con miembros diagonales adicionales 11-37
Figura 11.3.7. Programa de Diseño para el Puente de cercha de acero reforzado al incrementar la dimensión 11-38
Figura 11.3.8. Esfuerzo por las cargas vivas y las cargas muertas 11-39
Figura 11.3.9. Esfuerzo por la carga muerta y la carga viva 11-40
Figura 11.3.10 Programa de Diseño para El Puente de Viga Tipo I de acero reforzado con cable externo adicional 11-41
Figura 11.3.11. Esfuerzo debido a la carga muerta, la carga viva y el preesfuerzo 11-42
Figura 11.3.12. Programa de Diseño para la viga de concreto reforzado con un Refuerzo de adherencia FRP y adherencia de placa de acero 11-43
Figura 11.3.13. Programa de diseño para la viga de concreto reforzado al incrementar la sección 11-44
Figura 11.3.14. Programa de Diseño para la viga de concreto reforzado que necesita incrementar la losa con adherencia FRP o con placa de acero 11-45
Figura 11.3.15. Esfuerzo debido a la carga muerta 11-46
Figura 11.3.16. Esfuerzo debido a la carga viva 11-46

Figura 11.3.17. Esfuerzo Compuesto debido a la carga muerta y a la carga viva ···· 11-47
Figura 11.3.18. Área Reforzada de la viga ···· 11-47
Figura 11.3.19. Programa de Diseño para reforzar la viga tipo I prefabricada con adherencia FRP ···· 11-48
Figura 11.3.20. Imagen del esfuerzo de tensión de la viga tipo I prefabricada ···· 11-49
Figura 11.4.1. Detalle de Impermeabilización ···· 11-54
Figura 11.4.2. Condición de las Juntas de Expansión ···· 11-55
Figura 11.4.3. Ejemplo de Método para Fijar Nuevas Juntas de Expansión ···· 11-58
Figura 11.5.1. Longitud de Asiento para Vigas ···· 11-60
Figura 11.5.2. Distancia para calcular la Longitud del asiento Calcular la longitud de asiento ···· 11-61
Figura 11.5.3. La longitud de asiento para un puente sesgado ···· 11-61
Figura 11.5.4. Dimensiones Requeridas de las Ménsulas de Concreto ···· 11-62
Figura 11.5.5. Altura Mínima de Ménsula ···· 11-62
Figura 11.5.6. Dimensiones Requeridas para la Ménsula de Concreto ···· 11-67
Figura 11.5.7. Refuerzo del gozne para el puente en voladizo ···· 11-68
Figura 11.5.8. Refuerzo del gozne para el puente en voladizo ···· 11-68
Figura 11.7.1. Proceso de Diseño de Aumento de Fundaciones ···· 11-86
Figura 11.7.2. Proceso de Diseño de Incremento de Número de Pilotes ···· 11-87
Figura 11.7.3. Juicio de Capacidad de Carga ···· 11-88
Figura 11.7.4. Socavación del lecho del Río alrededor de la pila ···· 11-95

Figura 12.1.1. Andamio Tipo-A ···· 12-6
Figura 12.1.2. Andamio Tipo-B ···· 12-6
Figura 12.1.3. Andamio Tipo-C ···· 12-7
Figura 12.1.4. Andamio Tipo-D ···· 12-7
Figura 12.1.5. Modelo de Estructura de Dique ···· 12-8
Figura 12.1.6. Planteo General de Control de Tráfico ···· 12-8
Figura 12.1.7. Planteo del Área de Construcción Tipo Estándar ···· 12-9
Figura 12.1.8. Planteo del Modelo de Área de Almacén en Puente No. 20 (Río Sucio) ···· 12-10
Figura 12.1.9. Planteo del Modelo de Área de Almacén en Puente No. 29 (Río Torres) ···· 12-10

Figura 13.1.1. Imagen de la Apariencia de los Costos y los Beneficios ···· 13-3
Figura 13.2.1. Secuencia del Estimado de Costos Sociales y Beneficios ···· 13-4
Figura 13.2.2. Resultados del COV ···· 13-6
Figura 13.2.3. Resultados ···· 13-6
Figura 13.2.4. Ruta de Desvío para el Río Sucio ···· 13-7
Figura 13.2.5. Los Resultados del Costo Social por el Cierre del Tráfico por un día en el Río Sucio (R.32) ···· 13-9
Figura 13.2.6. Pérdida Social por el Cierre del Tráfico por un día en los 10 Puentes ···· 13-9
Figura 13.2.7. Ubicación del Río Torres (R.218) ···· 13-10
Figura 13.2.8. Pérdida Social de la Restricción del Tráfico en una dirección durante un día para los 10 Puentes ···· 13-10
Figura 13.3.1. Tipos Considerables de Situaciones ···· 13-11

Figura 13.4.1. Río Sucio (R.32) 13-12
Figura 13.4.2. Apariencia de los Costos Sociales y lo Beneficios para el Río Sucio (R.32) 13-13
Figura 13.4.3. Río Aranjuez (R.2) 13-14
Figura 13.4.4. Ruta de Desvío para el Río Aranjuez (R.2) 13-14
Figura 13.4.5. Apariencia del Costo Social y Beneficios para el Río Sucio (R.32) 13-16
Figura 13.4.6. Resultados de los Beneficios Sociales para los 10 Puentes Seleccionados 13-17
Figura 13.6.1. Resultados del RRIE 13-20
Figura 13.6.2. Resultados del VNA, Rango de Beneficio para Rehabilitación & Refuerzo 13-20

Figura 14.1.1. Administración de la Información de las Vías 14-1
Figura 14.1.2. Flujo de Información en el Departamento de Puentes 14-1
Figura 14.1.3. Organización del Desarrollo y Administración del Sistema 14-2
Figura 14.1.4. Organización de CONAVI 14-3
Figura 14.2.1. Red en la División de Obras Públicas 14-10
Figura 14.2.2. Conexión de Red entre MOPT, CONAVI y los Gobiernos Locales 14-11
Figura 14.2.3. Sistema Existente del MOPT, CONAVI y los Gobiernos Locales y el plan de Desarrollo del Sistema 14-16
Figura 14.3.1. Concepto del SAEP 14-17
Figura 14.3.2. Componentes del Sistema de Hardware 14-19
Figura 14.3.3. Concepto del Sistema de Administración de Puentes 14-21
Figura 14.3.4. Organización para la construcción de la Base de Datos 14-22
Figura 14.3.5. Proceso de Registro de Datos del Inventario 14-23
Figura 14.3.6. Proceso de registro de Datos de Inspección 14-24
Figura 14.3.7. Proceso de Registro de Datos Relevantes 14-24
Figura 14.4.1. Movimiento de la Presentación 14-26
Figura 14.4.2. Búsqueda de los Datos de Inventario de Puentes 14-27
Figura 14.4.3. Búsqueda de Datos de Inspección de Puentes 14-27
Figura 14.4.4. Evaluación de la Deficiencia de Puentes 14-28
Figura 14.4.5. Priorizar para la Reparación del Puente 14-28
Figura 14.4.6. Estimado de Costo para la Reparación de Puentes 14-28

Figura 15.2.1. Ítems de apoyo del Manual de Inspección 15-2
Figura 15.3.1. Ítems de apoyo del Manual de Operaciones para el SAEP 15-3
Figura 15.4.1. Ítems que describen el Lineamiento para el Mantenimiento de Puentes 15-4

Figura 16.1.1. Áreas de Protección Ambiental en Costa Rica 16-5
Figura 16.1.2. Accidentes de Tránsito a nivel Nacional (1996 – 2004) 16-6
Figura 16.1.3. Variación en el tiempo de CO2 en Costa Rica 16-7
Figura 16.2.1. Resultados de la Medición del Sonido (Este de Neak Loeung, Junio/03/05) 16-43
Figura 16.2.2. Conteo de Volumen de Tráfico (Este de Neak Loeung, Junio/03/05) 16-43

Figura 16.2.3. Diagrama de Flujo de la Selección del Estudio de Campo Ambiental 16-44
Figura 16.2.4. Resultado del Estudio de Predicción de Sonido 16-44
Figura 16.2.5. Diagrama de Selección del Estudio de Evaluación del Impacto Ambiental 16-45
Figura 16.2.6. Diagrama del Flujo del Proceso de Alcance y Sondeo Ambiental .. 16-46

ABREVIACIONES

AASHTO:	Asociación Americana de Autopistas Estatales y Oficiales de Transporte (American Association of State Highway and Transportation Officials)
AF:	Año Financiero
AHP:	Análisis de Jerarquías de Prioridades (Analysis of Hierarchy of Prioritization)
ASTM:	Estándares Aemricanos de Pruebas y Materiales (American Standard for Testing and Materials)
BCIE:	Banco Centroamericano de Integración Económica
BID:	Banco Interamericano de Desarrollo
CABEI:	Banco Centroamericano de Integración Económica (Central America Bank of Economic Integration)
CAD:	Diseño Asistido por Computadora (Computer Aided Design)
CAFTA:	Tratado de Libre Comercio de Centro América (Central America Free Trade Agreement)
CC:	Capacidad de Construcción
CED:	Capacidad de Evaluación de Diferencia
CFIA:	Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos
CIC:	Colegio de Ingenieros Civiles
CIDA:	Agencia de Desarrollo Internacional Canadiense (Canadian International Development Agency)
CNC:	Consejo Nacional de Concesiones
CONAVI:	Consejo Nacional de Vialidad
COV:	Costo de Operación de Vehículos
CRC:	Colones de Costa Rica
CTV:	Costo de Tiempo de Viaje
C/P:	Contraparte
DC:	Desarrollo de Capacidad
DV:	Derecho de Via
EDC:	Estrcuctura de Desglose de Costo
EDP:	Estructura de Desglose de Presupuesto
EDC:	Evaluación de Diferencia de Capacidad
EET:	Entrenamiento En Trabajo
E/F:	Estudio de Factibilidad
EIA:	Evaluación de Impacto Ambiental
FCE:	Factor de Conversión Estándar
FED:	Factor Espectral Dinámico
FOB:	Libre al Abordar (Free on Board)
FRP:	Fibra de Refuerzo Plástico
FTAA:	Tratado de Libre Comercio de America (Free Trade American Agreement)
FTSC:	Factor de la Taza Salarial Cubierta
GART:	Gran Área de Red de Trabajo
GCAP:	Grupo Consultor de Administración de Puentes
GCR:	Gobierno de Costa Rica
GJ:	Gobierno de Japón
GPS:	Sistema de Posicionamiento Global

GTZ:	La Agencia Alemana para Cooperación Técnica (Gesellschaft fr Technische Zusammenarbeit)
ICE:	Instituto Costarricense de Electricidad
HDM-III:	Diseño de Autopistas y Modelo Estándar de Mantenimiento versión III (Highway Design and Maintenance Standard Model version III)
JBIC:	Banco Japonés de Cooperación Internacional (Japan Bank for International Cooperation)
JICA:	Agencia de Cooperación Internacional Japonesa (Japan International Cooperation Agency)
JPY:	Yenes Japoneses
KfW:	Kreditanstalt fur Wiederaufbau
LANAMME:	Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
MAR:	Matriz de Asignación de Responsabilidades
MDP:	Matriz de Diseño de Proyecto
ME:	Ministerio de Economía
MIDEPLAN:	Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica
MINAE:	Ministerio del Ambiente y Energía
M/R:	Minutas de Reunión
MS:	Ministerio de Salud
MOPT:	Ministerio de Obras Publicas y Transportes
MOPTT:	Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Telecomunicaciones (Chile)
NAM:	Nivel de Agua Máximo
NAMin:	Nivel de Agua Mínimo
O y M:	Operación y Mantenimiento
OD:	Origen y Destino
PC:	Concreto Pretensado
PIB:	Producto Interno Bruto
PO:	Plan de Operaciones
PPP:	Plan Puebla Panamá
RC:	Concreto Reforzado
RICAM:	Red Internacional de Carreteras Mesoamericanas
RREI:	Rango de Retorno de Economia Interna
SAP:	Sistema de Administración de Puentes
SETENA:	Secretaría Técnica del Ambiente
SF:	Estudio de Factibilidad
SICA:	Sistema de la Integración Centroamericana
SIECA:	Secretaría de Integración Económica Centroamericana
SIG:	Sistema de Información Geográfica
SIGVI:	Sistema Integrado de Gestión Vial
SINA:	Ministry of Environment and National System of Environmental Organizations
SINAC :	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
SOP:	Secretaría de Obras Públicas (Méjico)
SPEM:	Sistema de Programacion y Ejecucion del Mantenimiento Vial
T/C:	Trabajo de Campo
TEA:	Trabajo en Estructuras Averiadas
TR:	Términos de Referencia
TPD:	Tránsito Promedio Diario

UNDP:	Programa de Desarrollo de Las Naciones Unidas (United Nations Development Program)
USD:	Dolares de Estados Unidos
VNA:	Valor Neto Actual

Colones de Costa Rica (¢): Unidad Moneda de Costa Rica: $US 1 aproximadamente ¢ 516 a Agosto del 2006.

CAPÍTULO 1 RESUMEN DEL ESTUDIO

1.1 Antecedente del Estudio

Costa Rica tiene un área de aproximadamente 51,100 km^2 con una población de 430,000 y limita al Norte con Nicaragua, al Sur con Panamá, al este con el Mar Caribe y al oeste con el Océano Pacífico.

Costa Rica es uno de los países miembros en el "Sistema de Integración Centroamericana (SICA)" y se espera que juegue un papel importante en el desarrollo e integración de la economía en la región. Para extender la integración económica, la mejora de la infraestructura en el sector del transporte es un factor esencial que apoyar. En particular, la mejora de la red vial es uno de los temas con prioridad en el Plan Puebla Panamá, ya que este permite el transporte terrestre lo que sería de gran ventaja en Centro América en términos de efectividad de costo en comparación con otros medios de transporte tales como el aéreo o marítimo que serán consecuentemente promovidos.

Se establece claramente en el Plan de Desarrollo Nacional (2002-2006) de Costa Rica que "la aceleración del crecimiento económico" es un componente integral del plan y que la construcción y rehabilitación de puentes en las carreteras donde se transportan los camiones son factores clave a ser prioritarios de manera estratégica en la construcción y la conservación de la red vial.

La Red Vial en Costa Rica alcanza una longitud total de más de 37,300 km de la longitud total que comprende la carretera internacional de camiones, que une geográficamente a Centro América a través del país. La mayoría de los 1,330 puentes en las carreteras nacionales (7,775 km) sufren de deterioros severos debido al material que ha envejecido. Los trabajos de mantenimiento insuficiente e inadecuado han acelerado estos daños y han permitido el decline del rendimiento del puente. La capacidad de carga que requiere el código regional del PPP para las carreteras internacionales de camiones no son satisfactoriamente seguras para sostener la capacidad necesaria para el transporte terrestre como una ruta comercial principal. Además debido al hecho de que los países están ubicados geológicamente en el cinturón volcánico, se vuelve un factor crítico tomar la consideración de la prevención de desastres para el mantenimiento de puentes en Costa Rica para prevenir a las estructura de desastres naturales tales como erupciones y terremotos. De acuerdo a lo anterior, se requiere de manera completa que se den programas de asistencia para mejorar las capacidades en la administración de puentes que comprenden la inspección, el diagnóstico del deterioro en los puentes existentes al mismo tiempo que la planificación del reforzamiento y la rehabilitación de puentes.

Debido a lo anterior, el Gobierno de Costa Rica solicitó al Gobierno de Japón ejecutar un estudio de factibilidad para la implementación del sistema de administración de puentes y seleccionar 30 puentes como parte del Estudio de Factibilidad. En respuesta a la anterior solicitud se decidió conducir "El Estudio sobre Desarrollo de Capacidad en la Planificación, Mantenimiento y Administración de la Rehabilitación de Puentes"

1.2 Objetivos del Estudio

El estudio se condujo en los 29 Puentes objetivo en la red de carreteras de camiones, las que comprenden del Puente No.1 al No. 8 en la Ruta 1 de la Carretera Nacional, del Puente No.9 al No. 16 en la Ruta 2 de la Carretera Nacional, del Puente No.17 al No. 19 en la Ruta 4 de la Carretera Nacional, del Puente No.21 al No. 28 en la Ruta 32 de la Carretera Nacional y el Puente No.29 en la Ruta 218 de la Carretera Nacional y se debe de enfocar en la asistencia para el desarrollo de capacidad para el reforzamiento y la rehabilitación además de la administración de puentes. Los objetivos principales del estudio de establecen a continuación:

(1) Apoyar la implementación del programa de desarrollo de capacidad para el Sistema de Administración de Puentes a nivel individual, organizacional y social/institucional.

(2) Conducir el diagnóstico de puentes y evaluar su condición actual.

(3) Formular el Plan de rehabilitación/reforzamiento/mejora en los 10 puentes prioritarios.

(4) Elaborar los planes de diseño de la rehabilitación/reforzamiento/mejora en los 10 puentes prioritarios.

(5) Conducir la planificación y el análisis económico el estimado de costo/construcción preliminar.

(6) Establecer el Sistema de Administración de Puentes (SAP) como herramienta práctica para implementar el mantenimiento de puentes.

(7) Elaborar los Manuales y Lineamientos estándares en la inspección de puentes y en la rehabilitación/reforzamiento/mejora y mantenimiento de los puentes.

(8) Apoyar la información ambiental relevante de acuerdo al Lineamiento de JICA para las consideraciones ambientales y sociales, que serán necesarias de efectuar antes de la implementación de la rehabilitación/reforzamiento/mejora.

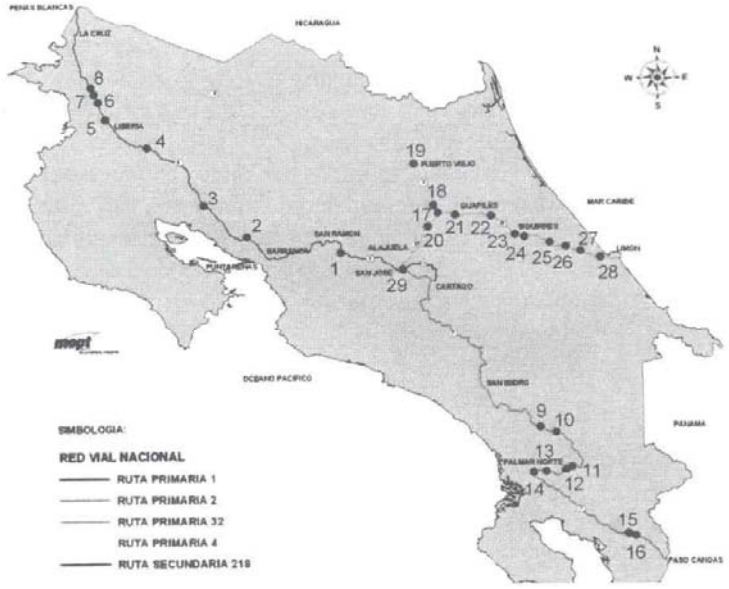


Figura 1.1. Ubicación de los Puentes de Estudio (29 puentes)

1.3 Componentes y Procesos del Estudio

La Figura 1.2. indica los componentes compresivos del estudio para tomar los objetivos mencionados anteriormente. La Dirección de Planificación y el Departamento de Puentes del Ministerio de Obras Públicas (MOPT) y la dirección de planificación del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) funcionan como las contrapartes del Estudio.

El Desarrolla de Capacidad para Costa Rica (mencionado como el "DC") se deberá enfocar en la mejora de capacidad en los niveles "organizacional", "individual", e "institucional/social". Además, el estudio se enfoca la asistencia en el establecimiento del Departamento de Conservación de puentes en CONAVI.

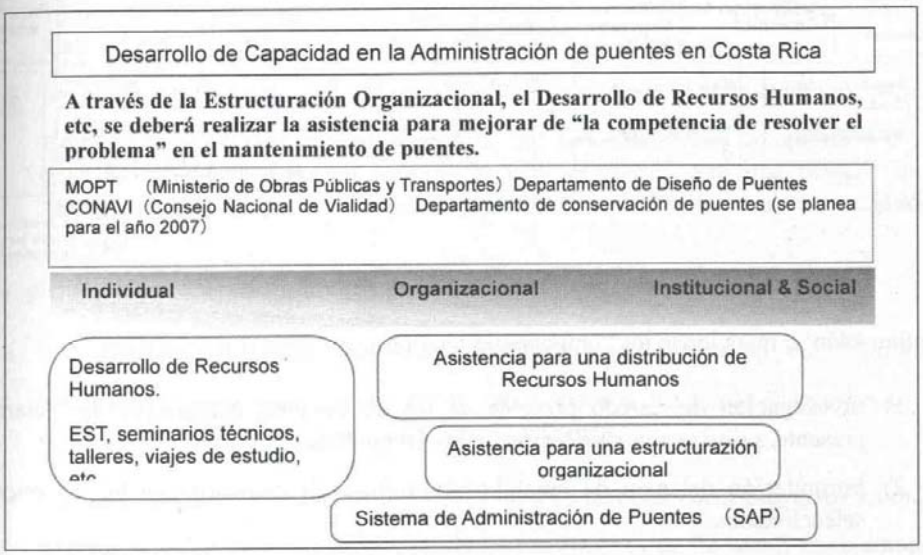


Figura 1.2. Objetivos y Componentes del Estudio

La Figura 1.3. indica un proceso esquemático del estudio. LA fila superior de las indicaciones se refiere a los componentes técnicos del Estudio y la fila inferior comprende el DC.

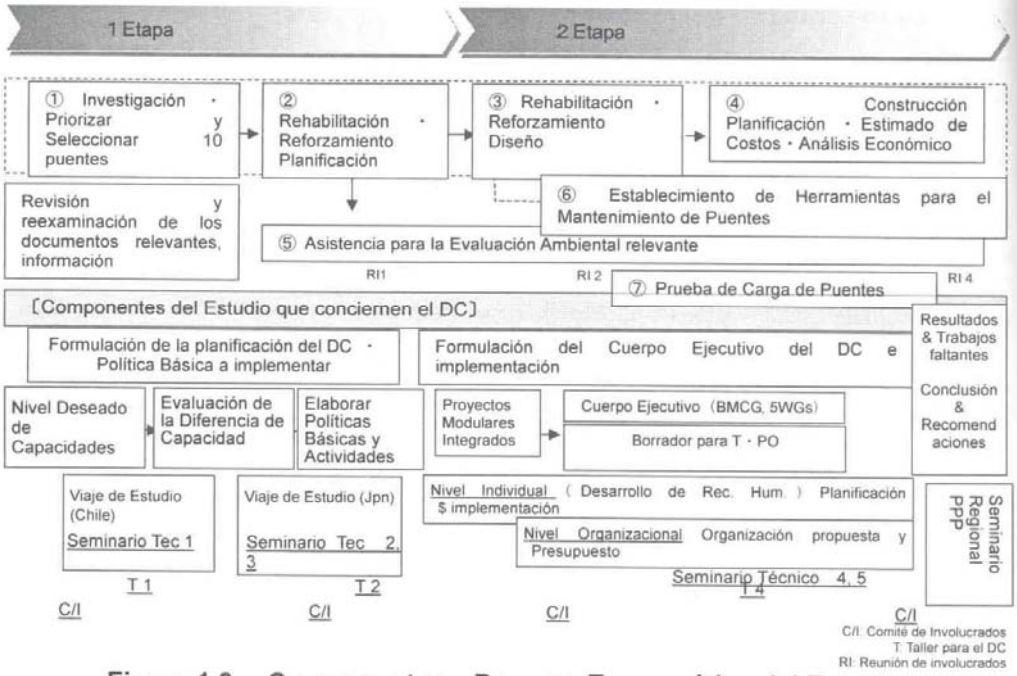


Figura 1.3. Componentes y Proceso Esquemático del Estudio

A continuación se mencionan los componentes técnicos y su programa de trabajo:

1) Investigación del estado presente de los 29 puentes, diagnóstico del deterioro presente, priorización y selección de los 10 puentes prioritarios.
2) Formulación del plan de rehabilitación/reforzamiento/mejora en los 10 puentes seleccionados.
3) Elaboración del diseño y planos y estudio de calidad de la rehabilitación/reforzamiento/mejora de los 10 puentes seleccionados.
4) Formulación la planificación, estimado de costo, análisis económico preliminar de los 10 puentes seleccionados.
5) Asistencia de la información relevante con base en lo que se la descripción anterior del plan de rehabilitación/reforzamiento/mejora y la planificación de la construcción en los 10 puentes seleccionados.

Además, se deberá de realizar:

6) EStablecer las herramientas del mantenimiento de Puentes (por ejemplo: Sistema de Administración de Puentes-SAP-, Manual de Inspección, manual de operación del SAP, Lineamiento para el mantenimiento de puentes)
7) Implementación de la Prueba de carga de puentes:

A continuación se resumen los Componentes administrativos acerca del DC:

1) Evaluación de la diferencia de capacidad

- Establecer el estado futuro deseable de las capacidades a nivel "organizacional", "individual", e "institucional/social".
- La evaluación de la diferencia de capacidad hace una diferencia entre los estados actuales y los estados deseados.
- El análisis del problema-objetivo a niveles "organizacional", "individual", e "institucional/social" a través de la Administración del Ciclo del Proyecto.

2) Formulación de la Política Básica para el Desarrollo de Capacidad

- Con base en los resultados del análisis del problema, se identificaron un total de de 13 proyectos modulares, que comprender 4 proyectos a nivel individual, 3 proyectos a nivel organizacional y 6 proyectos a nivel institucional-social.
- Se proponen 10 políticas básicas para una administración de puentes comprensiva. Como la política lo establece es esencial que se reconozca el compromiso político para asegurar la asignación balanceada para el presupuesto que permite que el "mantenimiento de puentes en una base ad-hoc" se convierta en un "mantenimiento preventivo".

3) Implementación del Desarrollo de Capacidad

- 13 proyectos modulares prototipo identificados se integraron en 5 proyectos modulares a gran escala, tomando en consideración las tareas dispuestas a nivel "organizacional", "individual", e "institucional/social".
- Como u cuerpo ejecutivo principal para la implementación de 5 proyectos modulares a gran escala, el "Grupo Consultivo de Mantenimiento de Puentes", el cual consiste en representantes de varias organizaciones tales como MOPT, CONAVI, las autoridades financieras y de planificación e instituciones académicas que forman 5 grupos de trabajo. Se finalizaran para el año fiscal la Estructura del Desglose del Trabajo (EDT) preliminar y el Plan de Operaciones de 5 proyectos modulares a gran escala para lograr los objetivos dentro de los 5 años que comienzan a partir del año fiscal 2008.
- El equipo de estudio propone una estructura organizacional para el MOPT, CONAVI y un arreglo en el presupuesto para el mantenimiento de puentes que incluye trabajos de rehabilitación, reforzamiento y mejora. Estos son materiales que juegan un papel en las actividades del GCMP
- La capacidad individual se deberá implementar con base en el "Plan de Desarrollo de Recursos Humanos", que se incorpora en el proyecto modular integrado-1 que se enfoca en la mejora de las competencias técnicas a nivel individual. Las contrapartes se entrenan con base en Entrenamiento en el Sitio del Trabajo (EST), mientras que la

diseminación técnica debe de llegar a los ingenieros costarricenses a través de los seminarios técnicos (5 veces)

4) Seminario Regional PPP

- Para alcanzar a los países miembros del PPP, se realizó el Seminario Regional del PPP en Diciembre 2006, que permitió presentar el resumen del estudio y extender los resultados del DC comprensivo en la administración de puentes en los países vecinos.

Este reporte contiene todas las actividades y resultados descritos anteriormente y comprende los siguientes capítulos:

Capítulo 1	Resumen del Estudio
Capítulo 2	Situación existente en Costa Rica
Capítulo 3	Condición Existente de Puentes y Estatus del Mantenimiento de Puentes
Capítulo 4	Evaluación de la Diferencia de Capacidad
Capítulo 5	Políticas Básicas para el Desarrollo de Capacidad
Capítulo 6	Implementación del Desarrollo de Capacidad para el Programa de Mantenimiento de Puentes Comprensivo
Capítulo 7	Desarrollo de Recursos Humanos
Capítulo 8	Condición Existente e Inspección de Sitio de los Puentes de Estudio
Capítulo 9	Selección de los 10 Puentes para la Rehabilitación, Reforzamiento
Capítulo 10	Plan para la Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora de los 10 Puentes Seleccionados
Capítulo 11	Diseño para la Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora de los 10 Puentes Seleccionados
Capítulo 12	Planificación de la Construcción Preliminar y Estimado de Costo
Capítulo 13	Análisis Económico
Capítulo 14	Sistema de Administración de Puentes (SAEP)
Capítulo 15	Herramientas para la Administración del Mantenimiento de Puentes
Capítulo 16	Asistencia Técnica para las consideraciones ambientales y sociales
Capítulo 17	Conclusiónes y Recomendaciones

El flujo de trabajo del estudio y el programa se muestran en la Figura 1.2.2. El detalle de lo que se realizó entre septiembre y diciembre se describe abajo.

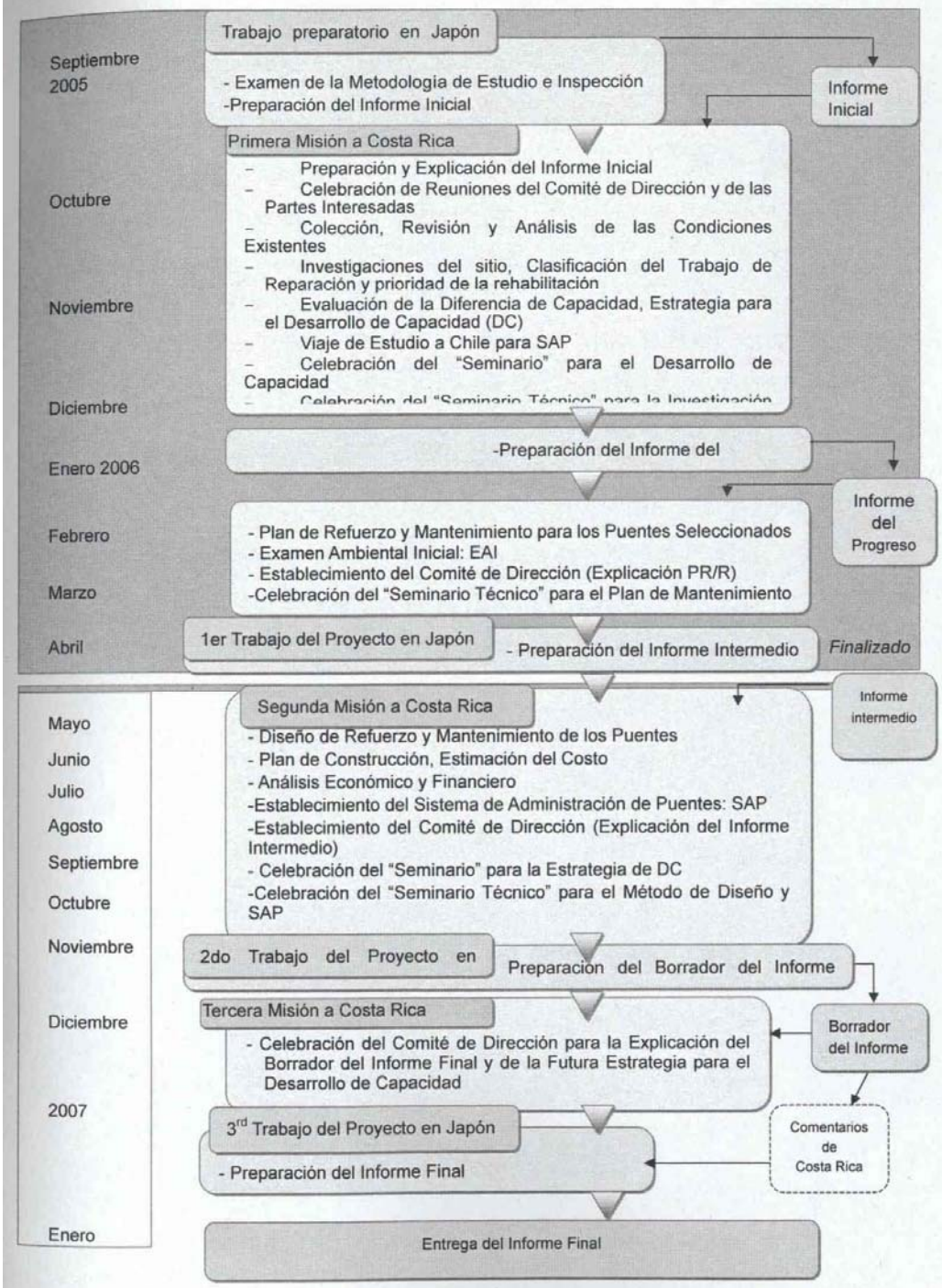


Figura 1.4. Cronograma de Trabajo del Estudio y el Programa

CAPÍTULO 2 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 La Condición Nacional

2.1.1 Geografía

Costa Rica se localiza en la parte suroeste del istmo centroamericano, entre los 8° y 11° de latitud norte. Limita al norte con Nicaragua y al sureste con Panamá. El Océano Atlántico se ubica en el noreste y el Océano Pacífico se localiza en el oeste y el sur. En la zona más ancha mide 300 km. Su extensión total es de 50,700 km^2.

Figura 2.1.1. Mapa de Ubicación de Costa Rica

Su capital es San José. Tiene como vecinos a las dos grandes ciudades de Alajuela y Heredia, y se encuentra en medio del Valle Central. Dos tercios de su población viven en éste valle.

1) Provincias

Costa Rica se divide en siete provincias:

San José:	La capital, donde vive cerca de un tercio de la población. Se ubica a unos 1.170 metros de altitud, aproximadamente.
Heredia :	Al norte de San José, cerca del límite con Nicaragua.
Alajuela:	Al oeste de Heredia, cerca del límite con Nicaragua. Cuenta con el Parque Nacional Volcán Póas.
Guanacaste:	La parte noroeste del país. Es una de las regiones más diversas del país. Posee bosques nubosos, volcanes activos, parques nacionales y hoteles de descanso en la playa.
Puntarenas:	Cubre la mayor parte de la costa pacífica y sus llanuras, desde las partes más hacia el oeste hasta el límite con Panamá, inclusive el Parque Nacional Manuel Antonio.
Limón:	La costa Este caribeña del país. Tiene varias reservas biológicas y parques nacionales así como una amplia comunidad bilingüe de origen jamaiquino.
Cartago:	Al noreste de San José. Tiene bellos volcanes.

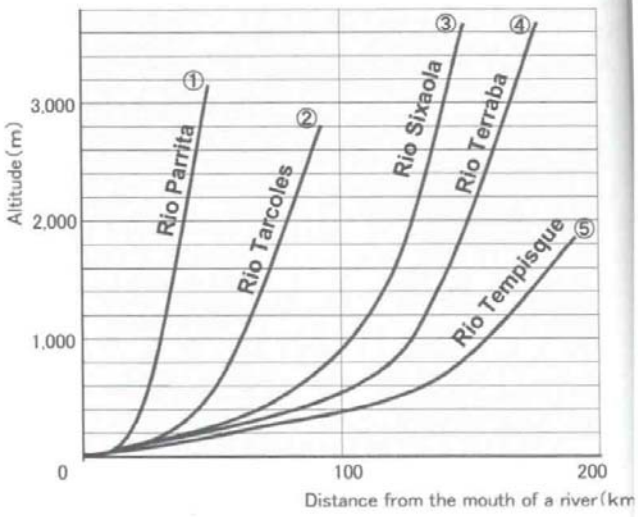
2) Las Montañas

El terreno de Costa Rica está dividido en una columna de volcanes y montañas. Se extiende hasta la cadena de los Andes-Sierra Madre, que se ubica en la parte oeste de América Central. Costa Rica es parte de la zona pacífica "Cinturón de Fuego" y cuenta con 7 de los 42 volcanes activos del istmo, más algunas docenas de volcanes dormidos o conos extintos.

La Cordillera de Talamanca, la sierra más antigua y la mas distante hacia el sur del país, cuenta con el Monte Chirripó, la montaña más alta de Costa Rica, con 3.820 mts. La Cordillera Volcánica Central tiene los volcanes Turrialba, Irazú, Barva y Poás. Al noroeste está la Cordillera de Tilarán, cuya altitud llega a los 1.700mts en el Bosque Nuboso Monteverde . Al noroeste está la Cordillera de Guanacaste. Cerca del límite con Nicaragua esta cordillera tiene cinco volcanes activos entre ellos el Rincón de la Vieja y Miravalles, este último se utiliza para generar energía geotérmica.

3) Los Ríos

Los ríos de Costa Rica se caracterizan por tener pendientes empinadas en el lecho del río. Los ríos más extensos de Costa Rica se muestran en la Figura 2.1.2, los cuales tienen menos de 200 km. de largo. El lugar donde nace el río se localiza entre los 3.820 mts. a los 1600 mts. de altitud. Desde esta sección hasta una altitud de 600 mts. se encuentran las cuestas empinadas del lecho del río. Luego, el río corre cuesta abajo lentamente a los océanos Pacífico y Atlántico.



Fuente: Grupo de estudio JICA

Figura 2.1.2. El Perfil de los Ríos Más Extensos en Costa Rica

La estructura de muchos de los puentes se ha desgastado debido a los desastres naturales que han atraído aguaceros torrenciales con los ciclones tropicales, la actividad volcánica, el colapso debido a los temblores, sedimentación y daños por inundaciones.

2.1.2 El Clima

1) Meteorología

El clima de Costa Rica se divide en dos estaciones que son la estación seca y la estación lluviosa. La estación seca se extiende de enero a mayo y la lluviosa de mayo a noviembre y diciembre.

La topografía de Costa Rica tiene la influencia sobre los patrones del clima. Las estaciones seca y lluviosa se presentan en cada una de las cadenas montañosas, que son las inclinaciones del Pacífico y del Atlántico.

En la cadena montañosa del Pacífico, la estación lluviosa empieza en mayo y continúa

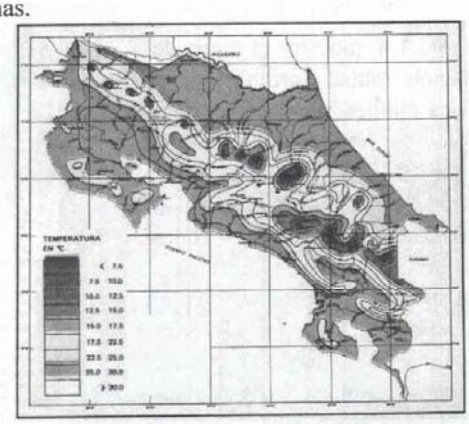
hasta noviembre. Este es el período en que los vientos alisios que vienen del noreste se reducen en su intensidad. Como resultado, las tormentas vienen por lo general del Pacífico en septiembre y octubre. En la otra mitad norte del país, la cadena del pacífico presenta una intensa estación seca.

En la cadena montañosa del Atlántico, la estación lluviosa empieza como a mediados o finales de abril y continúa hasta diciembre y enero. Los meses más húmedos son julio y noviembre, con una temporada seca que ocurre ya sea en agosto o septiembre. Fuertes tormentas suceden en esta cadena entre septiembre y febrero cuando llueve continuamente por varios días. Pero un día típico de la estación lluviosa empieza despejada con unas cuantas horas de sol, las nubes toman paso y llueve por la tarde. En contraste, los meses más secos son febrero y marzo.

En el Valle Central la temperatura es de 20° C la mayor parte del año y es un área con menos precipitación lluviosa que otras zonas.

2) Temperatura

Un mapa de la distribución de las temperaturas anuales promedio en Costa Rica (1961-1990), publicado por El Instituto Meteorológico Nacional muestra las temperaturas anuales promedio de la cadena montañosa del Pacífico, las cuales son más altas que la del Caribe. El isoterma (líneas que unen puntos con el mismo valor de temperatura) de 27.5° une toda la cuenca más baja del Río Tempisque y se extiende a lo largo de la Costa Pacífica hacia Ciudad Cortés.



Fuente: Atlas Climatológico de Costa Rica
Ministerio de Agricultura y Ganadería, Instituto Meteorológico Nacional

Figura 2.1.3. Mapa de Distribución de la Temperatura Anual Promedio

En la cadena montañosa del Caribe, el isoterma anual promedio más alto observado ha sido de 25°C, que se extiende aproximadamente a lo largo de la base del sistema orográfico, cerca de las comunidades de Upala, Puerto Viejo, Guápiles, Siquirres, y Bribrí.

La Cordillera Volcánica de Guanacaste y en la Cordillera Minera de Tilarán, cuyos puntos más altos se encuentran a altitudes menores de 2.000 mts., representan áreas mûy reducidas, rodeadas de un isoterma de 17.5°C, en contraste con la Cordillera Volcánica Central en donde los puntos más altos oscilan entre los 2.000 mts. y los 3.400 mts., los valores mínimos representados por la isoterma son de 12.5 °C y 10°C. En la Cordillera de Talamanca, debido a que los puntos son más altos de 3.400 mts., se observan isotermas de 10°C y 7.5°C.

La tabla 2.1.1 muestra la diferencia en la variación de la temperatura con respecto al tiempo. La temperatura climática es modificada por la altitud. En las zonas bajas, la amplitud alcanza valores más altos que en aquellos lugares con una mayor altitud. La amplitud es

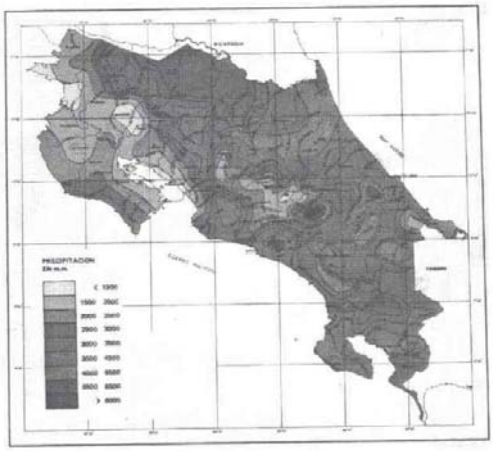
más baja en San José, Pavas y Alajuela, que están ubicados a 900 msnm, que en amplitudes como Puntarenas y Liberia, que están casi al nivel del mar.

Tabla 2.1.1. Diferencia de Horario Entre la Temperatura Máxima y Mínima

Región	Altitud (m)	Max °C	Hora	Mini °C	Hora	Diferencia °C
Puntarenas	3	33.5	13:00	23.0	05:40	10.5
Palmar Sur	16	31.0	13:20	24.0	01:40	7.0
Liberia (Llano Grande)	85	34.0	13:00	20.5	03:00	13.5
Aeropuerto Juan Sta. Maria	921	27.4	13:40	18.6	02:30	8.8
Pavas	997	26.0	13:10	18.8	06:30	7.2
San José	1,172	23.1	11:00	17.5	03:00	5.6

3) Precipitación

La Figura 2.1.4. muestra el mapa de precipitación anual promedio en Costa Rica publicado por el Instituto Meteorológico Nacional, basado en los años 1961-1980. Las áreas con menos de 1.500 mm. de precipitación están distribuidas en cuatro zonas relativas en Costa Rica. La primera se ubica en el noroeste del país, en la Península Santa Elena y en el sector costero frente al Golfo de Papagayo. La segunda es Bagaces y Cañas, incluyendo las áreas aledañas. La tercera está en la costa del Golfo de Nicoya, Costa de Pájaros y Chomes y se extiende hasta la desembocadura del Río Aranjuez. La cuarta es la región central del país e incluye la ciudad de Cartago.



Fuente: Atlas Climatológico de Costa Rica
Ministerio de Agricultura y Ganadería, Instituto Meteorológico Nacional

Figura 2.1.4. Mapa de la Precipitación Anual Promedio

Las precipitaciones máximas se dispersan en el área montañosa. Máximas de 5.500 y 6.500 mm. se observan en la Cadena Montañosa del Caribe, en el sector costero entre los ríos Colorado y San Juan así como en la cuenca del Río Banano, la Cadena Montañosa Pacífica de Quepos, Savegre y el Río Naranjo y la Península de Osa, que se extiende desde Punta Llorona hasta Playa Madrigal. Las áreas de precipitación más alta se localizan en la cuenca del Río Pejibaye y el Río Grande de Orosi, los valores están sobre los 7.000 mm. por año.

En la Cadena Montañosa del Pacífico generalmente llueve en horas de la tarde, entre la 1 p.m. y 5 p.m. Esto sucede debido a la producción de precipitación de las nubes que alcanzan su desarrollo máximo después de registrar la temperatura más alta y porque sucede en horas de la tarde cuando el transporte de humedad es producido por los vientos

del oeste. La precipitación con origen de convección predomina, caracterizada por gotas muy grandes acompañadas de tormentas eléctricas.

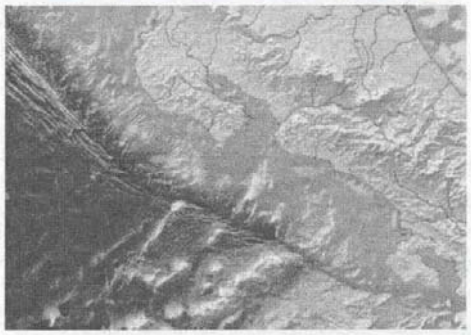
Cuando las precipitaciones fuera de este patrón suceden, se debe a la presencia de algún sistema meteorológico que altera las condiciones normales, como lo fue el caso del Temporal del Pacífico, el cual fue provocado por presiones más bajas localizadas en el Caribe.

En la Cadena Montañosa del Caribe, las precipitaciones tienen características completamente diferentes que se deben, por lo general, a nubes que no son estratificadas por convección, debido al efecto orográfico producido por la interacción entre los vientos alisios y la orografía. Este efecto se produce casi siempre durante la noche y en la pura mañana. Solamente en las planicies del Tortuguero y Barra del Colorado las precipitaciones se producen en horas de la tarde y son ocasionadas por la fricción de convergencia la cual es muy elevada en esos períodos.

2.1.3 Fenómenos Sísmicos

Costa Rica está localiza en una región donde interactúan varias placas de la litosfera. Por esta razón, la actividad geotectónica y los temblores son un fenómeno importante en la construcción geológica del territorio, dadas su frecuencia y la magnitud significativa, tienen gran relevancia para la sociedad.

La actividad sísmica más importante en Costa Rica sucede principalmente cuando la placa de Cocos se desliza bajo el territorio nacional a través de un proceso de subducción que tiene una profundidad inicial de 10 km. y alcanza profundidades máximas de 200 km., generando una constante zona sísmica que se inclina hacia el noreste.



Fuente: Atlas tectónico de Costa Rica
Percy Denyer, Water Montero, Guillermo E. Alvarado

Figura 2.1.5. Mapa de la Línea de Falla en Costa Rica

Una parte significativa de la actividad sísmica de Costa Rica se ubica bajo el sistema montañoso que corre a lo largo del país en dirección norte-oeste, generando una amenaza sísmica que es importante porque tiene una profundidad relativa baja (<=20 km.), por la frecuencia de temblores de mayor magnitud (5-6.5) y porque ocurren en fallas ubicadas en zonas donde hay importantes asentamientos de población.

Básicamente, Costa Rica puede dividirse en tres antearcos que son:

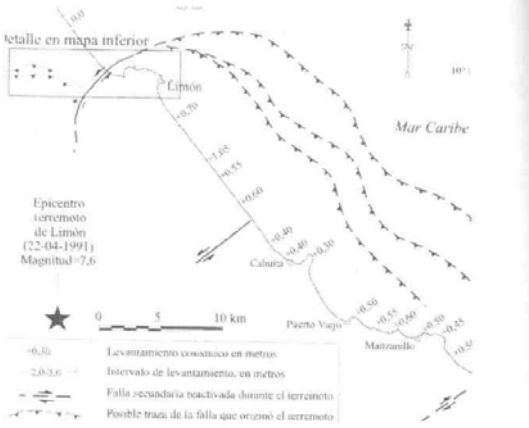
- **Antearco Noroeste**, conformado por las penínsulas de Santa Elena y de Nicoya y las cuencas del Tempisque y del golfo de Nicoya. Diversas evidencias indican que la península de Nicoya está siendo levantada en su zona costera y algunos sectores están siendo

inclinados. Dado a que el límite entre las zonas en levantamiento y en hundimiento ocurre en rocas rígidas, se generan fracturamientos y fallas que se traducen en la ocurrencia de sismos superficiales.

- **Antearco Central**, el cual dentro de la región comprendida entre Barranca y Dominical existen una serie de fallas de rumbo noreste a norte. Uno de los terremotos mas destructivos ocurridos en esta zona fue el 4 de marzo de 1924 (M 7.0) el cual es asociado con la falla de Tárcoles. La sismisidad superficial registrada por la Red Sicológica Nacional en esta zona, muestra que varias de las fallas localizadas en este antearco están activas.

- **Antearco Sur**, en donde se han medido fuerte levantamientos recientes y movimientos de rotación de bloques hacia el noreste, Varias fallas activas se ubican dentro de Osa y Burica en donde se destaca la falla de Canoas que tiene un rápido deslizamiento. En la parte frontal de la de la fila Costeña, la falla longitudinal es una falla activa a lo largo de la cual han ocurrido buena parte de los movimientos.

El último temblor más fuerte ocurrió el 22 de abril de 1991. Tuvo lugar en el Caribe, en la zona sureste de San José. Registró 7.6 en la escala Richter; el bloque superior se desplazó hacia el noreste como 3 metros en relación con el bloque inferior, provocando una elevación vertical entre los 0.5 y 1.5 metros a lo largo de la plataforma del Caribe, desde el puerto de Limón hasta la frontera con Panamá.



Fuente: Atlas tectónico de Costa Rica
Percy Denye, Water Montero, Guillermo E. Alvarado

Figura 2.1.6. Mapa del Terremoto del 22 de Abril de 1991, Ubicado en la Zona del Caribe

2.2 La Condición Socio-Económica

La siguiente sección describe la condición socio-económica de Costa Rica.

2.2.1 El Uso de la Tierra

El área total del país es de 51.100 km^2 y se compone de 50.660 km^2 de tierra y 440 km^2 de agua. Se distingue la "tierra cultivable" que se siembra con cultivos como trigo, maíz y arroz, que son vueltos a plantar después de cada cosecha y representan un 4.41%, del área de "tierra cultivable permanente". Los cultivos como el café, que en este caso, no son vueltos a plantar después de cada cosecha y representan un 5.88%. (Fuente: World actbook; CIA).

El área de conservación nacional abarca 12.800 km^2 (25.6%) (Fuente: Estado de la Nación, 2004).

Fuente: Google Earth

Figura 2.2.1. Vista del Terreno en Costa Rica

Desde 1972, el área ha crecido cerca de 80.000 hectáreas y representa solamente el 0,4% del área total en 1999. La Tabla 2.2.1 muestra el área por cada categoría de uso de la tierra. La Figura 2.2.2 muestra el mapa a colores del uso de la tierra con las mismas categorías de la Tabla 2.2.1.

Tabla 2.2.1. Uso de la Tierra: 1972,1999

Categoría	1972		1999	
	hectáreas	%	hectáreas	%
Uso urbano	14.792,00	0,3	22.599,20	0,4
Área cultivada	101.355,00	2,0	132.955,20	2,6
Cultivos de temporada	246.278,60	4,8	369.209,80	7,2
Cultivos permanentes	820.557,00	16,1	1.565.076,30	30,7
Pasto	66.430,30	1,3	101,459.90	1,9
Pasto con agricultura	66,523.10	1,3	49,374.30	0,9
Manglar	2.085.906,00	40,7	1.286.456,30	25,2
Bosque	367.090,10	7,2	484.071,40	9,5
Bosque natural	882.164,30	17,3	695.903,10	13,6
Bosque natural intervenido	15.292,10	0,3	8.567,10	0,2
Bosque secundario	0	0	26.469,20	0,5
Terreno rocoso marginal	113.267,00	2,2	106.058,30	2,1
Suelo descubierto	18.432,00	0,4	9.797,00	0,2
Terrenos húmedos y pantanosos	292.287,40	5,7	228.444,60	4,5
Lagos y represas	19.625,10	0,4	13.495,30	0,3
Maleza	0	0	10.063,00	0,2
Valle despejado	5.110.000,00	100,0	5.110.000,00	100,0
Áreas quemadas				
Total				

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)

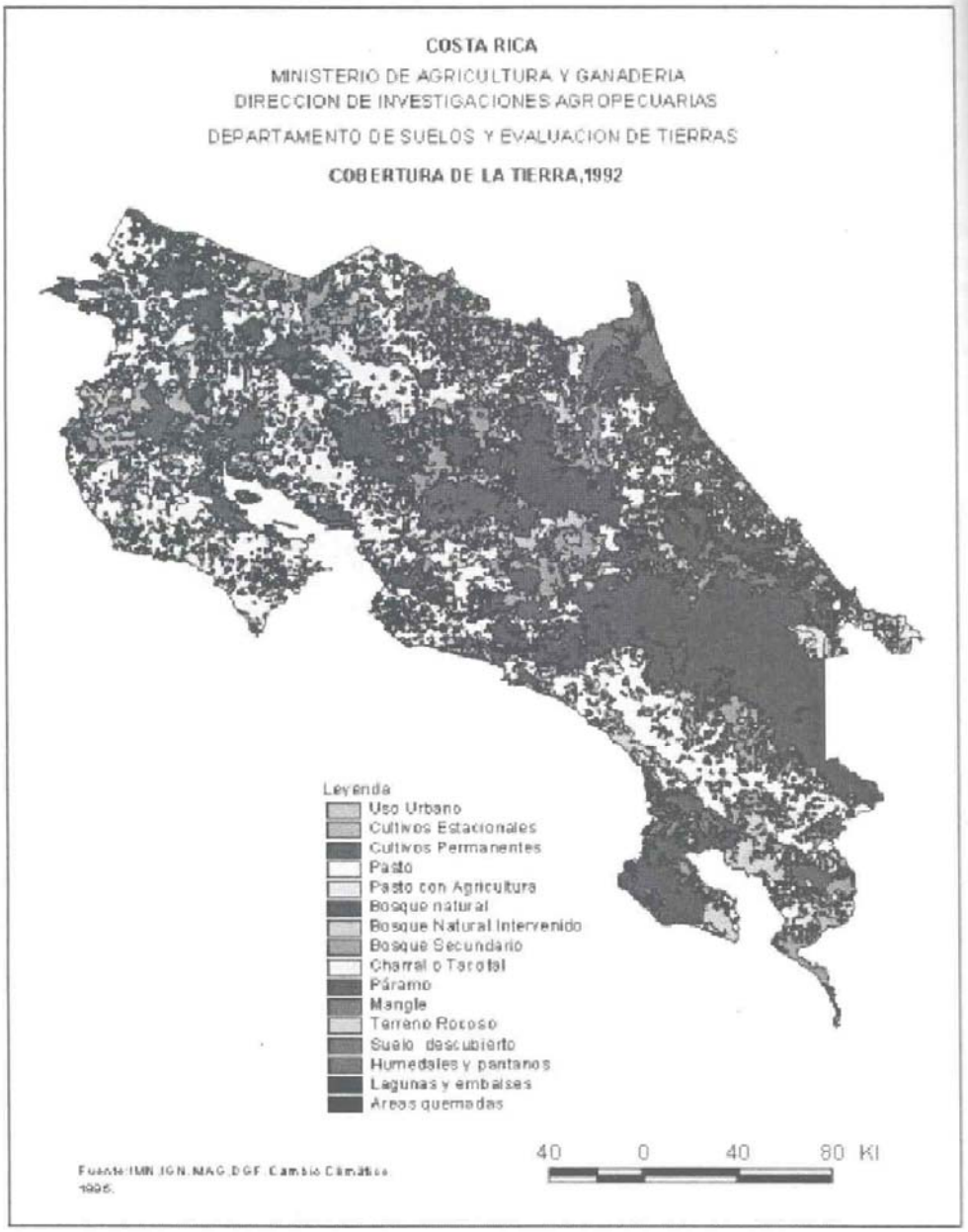
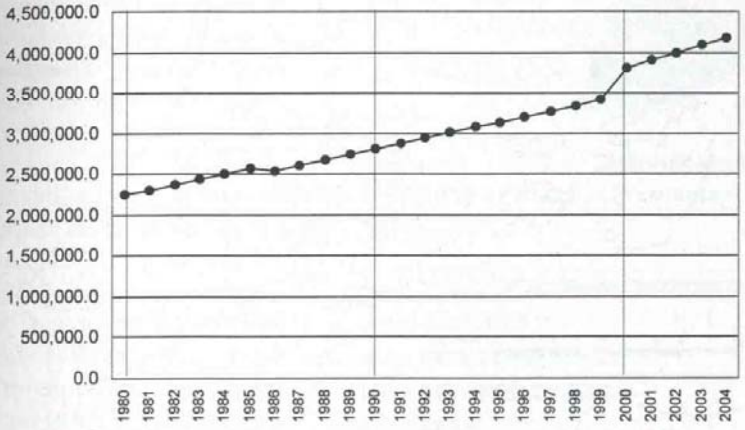


Figura 2.2.2. Mapa del Uso de la Tierra en Costa Rica en 1992

2.2.2 Población e Índice Social

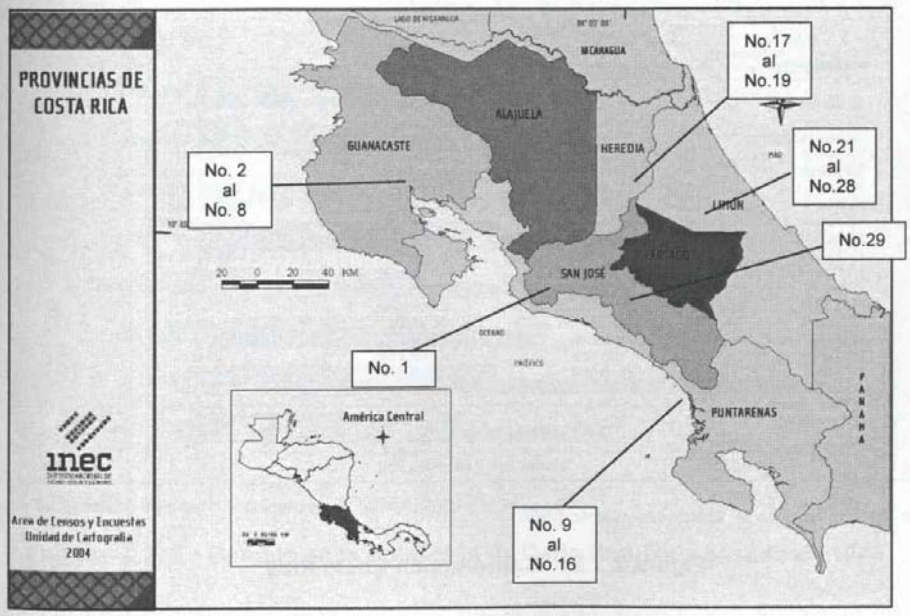
En 2004, la población de Costa Rica era 4.178.755 y la relación de incremento anual es cerca de 2 o 3 %. Para las próximas 2 décadas, la población habrá crecido aproximadamente 1,7 veces. La figura siguiente (Figura 2.2.3) muestra la tendencia en el cambio de la población desde 1980.



Fuente: Banco Central de Costa Rica HP, Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)

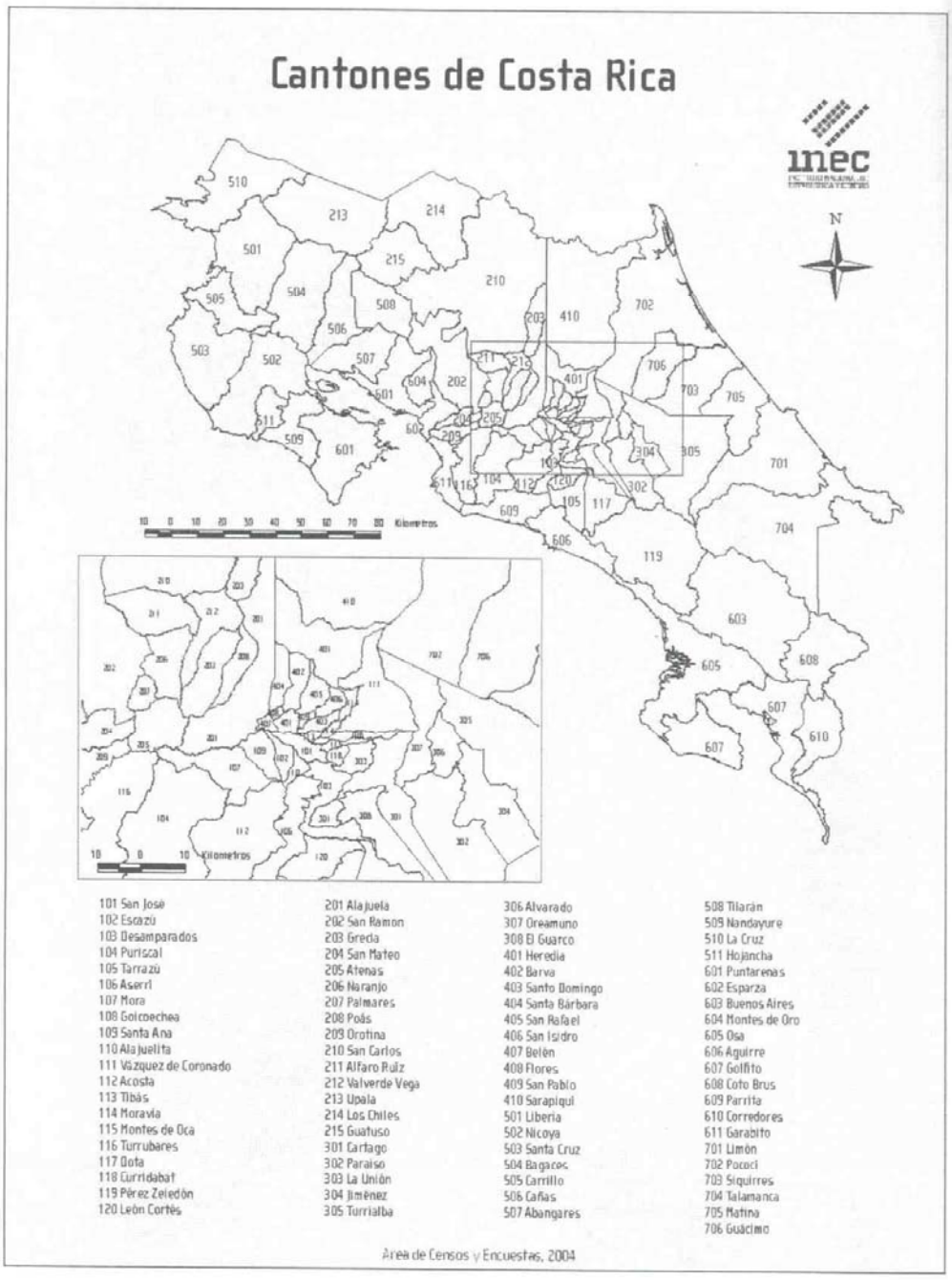
Figura 2.2.3. Cambio en la Población Desde 1980

En Costa Rica, la organización política está dividida en "Provincias", "Cantones" y "Distritos". Existen 7 provincias y 81 cantones, como se muestra en la Figuras 2.2.4. y 2.2.5.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)

Figura 2.2.4. Provincias en Costa Rica y la Ubicación de los Puentes



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)

Figura 2.2.5. Cantones en Costa Rica

De acuerdo a la población de cada provincia, San José tiene el 36% de la población total. La segunda población más extensa está en la provincia de Alajuela (Figura 2.2.6.). Desde otro punto de vista, que es el de la densidad, San José posee la más alta y presenta gran diferencia con el promedio nacional y la densidad de otras provincias (Figura 2.2.7.).

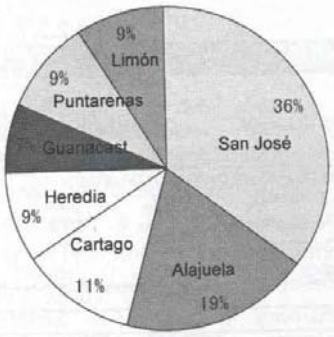


Figura 2.2.6. Distribución de la Población en Cada Provincia

En este estudio, se han juntado los datos históricos de la población por provincia en 1973, 1984 y 2000. La figura 2.2.8. muestra la relación de aumento basado en la población de cada provincia en 1973. Estos resultados muestran que la provincia de Limón presenta la relación más alta de la población en aumento. En cambio, Puntarenas y Guanacaste están bajo el promedio nacional. Estas provincias tienen las rutas 1 y 2 y más de la mitad de los puentes del estudio.

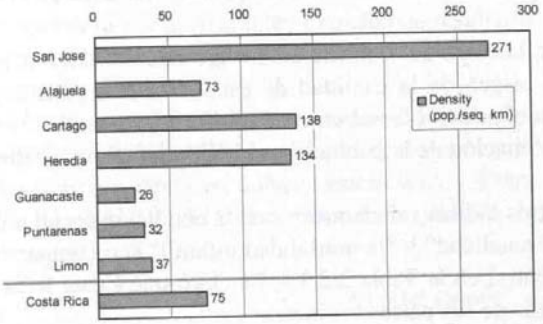
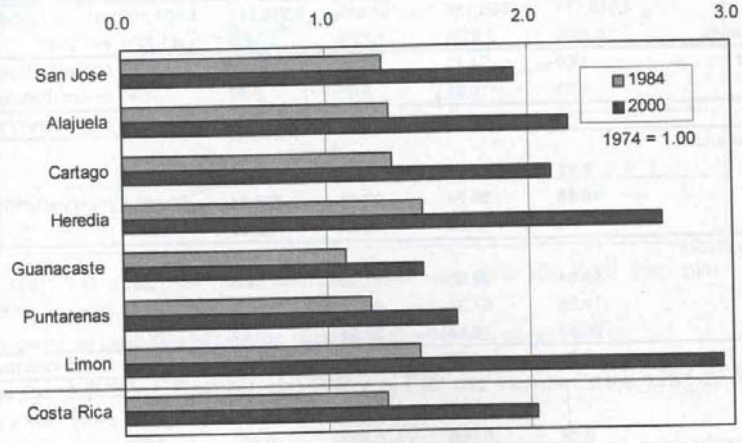


Figura 2.2.7. Densidad de la Población



Fuente: Tendencias del Desarrollo Costarricense. Versión 2003 (OdD)

Figura 2.2.8. Cambio en la Población de Cada Provincia basado en 1974

Los detalles estadísticos de cada provincia se describen a continuación (Tabla 2.2.2.).

Tabla 2.2.3. Índice De La Condición Social Comparada con Otros Países Vecinos

Tabla 2.2.2. Datos por Provincia

Provincia	San Jose	Alajuela	Cartago	Heredia	Guanacaste	Puntarenas	Limon	Costa Rica
Población								
1973	695,163	326,032	204,699	133,844	178,691	218,208	115,143	1,871,780
1984	890,434	427,962	271,671	197,575	195,208	265,883	168,076	241,809
2000	1,345,750	716,286	432,395	354,732	264,238	357,483	339,295	3,810,179
Componentes de Pob. en cada gupo de años								
0-14 años	30%	33%	32%	30%	33%	35%	37%	32%
15-29 años	27%	27%	27%	28%	26%	26%	27%	27%
30-59 años	34%	33%	33%	35%	32%	31%	30%	33%
60 años a más	9%	8%	7%	8%	9%	7%	60%	8%
Area (km^2)	4,966	9,758	3,125	2,657	10,111	11,266	9,189	51,100
Densidad (Pob./km^2)	271	74	139	134	27	32	37	75
Pob. en Zona Urbana	1,081,847	259,184	286,394	241,790	1,081,847	143,444	125,917	2,249,414
(%)	80%	36%	66%	68%	409%	40%	37%	59%
Pob. en Zona Rural	264	457,102	146,001	112,942	153,400	214,039	213,378	1,560,765
(%)	20%	64%	34%	32%	58%	60%	63%	41%

Fuente: Tendencias del Desarrollo Costarricense. Versión 2003 (OdD)

En la etapa del informe del progreso, es difícil tener la estimación de la población futura y el origen de la cantidad de ésta. En la siguiente etapa de este estudio, con el análisis económico, obtendremos la información sobre la estructura nacional, incluyendo la estimación de la población, el índice económico, entre otros.

Otros índices relacionados con la condición social como "la expectativa de vida", "el índice de natalidad" y "la mortalidad infantil" son comparados con otros de los países de América Central en la Tabla 2.2.3. Es claro que Costa Rica tiene una mayor condición social que otros de sus países vecinos.

Tabla 2.2.3. Índice De La Condición Social Comparada con Otros Países Vecinos

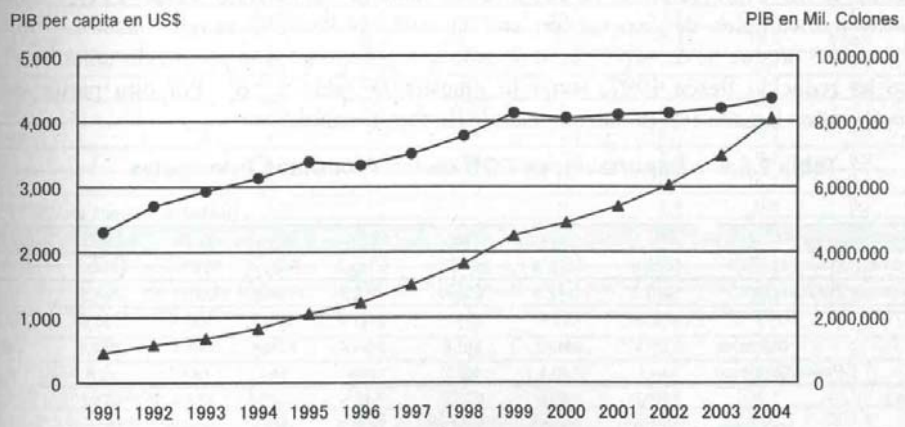
País	Costa Rica	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Notas
Población	**4,016,173**	14,655,189	6,704,932	6,975,204	5,465,100	est. Julio 2005
Taza de Crecimiento	**1.48%**	2.57%	1.75%	2.16%	1.92%	est. 2005
Indice de Natalidad	**18.6**	34.11	27.04	30.38	24.88	nacim/1000 pob. (est. 2005)
Indice de Muertes	**4.33**	6.81	5.85	6.87	4.49	muert/1000 pob. (est. 2005)
Indice de Migración	**0.5**	-1.63	-3.67	-1.95	-1.19	migrante(s)/1000 pobladores
Indice de Mortalidad Infantil						
Total	**9.95**	35.93	25.1	29.32	29.11	
Masculinos	**10.85**	36.74	27.98	325.84	32.6	muertes/1000 nacimientos
Femeninos	**9**	35.09	22.08	25.63	25.44	
Expectativa de vida al nacer						
Total	**76.84**	69.06	71.22	69.3	70.33	
Masculinos	**74.26**	67.37	67.61	67.71	68.27	años (est. 2005)
Femeninos	**79.55**	70.84	75.01	70.97	72.49	
Indice de Fertilidad Total	**2.28**	4.53	3.16	3.87	2.81	niño nacido/mujer (est, 2005
Alfabetización						Definición: mayores de 15 a pueden leer y escribir
Poblacion total	**0.96**	0.706	0.802	0.762	0.675	
Masculinos	**0.959**	0.78	0.828	0.761	0.672	(est. 2003)
Femeninos	**0.961**	0.633	0.777	0.763	0.678	

Fuente: The World Factbook, CIA

2.2.3 Economía e Industria

La economía básicamente estable de Costa Rica depende del turismo, la agricultura y la exportación de los productos electrónicos. La pobreza ha sido sustancialmente reducida en los últimos 15 años y se ha establecido una fuerte seguridad social. Los inversionistas extranjeros son atraídos por la estabilidad política del país y los niveles de educación. El turismo continúa introduciendo el intercambio foráneo. Los bajos precios del café y el banano han dañado el sector agropecuario. El gobierno sigue luchando con un gran déficit y una masiva deuda interna. La reducción de la inflación sigue siendo una problemática difícil por el aumento en el precio de las importaciones, las inflexibilidades en el mercado laboral y los déficit fiscales. El país también necesita reformar el sistema de impuestos y el patrón del gasto público. Costa Rica recientemente concluyó negociaciones para participar en el Tratado de Libre Comercio con América Central y los Estados Unidos el cual, si es ratificado por la Asamblea Legislativa, resultaría en reformas económicas y un clima mejorado de inversión.

La Figura 2.2.9. muestra los producto interno bruto ("PIB") con los precios del mercado. La línea de rombos azules muestra las series del total de PIB en millones de colones y la línea de triángulos rojos muestra las series PIB per capita en dólares americanos. Éstos han tenido un aumento estable por cerca de una década. El índice real del crecimiento de los PIB era de un 3.9% en 2004.



Fuente: Banco Central de Costa Rica HP, Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC)

Figura 2.2.9. Cambio del PIB y el PIB per capita Entre 1991-2004

La composición del PIB por sectores en 2004 es la siguiente: a) agricultura: 8.5%, b) industria: 29.7% y c) servicios: 61.8%.

Especialmente, el turismo tiene un papel importante en la economía de Costa Rica. Datos sobre el turismo se presentan en la Tabla 2.2.4, el cual ha aumentado casi 2 veces en los últimos 7 años.

Tabla 2.2.4. Cambio del PIB y el PIB per capita en 1991-2004

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Turistas Internacionales	811.490	942.853	1.031.585	1.088.075	1.131.406	1.113.359	1.238.692	1.452.926
Ingreso en millones de U.S dólares	719	884	1.036	1.229	1.096	1.078	1.199	1.357
Inversión en millones de US dólares	78	209	25	38	48	173	60	56
Número de Habitaciones	27.860	28.084	28.826	29.497	31.706	33.126	35.003	36.299

Fuente: Estado de la Nación 2004

La situación económica con los países vecinos se muestra en la Tabla 2.2.5. De acuerdo a esta tabla, Costa Rica está mejor que cualquier otro país vecino.

Tabla 2.2.5. Índice de la Condición Económica de los Países Vecinos

País	Costa Rica	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Apuntes
PIB-per capita	$9600	$4200	$4900	$2800	$2300	Poder de compra (2004)
taza de crecimiento real	3,90%	2,60%	1,80%	4,20%	4%	2004
Taza de Desempleo	6,60%	7,50%	6,30%	28,50%	7,80%	2003

Fuente: The World Factbook, CIA

En cuanto a las exportaciones, la exportación total ha aumentado desde 1997. Los productos tradicionales de exportación son el café, el banano, carne y azúcar. Sin embargo, estos productos de exportación no sólo son por monto sino por precio unitario, el cual se ha reducido desde 1997, como lo muestra la Tabla 2.2.6. Por otra parte, las exportaciones en la zona franca han aumentado de forma estable.

Tabla 2.2.6. Exportaciones FOB de los Productos Principales

Unidades: Millones de US$

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Total de exportaciones FOB	4205.5	5525.6	6662.4	5849.7	5021.4	5263.5	6102.2	6301.5
Exportaciones Tradicionales	1049.2	1142.6	969.4	877.8	738.8	691.1	793.8	800.7
CAFÉ	402.3	409.4	288.7	272, 0	161.8	165.1	193.6	197.6
Quintales	2705.5	2918.2	201.8	2854.8	2769.8	2548.6	2665.4	2360.1
Precio/Quintenal	148.7	140.3	103.1	95.3	58.4	64.8	72.6	83.7
BANANO	577.3	667.5	623.5	546.5	516	477.5	553.1	543.3
Toneladas	2019.0	2150	2087.2	1975, 0	1859.6	1693.6	1940.8	1915.4
Precio/toneladas	285.9	310.5	298.7	276.7	277.5	281.9	285, 0	283.7
CARNE	28.3	24	27.2	30.7	25.5	21.5	22.3	21.7
Toneladas	12.9	10.2	13.6	14.6	11.1	8.8	9.7	8.4
Precio/toneladas	2.2	2.3	2, 0	2.1	2.3	2.4	2.3	2.6
AZUCAR	41.3	41.8	30, 0	28.6	35.5	27, 0	24.8	38.1
Quintales	2180.7	3358	3231.7	3025	3624, 0	2941.5	2383.9	4490.5
Precio/Quintenal	18.9	12.5	9.3	9.5	9.8	9.2	10.4	8.5
Otras Exportaciones	3156.3	4382.9	5693	4972, 0	4282.6	4572.4	5308.3	5500.7
Agricultura y Pesca	716.8	757.8	573.5	526.6	539.6	565, 0	596.1	671.6
Productos Manufacturados	1121	1244.4	1134.7	1090.2	1029.3	1022.7	1077.2	1208.1
Productos ensamblados	427.2	444.5	396.1	398.9	366.4	354.1	331.7	373.3

Fuente: Banco Central de Costa Rica HP, Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)

Con relación a las exportaciones con otros países, América del Norte, que es el principal destino, está disminuyendo la cantidad de productos de exportación. Por otro lado, la relación con América Central, la Comunidad del Caribe y otros países de Latinoamérica se ha reforzado desde 1997 (Tabla 2.2.7.).

Tabla 2.2.7. Las exportaciones FOB de los Países Principales

Unidades: Millones de US$

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Total de Exportaciones	4205,5	5525,6	6662,4	5849,7	5021,4	5263,5	6102,2	6301,6
América Central	410,9	479,4	531,9	557,5	558,9	524	575,4	662,1
Guatemala	135,2	156,9	160,9	168,7	175,7	169,8	181,7	196,5
El Salvador	99,1	101,6	105,1	118,7	131,4	111	124,8	143,3
Honduras	66,3	82,5	92,5	97,4	99,4	99,4	105	128,6
Nicaragua	110,3	138,4	173,4	172,7	152,2	143,8	163,9	193,7
Norte América	1121,6	1187,5	1021	926,3	820,8	842,7	892,8	930,8
Canadá	66,8	78,2	29,7	21,2	22,1	25	26,7	25,1
Estados Unidos	991,8	1054	927,3	845,4	757,4	756	824	852,5
México	62,9	55,2	63,9	59,7	41,3	61,7	42	53,2
Comunidad Caribeña	30	36,6	31,2	42,1	50,4	48,6	55,7	56,6
Barbados	1,3	1,6	1,9	2,6	2,5	2,4	2,4	2,6
Belice	1,5	2,7	1,5	1,9	2,1	2,1	2,5	2
Guyana	0,4	0,9	0,6	1,5	1,2	0,8	0,7	1,1
Trinidad y Tobago	3,2	3,6	3,6	3,1	4,3	4,7	6,3	7,4
Otros	23,5	27,8	23,6	32,9	40,3	38,6	43,8	43,6
Otros en Latinoamérica	277	340,6	288,6	272,2	280	272,2	274,6	322,5
Panamá	78,9	91,2	105,6	105,7	117	109,5	121,1	135,5
Colombia	28,9	32,3	14,4	15,5	13,2	15,5	15,3	20,3
Venezuela	17,9	20,9	13,6	20,3	20,8	15,8	156,6	25,1
Brasil	3,3	3,4	2,5	1,7	4,4	12,1	7,4	6,3
Argentina	8,7	5,7	1,1	1,4	1,3	0,2	0,4	0,7
Chile	26	19,3	15,2	3,2	3,5	2,8	2,7	4,7
Ecuador	9,1	9,9	8,4	9,9	10,5	9,2	8,2	11,7
Perú	14,3	15,3	10	7,6	7,2	5,7	8,9	8,4
Bolivia	0,9	0,6	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Uruguay	1,4	2,1	1,4	0,7	1,4	0,6	0,7	0,5
Paraguay	0,2	0,7	0	0	0,1	0	0	0
El resto de Latinoamérica	87,5	139	116,2	106,1	100,5	100,7	94,1	109
Europa	885,5	962,8	740,8	629,3	550,4	547,9	608,6	643
Asia	111,3	82,6	39,3	50,2	39,1	35,6	51,8	52,6
Oceanía	4,6	3,9	2,6	2,6	1,2	1,2	1,8	2,3
África	12,1	8,4	8,2	8,2	3,3	3,8	3,7	8,3
Otros Paises	34	43,1	13,8	6,1	3,7	2,7	2,7	2,2
Productos ensamblados	427,2	444,5	396,1	398,9	366,4	354,1	331,7	373,3
Zonas de Libre Comercio	891,3	1936,2	3588,8	2956,3	2347,4	2630,6	3303,3	3247,8

Fuente: Banco Central de Costa Rica HP, Instituto Nacional Instituto de Estadística y Censo (INEC)

2.2.4 Motorización

En armonía con el aumento del PIB, la inscripción de los vehículos se ha incrementado continuamente y era de 228 vehículos/1000 personas en 2004 (Figura 2.2.9., Tabla 2.2.8.).

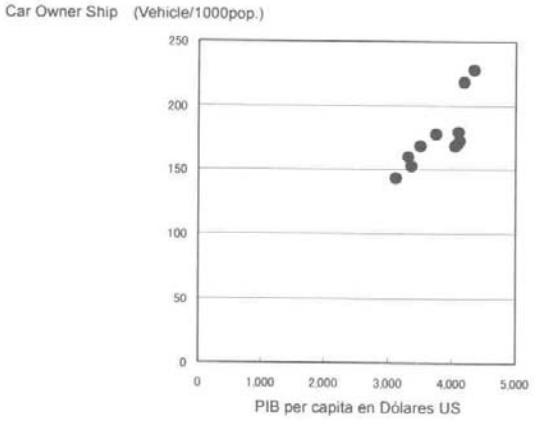


Figura 2.2.10. Relación Entre la Propiedad del Auto y el PIB per Capita

Tabla 2.2.8. Inscripción Vehicular en 1994-2004

Año	Reg. No. de Vehículos	Población	PIB per capita en US$	Vehículo/1000pob
1994	439.235	3.070.918	3.131	143
1995	477.778	3.136.020	3.378	152
1996	511.670	3.202.440	3.322	160
1997	551.750	3.270.700	3.509	169
1998	594.148	3.340.909	3.764	178
1999	612.300	3.412.613	4.116	179
2000	641.302	3.810.187	4.062	168
2001	664.563	1.906.742	4.095	170
2002	689.763	3.997.883	4.117	173
2003	894.501	4.088.773	4.194	219
2004	952.295	4.178.755	4.353	228

Fuente: Anuario Estadístico del Sector Transporte 2002 (MOPT), Estado de la Nación 2004

2.3 Condición y Configuración de la Red Vial

Esta sección se describe la red de carreteras existente y el nivel de servicio según la condición de éstas en Costa Rica.

2.3.1 La Clasificación de las Carreteras

De acuerdo a la ley de carreteras No. 5.060 "Ley General de Caminos Públicos", las carreteras en Costa Rica se clasifican en Rutas Nacionales: "RED VIAL NACIONAL" y las Rutas Rurales: "RED VIAL CANTONAL", con diferentes formas de administración. Cada carretera se clasifica en tres categorías.

Las Rutas Nacionales forman una red como rutas nacionales de camiones de 7.775 km. de largo. Las Rutas Rurales tienen 29.498 km. de longitud. La red total de carreteras tiene 37.273 km. de largo, en noviembre de 2005.

El mantenimiento, la administración y la construcción de las Rutas Nacionales son realizados por CONAVI. El mantenimiento y la administración de las Rutas Rurales son realizados, de manera oficial, por la municipalidad de cada provincia, pero actualmente lo hace el MOPT, por el presupuesto y el número limitado de personal en las municipalidades. La tabla 2.3.1. muestra la clasificación según la ley y su longitud.

Tabla 2.3.1. Clasificación de las Carreteras y su Longitud

Ruta Nacional	7.475 km	Construida por el MOPT y Administrada por CONAVI
Clasificación	Definición, número de ruta, longitud	
Primaria	Las líneas principales de caminos para formar corredores, caracterizados por volúmenes de tránsito relativamente altos y con una proporción de viajes internacionales, ya sea dentro de las provincias o de largas distancias. Rutas de la 1 a la 99 — 1.948 km.	
Secundaria	Las rutas que conectan las carreteras importantes del país, que no constan de autopistas primarias, como el caso de otros centros de población, producción o turismo que son generados por viajes internos o entre las regiones. Rutas de la 100 a la 299 — 2.736 km.	
Terciaria	Rutas que sirven como conectores de tráfico entre las autopistas primarias y secundarias y que constituyen la principal carretera para los viajes entre las regiones o entre los distritos importantes. Rutas de la 300 a la 935 — 2.791 km.	
Carretera rural	24.798 km.	Construida y administrada por el MOPT
Clasificación	Definición	
Caminos vecinales	Las carreteras públicas que brindan entrada directa a la propiedad privada y a otras actividades económicas de la zona rural, unen los asentamientos y los pueblos con la red nacional de carreteras y se caracterizan por tener volúmenes bajos de tráfico y una alta proporción de viajes locales de corta distancia.	
Calles locales	Las carreteras que se ubican dentro los cuadrantes de áreas rurales, y que no se clasifican como viajes urbanos de la Red Nacional de Carreteras.	
Caminos no clasificados	No clasificados como carreteras dentro de las categorías descritas anteriormente, tales como caminos de caballos, los senderos y los caminos, que dan paso solo a unos cuantos usuarios, los cuales serán los responsables de los costos de mantenimiento y mejoras.	
Total	37.273 km.	

Fuente: Definición: No. 5.060 del 22-8-1972. Ley general de caminos públicos Revisado en No.6676 del 12 de enero de 1979
Fuente: Longitud: calculada por "Los datos del inventario de noviembre de 2005", MOPT

La sección de planificación del MOPT tiene los datos GIS para la red de carreteras así como sus propios datos, los cuales se han establecido por el programa ARC-GIS. Los datos GIS se digitaron utilizando el mapa geográfico a una escala de 1:50.000, con gran parte de la red de carreteras definida y con un poco de la información sobre la condición del pavimento la cual ya está archivada.

En cuanto a los puentes, el MOPT los está introduciendo dentro del ARC-GIS. Sin embargo, gran parte de los datos sobre la ubicación difieren con su localización actual. En consecuencia, la ubicación de 1.300 puentes se está revisando uno por uno. La ubicación de la medición de volumen de tráfico que se describen en el siguiente capítulo también están en la misma situación y, por ello, bajo actualización.

De acuerdo a la categoría de Rutas Nacionales, los 29 puentes en estudio están en la carretera "Primaria" excepto el número 29 en la ruta 218.

La figura 2.3.1. muestra la red pintada con tres colores según la categoría y la clasificación de las carreteras de Costa Rica. La figura 2.3.2. muestra el Área Metropolitana. Las figuras de la 2.3.3 a la 2.3.9 presentan la red en cada provincia, en detalle.

Para el estándar de diseño de carreteras del Departamento de Diseño de Vías del MOPT, los ingenieros usan un híbrido entre los siguientes patrones y elementos de criterio para el diseño geométrico:

- Una Política del Diseño Geométrico de Autopistas y Carreteras (1994) ASSHTO, EEUU.
- Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras (1995) SOP (Secretaría de Públicos) México
- Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (2004) SIECA

En la actualidad, estas tres especificaciones se complementan para lograr un diseño específico para las Rutas Nacionales y Rurales.

Es importante decir que para el PPP (Plan Puebla Panamá) es necesario utilizar las especificaciones de SIECA.

En este momento, se está trabajando en la elaboración de un Manual Nacional para las Rutas Cantonales.

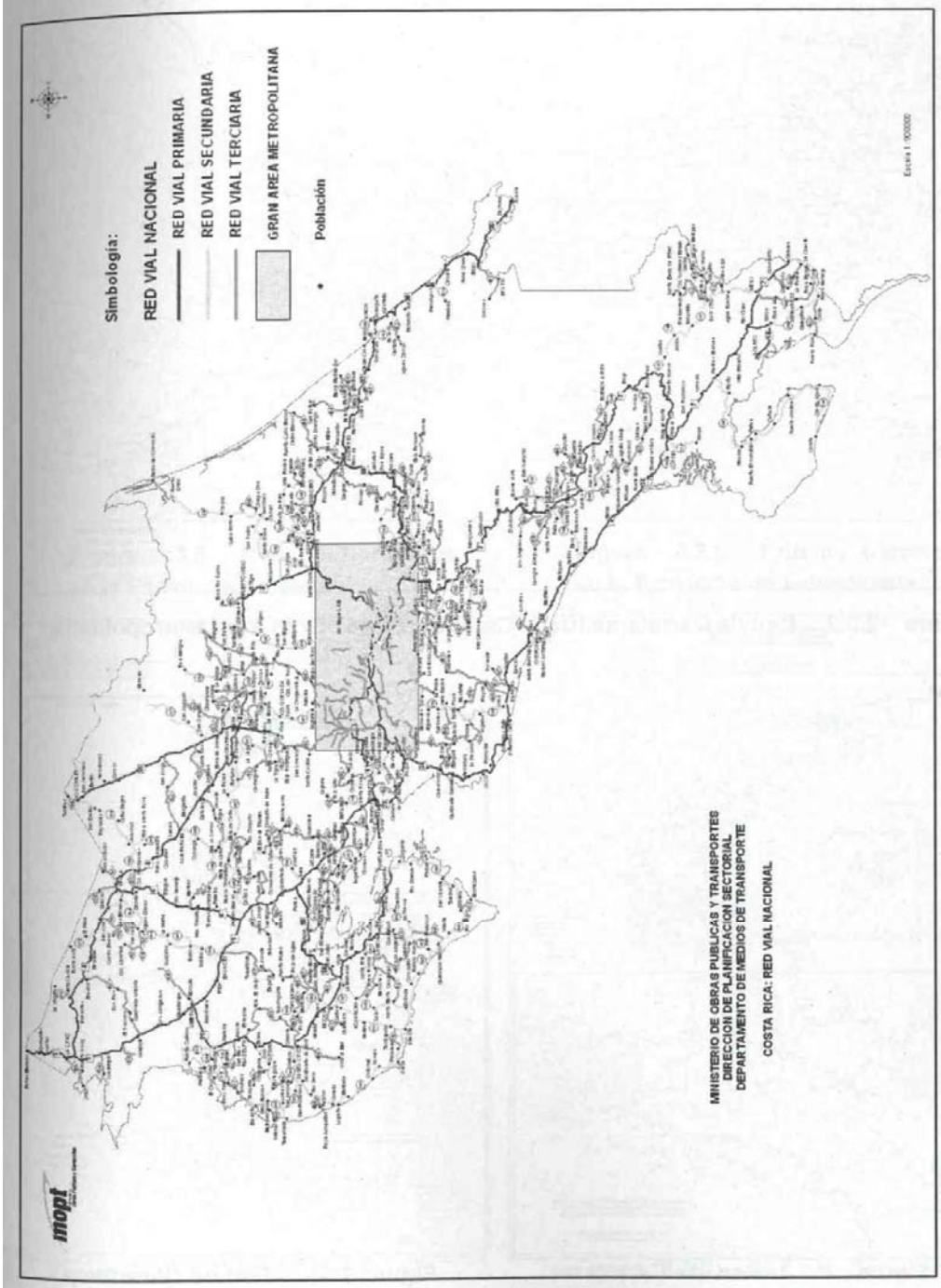


Figura 2.3.1. Red de Carreteras (Por Categoría) en Costa Rica

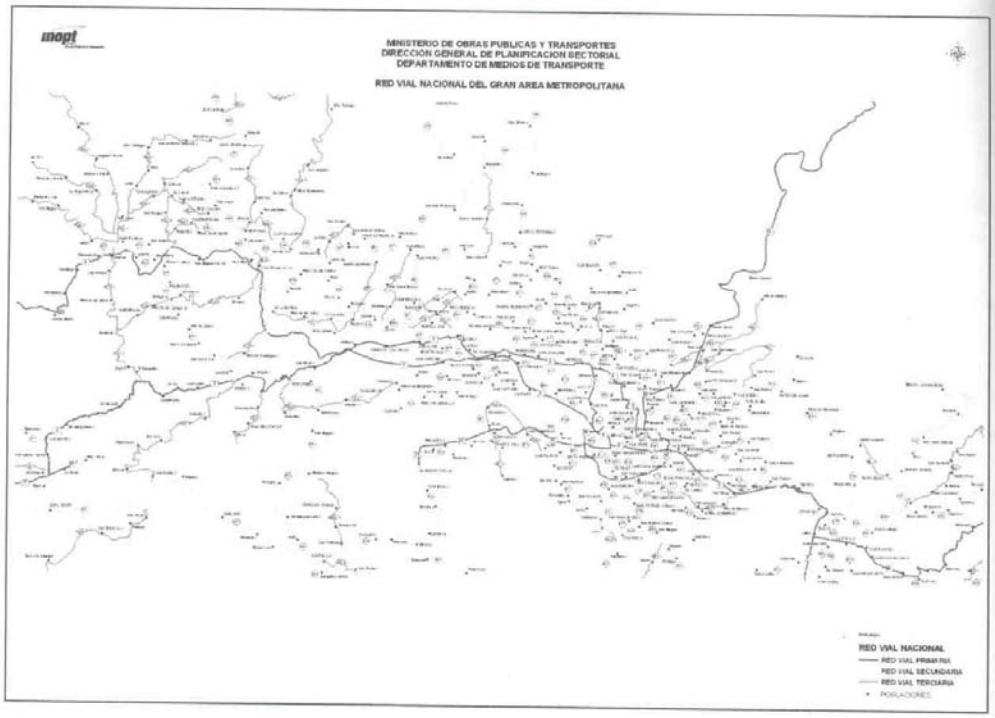


Figura 2.3.2. Red de Carreteras (Cada Categoría) en la Gran Área Metropolitana

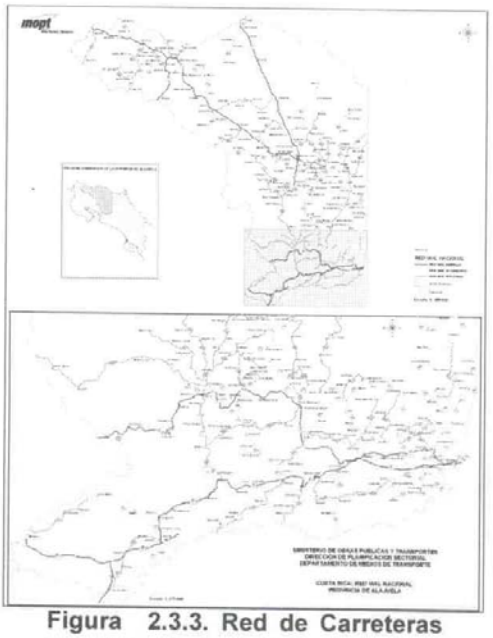


Figura 2.3.3. Red de Carreteras en la Provincia de San José

Figura 2.3.4. Red de Carreteras en la Provincia de Cartago

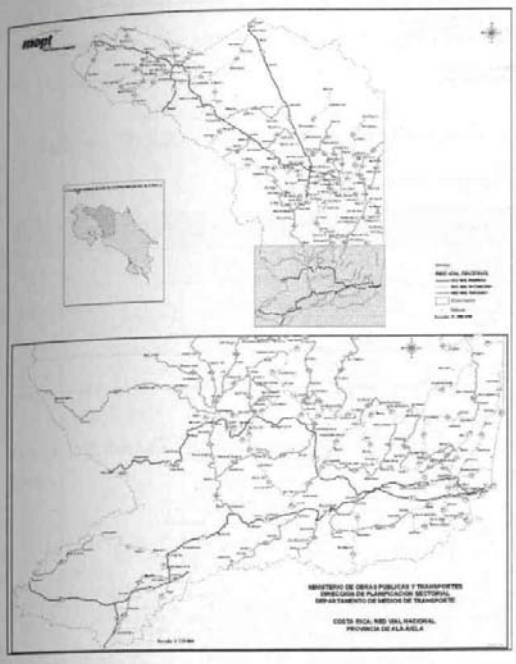


Figura 2.3.5. Red de Carreteras en la Provincia de Alajuela

Figura 2.3.6. Red de Carreteras en la Provincia de Guanacaste

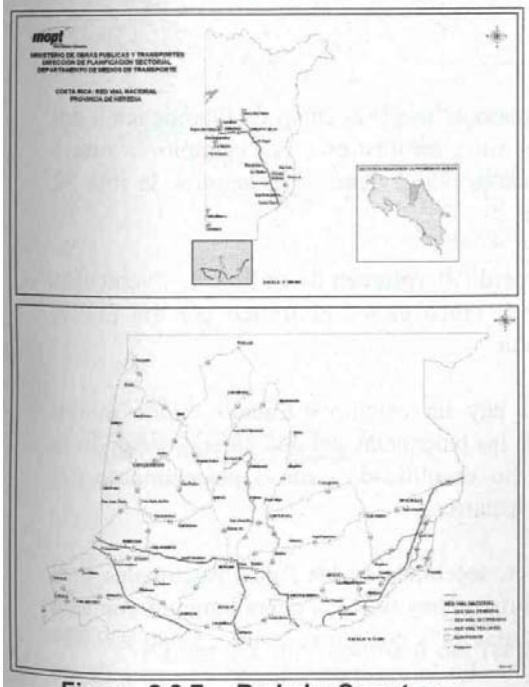


Figura 2.3.7. Red de Carreteras en la Provincia de Heredia

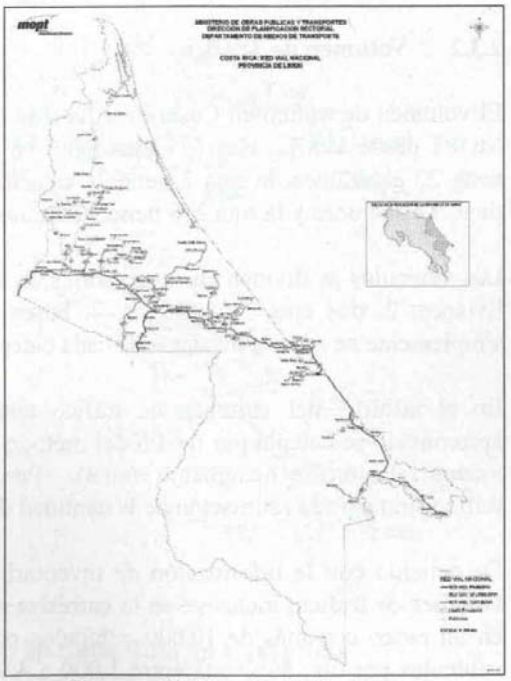


Figura 2.3.8. Red de Carreteras en la Provincia de Limón

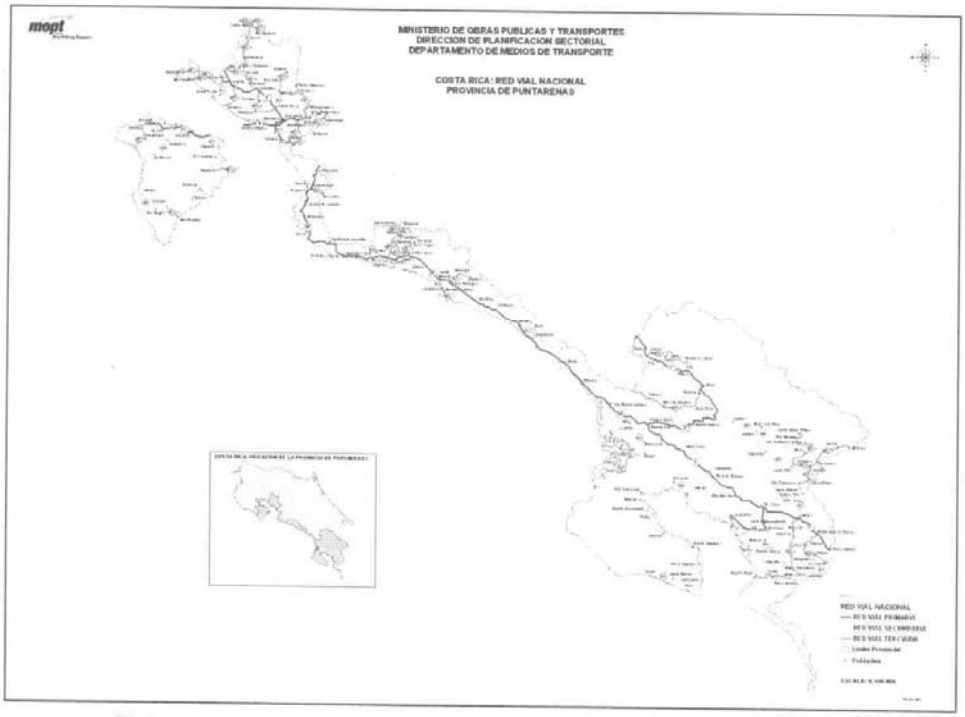


Figura 2.3.9. Red de Carreteras en la Provincia de Puntarenas

2.3.2 Volumen de Tráfico

El volumen de tráfico en Costa Rica ha sido registrado por la Sección de Planificación del MOPT desde 1987. Hay 533 estaciones en las rutas nacionales. Por ejemplo, la ruta 1 tiene 22 estaciones, la ruta 2 tiene 21 estaciones, la ruta 4 tiene 15 estaciones, la ruta 32 tiene 9 estaciones y la ruta 218 tiene 9 estaciones.

Los vehículos se dividen en 5 categorías de acuerdo al volumen de tráfico: 1. vehículos livianos; 2. dos ejes; 3. tres ejes; 4. buses y 5. cinco ejes. El tráfico por día (TPD) simplemente se suma a los datos de cada categoría.

En el informe del volumen de tráfico anual hay un cálculo estimado. Este monto aproximado se calcula por medio del método de las tendencias del año anterior (usando la misma relación de incremento anual). Pero, no es utilizado para el planeamiento del tráfico sino para la estimación de la cantidad de usuarios.

De acuerdo con la información de inventario en secciones de las Rutas Nacionales y el volumen de tráfico, inclusive en la carretera primaria, hay un 13% de su longitud que está en un rango con más de 10.000 vehículos por día, 21% constituye entre 5.000 a 9.999 vehículos por día, 56% está entre 1.000 a 4.999. En la segunda categoría, cerca de un 85% de su longitud está dentro del rango de menos de 5.000 vehículos por día y la tercera categoría cuenta con un 42% de su longitud en un rango de menos de 500 vehículos por día.

La tabla 2.3.2 muestra el porcentaje del rango del volumen de tráfico para cada categoría de las Rutas Nacionales y el esquema del volumen del tráfico de cada carretera de Costa Rica se muestra en la figura 2.3.10.

Tabla 2.3.2. Volumen de Tráfico para Cada Categoría de las Rutas Nacionales

Unidad de porcentaje compartido de cada categoría del tráfico de volumen (vehículo por día)

Class	more than 10,000	5,000-9,999	1,000-4,999	500-999	less than 500	no data	Total	km
Primary	**13%**	**21%**	**56%**	7%	2%	1%	100%	1,948
Secondary	8%	6%	**37%**	**13%**	**34%**	1%	100%	2,735
Tertiary	0%	1%	11%	12%	**76%**	0%	100%	2,791
Total	6%	8%	32%	11%	42%	1%	100%	7,475

Fuente: Información de la condición de las Rutas Nacionales en noviembre de 2005, Sección de Planificación del M OPT

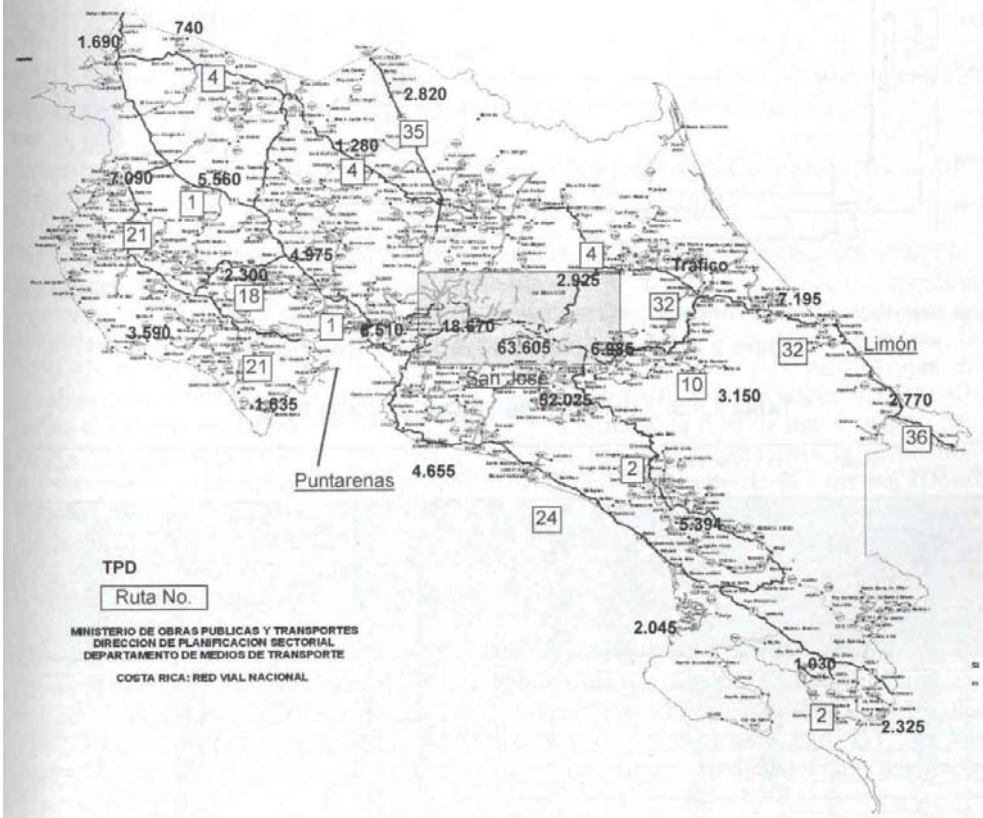


Figura 2.3.10. Volumen del Tráfico en Cada Ruta en Costa Rica

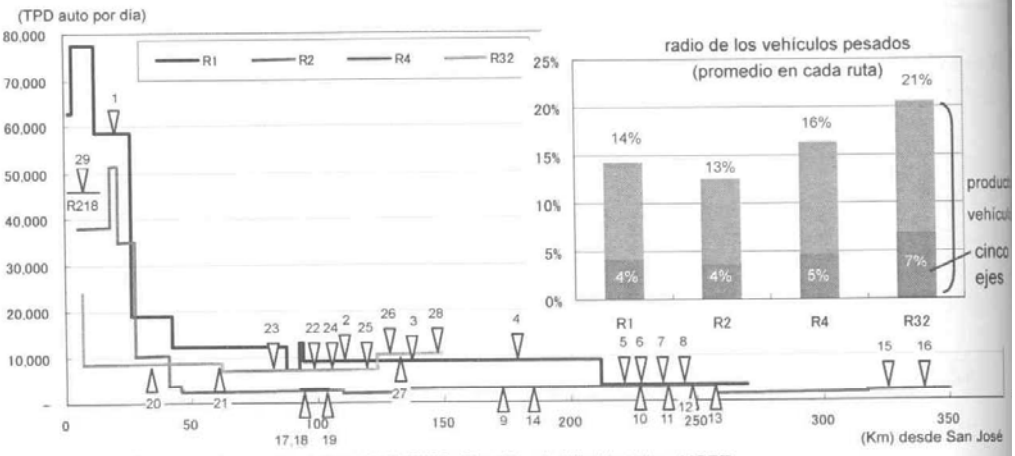
Además, las rutas 1, 2, 4, 32 y 218, donde se localizan los 29 puentes, tiene las siguientes características de volumen de tráfico:

El volumen del tráfico de más de 50km de distancia de San José es:

- Ruta 1: 13.000 TPD
- Ruta 2: 5.000 TPD
- Ruta 32: 10.000 TPD

- La ruta 32 tiene más vehículos pesados que cualquier otra ruta. La causa parece ser los productos transportados al Puerto de Limón para su exportación e importación.
- El estudio de los 29 puentes se localiza en la carretera que tiene cerca de 5.000 o 10.000 TPD excepto la No.1 (60.000 TPD) y la No.29 (45.000 TPD).

Los cambios de volumen de tráfico de cada carretera se muestran en la figura 2.3.11. y la Tabla 2.3.3.



Fuente: Información del volumen de tráfico 2002-2003, Sección de Planificación, MOPT

Figura 2.3.11. Volumen de Tráfico en Cada Ruta

Tabla 2.3.3. Volumen de Tráfico en Cada Ruta

Route	Station	Survey 12/24Hr.	Kp	Vehiculos Livianos	Dos Ejes	Tres Ejes	Buses	Cinco Ejes	Total	(24Hr./12Hr.)	TPD	Ratio of Heavy Vehicle	Ratio of Cinco Ejes
1	101	24	1.5	57,397	1,346	1,035	2,387	597	62,762	1.29	62,762	9%	1.0%
1	106	12	3.0	52,145	1,247	828	2,118	1,284	57,622		77,552	10%	2.2%
1	EP15	24	12.0	54,123	1,158	657	1,507	1,031	58,476	1.30	58,476	7%	1.8%
1	122	12	26.4	12,119	382	218	738	647	14,104		18,982	14%	4.6%
1	157	12	42.5	7,525	327	325	457	375	9,009		12,125	16%	4.2%
1	513	24	87.5	5,448	334	246	596	594	7,218	1.45	7,218	25%	8.2%
1	512	12	92.4	8,279	336	180	517	401	9,723		13,086	15%	4.1%
1	506	12	94.0	5,996	218	119	245	129	6,707		9,027	11%	1.9%
1	501	12	212.0	2,255	60	38	141	162	2,656		3,575	15%	6.1%
1	755	12	270.0	1,402	57	52	141	128	1,780		2,396	21%	7.2%
2	EP10	24	5.0	34,972	830	494	1,032	689	38,017	1.41	38,017	8%	1.8%
2	568	12	17.8	32,870	953	611	1,402	888	36,724		51,441	10%	2.4%
2	165	12	20.9	23,058	544	285	574	479	24,940		34,934	8%	1.9%
2	166	12	27.6	6,748	180	94	192	99	7,313		10,244	8%	1.4%
2	EP07	24	40.7	3,174	136	78	166	204	3,758	1.39	3,758	16%	5.4%
2	572	12	45.5	1,842	78	39	111	96	2,166		3,034	15%	4.4%
2	682	12	46.0	1,565	78	62	93	76	1,874		2,625	16%	4.1%
2	741	12	110.0	1,165	64	47	97	95	1,468		2,056	21%	6.5%
2	709	12	135.0	1,922	90	50	104	86	2,252		3,154	15%	3.8%
2	223	12	257.0	1,039	36	26	48	68	1,217		1,705	15%	5.6%
2	711	12	317.0	1,457	48	20	52	65	1,642		2,300	11%	4.0%
2	EP04	12	350.0	264	11	4	1	10	290		406	9%	3.4%
4	158	12	31.0	1,830	75	38	81	76	2,100		2,940	13%	3.6%
4	182	12	37.0	1,671	144	64	83	119	2,081		2,913	20%	5.7%
32	174	12	6.7	15,428	322	217	660	561	17,188		24,063	10%	3.3%
32	328	12	62.0	4,812	251	145	472	522	6,202		8,683	22%	8.4%
32	247	12	123.0	3,795	308	208	376	391	5,078		7,109	25%	7.7%
32	248	12	149.0	5,711	337	226	662	625	7,561		10,585	24%	8.3%

Fuente: Sección de Planificación, MOPT

En cuanto a la descripción de la Ruta 32, el porcentaje de los vehículos pesados es mayor que en otras rutas. La tabla 2.3.3. muestra las estadísticas de la cantidad de comercio en cada puerto en Costa Rica en 2.002 donde Limón, ubicado al final de la ruta 32 desde San José, es el más importante del país.

Tabla 2.3.4. Toneladas de Productos Distribuidas al Puerto

Unidad: Toneladas en 2002

	Caldera	P. Morales	Puntarenas	Limón y Moin	Total
Exportaciones	200.723	201.118	2.510	3.298,387	3.702,738
Importaciones	2.105,481	34.203	70.927	3.857,165	6.067,776
Total	2.306,204	235.321	73.437	7.155,552	9.770,514

Fuente: Anuario Estadístico del Sector Transporte 2.002, MOPT

Otro proyecto relacionado con el tráfico, como "El estudio de la carga del eje", también es dirigido por el MOPT.

2.3.3 Mantenimiento de Vías

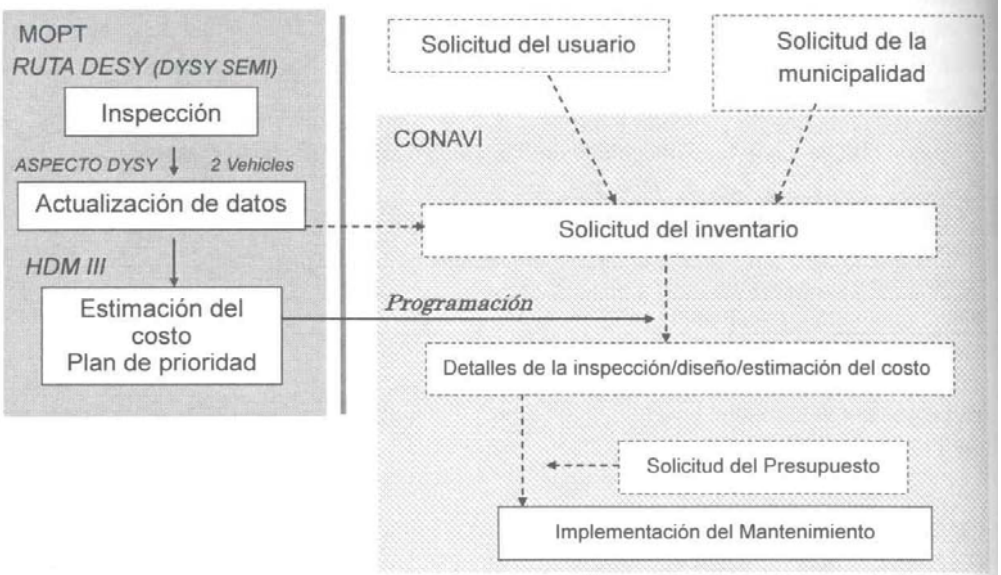
Esta sección se define como el mantenimiento de las carreteras, especialmente el mantenimiento y la rehabilitación de las carreteras pavimentada en Costa Rica.

En primer lugar, debe recalcarse que hay sistema diferente de mantenimiento entre la Ruta Nacional y la rural.

En cuanto a la Ruta Nacional, CONAVI está a cargo de definir el presupuesto y tomar las decisiones en el mantenimiento y la rehabilitación de las carreteras. La inspección primaria, la actualización de la información en la base de datos del inventario y el plan de prioridad para el manteniendo están a cargo del MOPT. El MOPT presenta la "PROGRAMACIÓN" a CONAVI cada año con la lista del programa para el plan de rehabilitación, incluyendo el costo estimado por el HDM-III. Para conocer el HDM-III, existe el sistema de inspección "RUTA DESY" y el sistema de base de datos "ASPECTO DESY" el cual está en uso. La RUTA DESY es una herramienta para la inspección automática de la condición del pavimento y los demás elementos de la carretera (Nota: habían remolques en el MOPT, pero no estaban en uso por problemas con el sistema. Ahora DESYSEMI se utiliza en lugar de la RUTA DESY como manual de inspección en el sistema de actualización de datos) y es financiado por el gobierno francés. El HDM-III es un sistema internacional presentado y puesto en vigor por IMF.

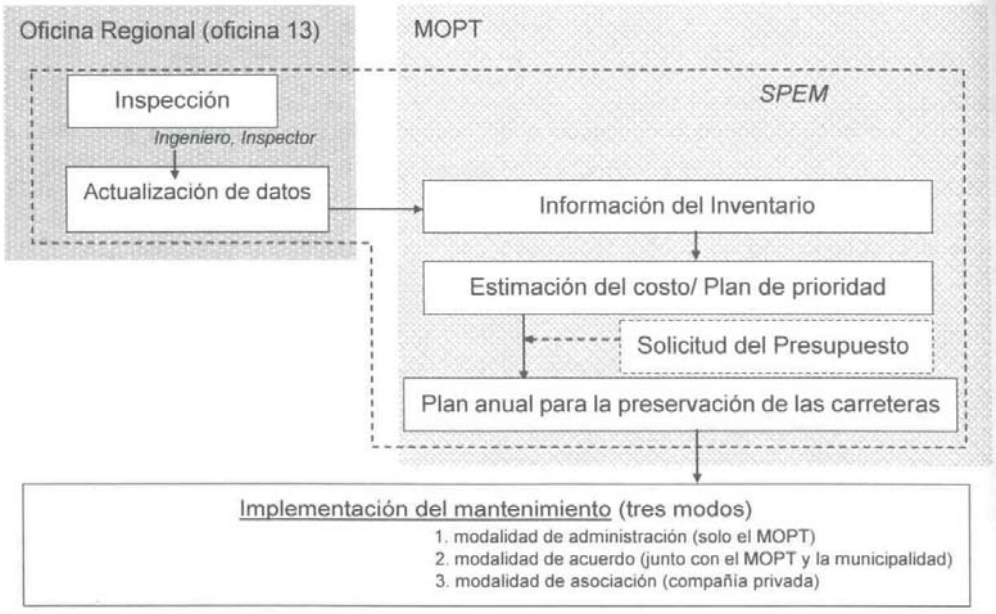
En cuanto a las rutas rurales, el MOPT y la municipalidad están a cargo de manejar el presupuesto y dirigir el mantenimiento y la rehabilitación. El sistema para la administración del pavimento se llama "SPEM: Sistema de Programación y Ejecución del Mantenimiento Vial", establecido por los ingenieros del MOPT, a su vez patrocinados por GTZ en los años 1990. Sin embargo, todavía hay carreteras cuyas condiciones no han sido inspeccionadas aún.

La figura 2.3.12 muestra el esquema de las etapas del sistema de mantenimiento de pavimento de las "Rutas Nacionales" y la figura 2.3.13 muestra el esquema de las etapas para la "Rutas Rurales". Ambos sistemas consideran en los puentes únicamente la condición del pavimento.



Fuente: Sección de Planificación (MOPT), Departamento de Planificación y Control (CONAVI)

Figura 2.3.12. Esquema de las Etapas del Mantenimiento de las Rutas Nacionales



Fuente: Sección de Planificación (MOPT)

Figura 2.3.13. Esquema de las Etapas del Mantenimiento de la Carretera Rural

La Tabla 2.3.5. muestra el recurso humano para planificación e inspección del planeamiento de rehabilitación del pavimento de las carreteras del MOPT.

Tabla 2.3.5. El Recurso Humano en el Plan de Rehabilitación del Pavimento de las Carreteras en el MOPT

		MOPT		Oficina local: oficina 13 (en cada oficina local)
		Departamento administrativo	Departamento de transporte	
Inspector	Ingenieros	-	-	2
	Personal profesional	-	2	-
	Personal técnico	4	1	cerca de 3
Programador	Ingenieros	-	-	-
	Personal profesional	-	6	-
	Personal técnico	1	4	-
Priorización	Ingenieros	-	4	-
	Personal profesional	-	4	-
	Personal técnico	2	-	-

Fuente: Sección de Planificación, MOPT

En el manual de inspección para las Rutas Nacionales la condición de la superficie de las calles se clasifica en tres categorías: "buena", "regular" y "mala". La figura 2.3.14. muestra la condición del pavimento de las Rutas Nacionales en estas tres categorías en noviembre de 2.005, con base a la información del inventario hecha por el MOPT. De acuerdo a esta información, las calles primarias de las Rutas Nacionales están en buenas condiciones en un 53% de su distancia total mientras que la calle terciaria lo está solo en un 17%.

Fuente: La información de la condición de las Rutas Nacionales en noviembre de 2.005, Sección de Planificación, MOPT

Figura 2.3.14. Condición del Pavimento de las Calles en las Rutas Nacionales

CAPÍTULO 3 CONDICIONES EXISTENTES DE LOS PUENTES Y EL ESTATUS DEL MANTENIMIENTO DE PUENTES

3.1. Lineamiento de Puentes en Costa Rica

La longitud total de la Red Vial en Costa Rica es aproximadamente 35.000 km. y algunas partes consisten en Rutas internacionales para camiones (La Carretera Interamericana). El transporte terrestre cuanta con una gran mayoría del transporte total en Centro América lo que se debe a que éste es más efectivo a nivel de costos que el transporte aéreo o marítimo. Así que el fortalecimiento y mejoramiento de la Red Vial es crucial para el desarrollo regional. Además, algunas Rutas de camiones no cuentan con Rutas alternas debido a las limitaciones topográficas. Por lo tanto, los impactos negativos sociales y económicos serían enormes no sólo parra Costa Rica pero también para todo Centroamérica si estos caminos no son mejorados con el mantenimiento adecuado.

Por otro lado, la mayoría de los puentes actuales en las carreteras Nacionales, que en total son 1330, sufren de un serio deterioro debido a la falta de trabajos de mantenimiento y rehabilitación. Aún más, los desastres naturales, tales como erupciones volcánicas y sismos, los que frecuentemente golpean al país al igual que sucede en Japón.

En Costa Rica las Rutas Nacionales se han clasificado en tres categorías:

- Clase 1: Ruta No 1 a la 100
- Clase 2: Ruta No. 101 a la 300
- Clase 3: Ruta No. 301 y las que le siguen.

El MOPT ha elaborado un Inventario de Puentes por cada Ruta y ubicación, longitud, ancho, nombre del río, volumen del tráfico y tipo de puente. Sin embargo, se han identificado por tipo solo "concreto" o "acero". Por lo tanto, no existe información acerca del tipo de puente y el número de tramos. De acuerdo a este inventario y a la información del MOPT, los lineamientos de puentes en Costa Rica se muestran a continuación:

- La mayoría de puentes son puentes de concreto
- En la Clase 1, la longitud máxima de caminos de puentes es de 790 m en la Ruta 18.
- La longitud de Puentes en los caminos de la Clase 1 van de 10 m a 200 m y la distribución de la distancia es más ancha que en otras clases.
- En la Clase 2, la mayor longitud de puentes es de 198 m en la Ruta 237.
- En la Clase 2 y la Clase 3, los puentes tienen una distancia menor a los 50 m.
- El ancho de los puentes varía de 5 m a 10 m y la mayoría son de más de 7 m.
- El ancho del Puente no es referente a la clase de Ruta.

La Tabla 3.1.1 muestra los lineamientos de los puentes en la Ruta del estudio y la Figura 3.1.2

muestra la distribución del ancho y la longitud de cada clase de camino en Costa Rica.

Tabla 3.1.1. Número de Puentes en la Ruta de Estudio

Ruta	Concreto	Acero	Madera	No Puente	Total (Puentes Estudiados)
1	67 (4)	15 (4)	0	0	82 (8)
2	69 (3)	8 (5)	0	0	77 (8)
4	45 (1)	5 (1)	0	1	51 (3)
32	57 (8)	1 (1)	0	0	57 (9)
218	3 (1)	1 (0)	0	0	4 (1)
Otros	843	134	72	10	1,059 (0)
Total	1,084 (17)	163 (12)	72	11	1,330 (29)

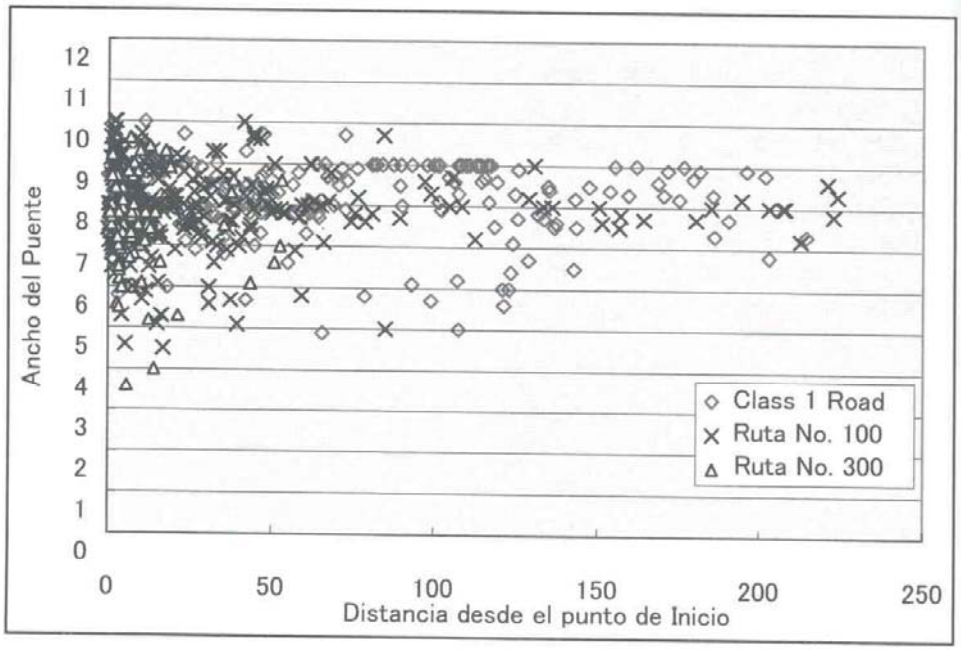


Figura 3.1.1. Distribución en el Ancho del Puente

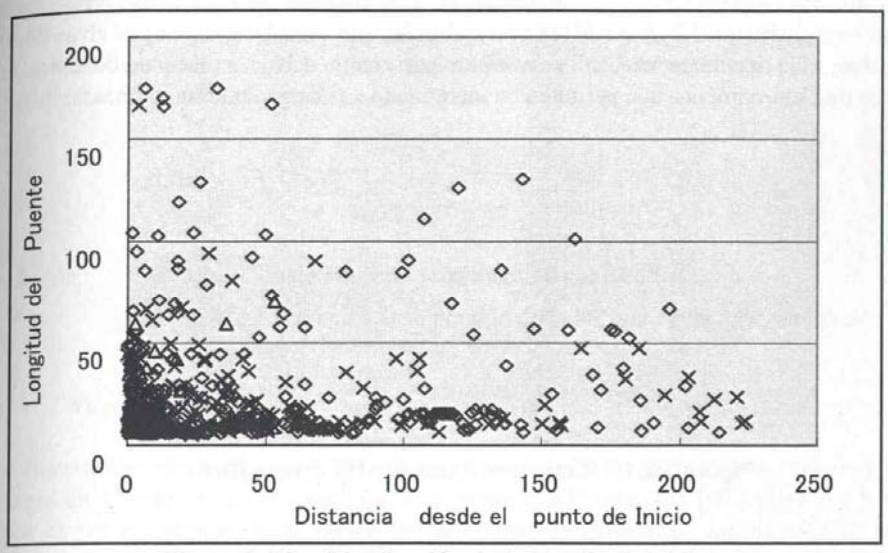


Figura 3.1.2. Distribución de la Longitud del Puente

3.2 Estándares de Diseño de Puentes

La Asociación Americana de Autopistas Estatales y Oficiales de Transporte (AASHTO) ha sido adoptado para el diseño estándar de puentes para los puentes de las carreteras nacionales en Costa Rica. El criterio de Diseño para puentes es el siguiente.

3.2.1 Carga de Diseño

1) Carga Muerta

Tabla 3.2.1. Carga Muerta

Material	Peso (kN/m^3)
Acero	77.00
Concreto Reforzado	23.54
Concreto Simple	23.00
Asfalto	18.64

2) Carga Viva

Línea Principal : HS20 y HS20+25%
Línea Local : HS15

Las cargas vivas en las Rutas de los puentes o estructuras incidentales deben consistir en camiones estándar o cargas de carriles que son equivalentes a una serie de camiones. Dos sistemas de carga son aplicados, las cargas H y las cargas HS – las cargas HS son más

pesadas que las correspondientes a las cargas H. Los criterios para las cargas vivas están dispuestos en el artículo 3.7 de AASHTO. Actualmente en Costa Rica, las cargas vivas de los puentes han sido incrementadas un veinticinco por ciento debido a un acuerdo entre los gobiernos de Centroamérica que permiten un incremento a la carga de los camiones.

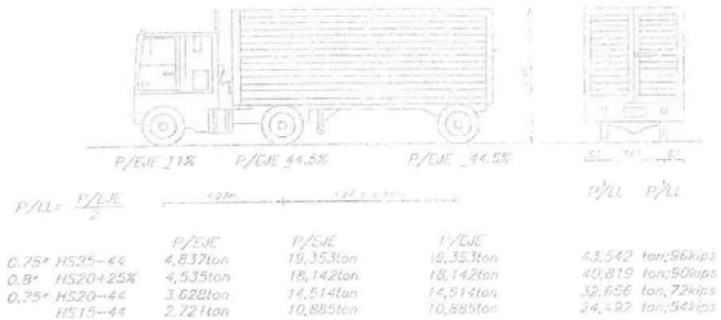


Figura 3.2.1. Camiones Estándar HS (Costa Rica)

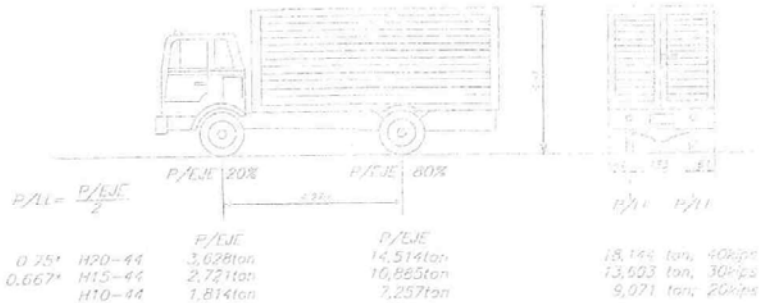


Figura 3.2.2. Camiones Estándar H (Costa Rica)

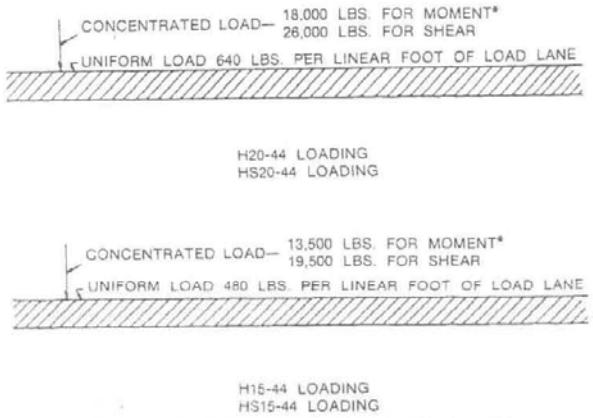


Figura 3.2.3. Carga Carril (AASHTO)

3) Impacto

La cantidad de impacto asignada es expresada como una fracción de la carga viva, y debe determinarse mediante la formula

$$I = \frac{50}{L + 125}$$

En donde, I = Fracción de impacto (máximo 30 por ciento);

L = Longitud en pies de la porción de la luz que es cargada para producir el máximo esfuerzo en el miembro

4) Viento

Los puentes son diseñados con el artículo 3.15 del AASHTO, las fuerzas y las cargas dadas de aquí en adelante son para una base de velocidad del viento de 100 millas por hora. La carga de viento consistirá de cargas en movimiento distribuidas uniformemente al área expuesta de la estructura. El área expuesta deberá ser la suma de las áreas de todos los miembros, incluyendo el sistema de pisos y carriles, como se ven en las elevaciones a 90 grados hacia el eje longitudinal de la estructura. Aún más, en Costa Rica, las Regulaciones del Código Urbano están disponibles para todo tipo de construcción excepto para puentes, líneas de transmisión y otros, ya que los conceptos estructurales de estas estructuras requieren de un análisis específico para considerar fuerzas de vibraciones elásticas del aire. El Código Urbano contempla cargas de viento para estructuras diseñadas en frente del mar o dentro de la ciudad.

5) Sismos

Costa Rica es un país muy sísmico, en el diseño de estructuras como edificios, puentes y otras estructuras las cargas sísmicas son muy importantes. Así que se cuentan con un Código Sísmico que brinda las regulaciones, recomendaciones y las prácticas constructivas para diseñar buenas edificaciones sísmicas, pero este Código Sísmico es sólo para edificios y no para puentes.

Las Especificaciones Estándar de la Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales de Transporte - American Association of State Highway and Transportation Officials- (AASHTO) han aplicado al diseño sísmico de puentes. Para aplicar las fórmulas en el diseño sísmico en puentes de AASHTO se necesita hacer algunas conversiones de las fuerzas sísmicas. Para obtener el coeficiente de aceleración sísmico (A) el AASHTO utiliza mapas con curvas de aceleración elástica, en el caso de Costa Rica tenemos una tabla con los valores máximos de aceleración efectiva para cada zona en específico, la cual es encontrada en la Tabla 2.2 del Código Sísmico de Costa Rica, la cual esta dividida por los valores de γ en la Tabla 3.22.1A del AASHTO y a demás, el coeficiente de aceleración sísmico usado en el AASHTO se obtiene para el Factor de Carga de Diseño.

6) Colisión

La Carga de Colisión no ha sido considerada. Las barandas solamente han sido diseñadas con el propósito primordial de contener el vehiculo promedio usando la estructura, así que la colisión queda ya considerada.

7) Efectos Térmica

Normalmente Costa Rica no tiene cambios extremos de temperatura, pero las condiciones de diseño típicas se han considerado en las aceras con juntas de construcción y en las superestructuras con juntas de expansión. En el caso de estructuras muy importantes se requiere de estudios especiales para considerar las condiciones térmicas.

8) Cargas Combinadas

Las formulas de la Tabla 3.22.1A de las Especificaciones Estándar para Puentes de Autopistas de AASHTO han sido aplicadas.

Tabla 3.2.2. Tabla de Coeficientes γ y β (AASHTO: Tabla 3.22.1A)

COL. No.		1	2	3	3A	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Grupo		?	Factores ß														
			D	$(L+I)_n$	$(L+I)_p$	CF	E	B	SF	W	WL	LF	R+S+T	EQ	ICE	%	
Diseño por Cargas de Servicio	I	1,0	1	1	0	1	$ß_E$	1	1	0	0	0	0	0	0	100	
	IA	1,0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	
	IB	1,0	1	0	1	1	$ß_E$	1	1	0	0	0	0	0	0	**	
	II	1,0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	125	
	III	1,0	1	1	0	1	$ß_E$	1	1	0,3	1	1	0	0	0	125	
	IV	1,0	1	1	0	1	$ß_E$	1	1	0	0	0	1	0	0	125	
	V	1,0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	140	
	VI	1,0	1	1	0	1	$ß_E$	1	1	0,3	1	1	1	0	0	140	
	VII	1,0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	133	
	VIII	1,0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	140	
	IX	1,0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	150	
	X	1,0	1	1	0	0	$ß_E$	0	0	0	0	0	0	0	0	100	Alcantarilla
Diseño por Factor de Carga	I	1,3	$ß_D$	1,67*	0	1,0	$ß_E$	1	1	0	0	0	0	0	0	No se Aplica	
	IA	1,3	$ß_D$	2,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	IB	1,3	$ß_D$	0	1	1,0	$ß_E$	1	1	0	0	0	0	0	0		
	II	1,3	$ß_D$	0	0	0	$ß_E$	1	1	1	0	0	0	0	0		
	III	1,3	$ß_D$	1	0	1	$ß_E$	1	1	0,3	1	1	0	0	0		
	IV	1,3	$ß_D$	1	0	1	$ß_E$	1	1	0	0	0	1	0	0		
	V	1,25	$ß_D$	0	0	0	$ß_E$	1	1	1	0	0	1	0	0		
	VI	1,25	$ß_D$	1	0	1	$ß_E$	1	1	0,3	1	1	1	0	0		
	VII	1,3	$ß_D$	0	0	0	$ß_E$	1	1	0	0	0	0	1	0		
	VIII	1,3	$ß_D$	1	0	1	$ß_E$	1	1	0	0	0	0	0	1		
	IX	1,20	$ß_D$	0	0	0	$ß_E$	1	1	1	0	0	0	0	1		
	X	1,30	1	1,67	0	0	$ß_E$	0	0	0	0	0	0	0	0		Alcantarilla

(L+I)n Caga Viva mas Impacto para cargas AASHTO H o HS en Autopistas
(L+I)p Carga Viva mas Impacto concecuente con el criteno de sobrecarga de la agencia de operación

3.2.2 Otras Condiciones

1) Ancho

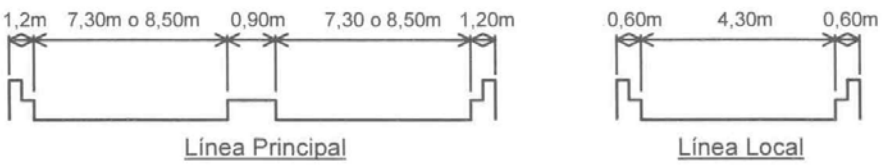


Figura 3.2.4. Ancho de Camino

2) Claro de Estructura

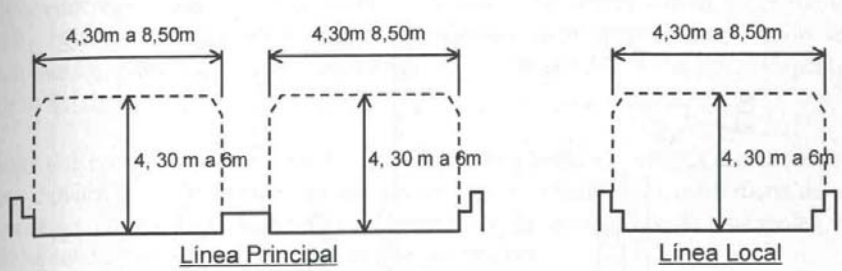


Figura 3.2.5. Claro de Estructura

3) Claro debajo de cubierta

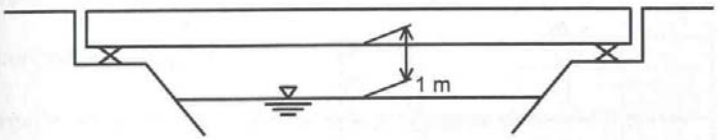


Figura 3.2.6. Claro Debajo de Cubierta

4) Material

(1) Acero

Tabla 3.2.3. Estándar de Acero

Designación	M270 Grado 36 (lb/in^2)	M270 Grado 50 (lb/in^2)
Fuerza Tensora Mínima, Fu	58,000	65,000
Punto de Fluencia Mínimo, Fy	36,000	50,000

(2) Concreto

Tabla 3.2.4. Estándar de Concreto

C:A:P	fc (kg/cm^2)	Cemento (kg)	Arena (m^3)	Piedra (m^3)	A/C	Agua (L)
1:3:6	105	219.0	0.486	0.972	0.83	20.4
1:2.5:5	140	255.0	0.472	0.944	0.80	19.6
1:2:4	175	306.0	0.456	0.912	0.71	17.0
1:1.5:3	210	382.5	0.427	0.854	0.65	15.7
1:1:2	245	510.0	0.378	0.756	0.58	14.0

Nota, C: Cemento, A: Arena, P: Piedra

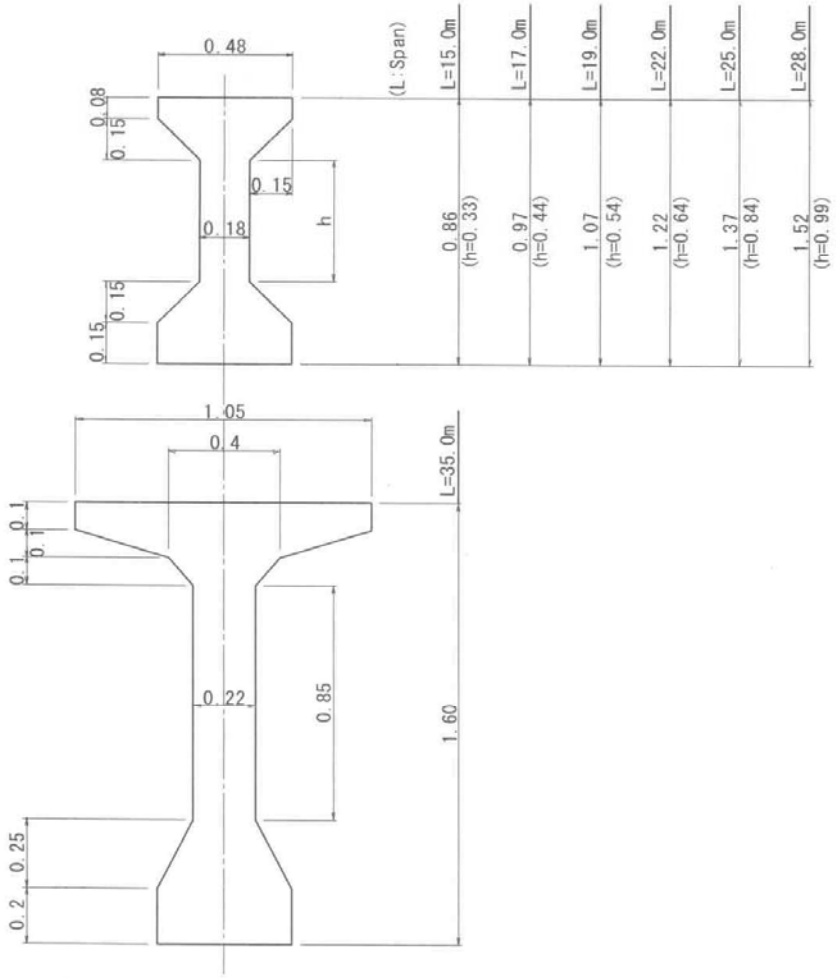


Figura 3.2.7. Vigas Estándar PCI de Puentes (Costa Rica)

(3) Otros

El Departamento de Diseño de Puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) tiene al menos cincuenta años de existencia, fue fundado con el apoyo de la Asociación Americana de Oficiales de Autopistas Estatales. Hoy día, la mayoría de prácticas de Diseño han sido conservadas y seguidas, actualmente los diseños de puentes son basados en las especificaciones de la asociación, por ejemplo, el manual actual de diseño son las Especificaciones Estándar de los Puentes de Carreteras según la Décima Sétima Edición-2002.

Dentro de las prácticas de Diseño es común tener planos estándar disponibles para

superestructuras de diferentes tramos y tipos, por ejemplo superestructuras como cerchas, vigas de concreto, vigas tipo I de acero. El mismo caso ocurre con la subestructura para estándares ejemplo para bastiones masivos y aletones están disponibles. Cuando se tienen condiciones especiales, estos planos deben de ser cambiados con los cálculos respectivos del ingeniero del diseño.

Aún más del proceso típico de análisis y diseño estructural, su práctica común es hacer un proceso exhaustivo de revisiones de los planos finales de proyectos específicos de puentes. Este proceso consiste en la revisión del diseño y de cantidades de materiales entre el ingeniero del diseño y el ingeniero encargado de revisión.

La consultoría a otras instituciones de la República de Costa Rica es parte de su trabajo, esta consulta consiste en revisiones y diseño de planos de construcción e inspecciones de puentes en todo el país.

3.3 Mantenimiento de Puentes

3.3.1 Organización para la Construcción y Mantenimiento de Puentes

El MOPT está a cargo de formular las políticas básicas y ejecutar la construcción y el mantenimiento de la Red Vial Nacional al mismo tiempo que puentes a través del CONAVI o de su Consejo Nacional de Concesiones (CNC). CONAVI está a cargo del mejoramiento y mantenimiento de la Red Vial Nacional existente que incluye puentes, mientras que el CNC promueve los planes para nuevas concesiones para autopistas y puentes. Además, la construcción y mantenimiento de caminos y puentes a nivel Cantonal (regional) ha sido apoyo a través del programa MOPT-KFW con la asistencia técnica de la Agencia Alemana para la Cooperación Técnica (Gesellschaft fr Technische Zusammenarbeit, GTZ) y basado en una propuesta que involucra a las comunidades.

El número de personal y trabajadores del MOPT es de aproximadamente 4.000, y el departamento de puentes está ubicado dentro de la División de Obras Públicas, este cuenta con 18 personas y trabajadores y está a cargo de la asistencia técnica de la construcción y mantenimiento de puentes. Sin embargo, hay sólo 3 ingenieros profesionales calificados que son capaces de ofrecer servicios técnicos para el diseño de puentes.

El número de personal y trabajadores de CONAVI es de 353 en estos instantes, y 145 personas y trabajadores en el Departamento de Conservación Vial están a cargo del mantenimiento de las Red Vial Nacional. Hay 29 Ingenieros profesionales en el Departamento de Conservación Vial, y de ese número de ingenieros, 28 son personal local contratado, quienes inspeccionan la Red Vial Nacional. Ya que CONAVI no tiene ningún departamento a cargo del mantenimiento de Puentes, recibe la asistencia técnica del departamento de rehabilitación de puentes de la Red Vial Nacional y Puentes basado en las recomendaciones del departamento de planificación del MOPT. Sin embargo, debido a la limitación del presupuesto, CONAVI no está capacitado para completar todos los programas de construcción y rehabilitación recomendados.

Actualmente, el MOPT licita la construcción, revisión y mantenimiento de la Red Vial Nacional y puentes a locales privados y compañías de construcción extranjeras. Los

proyectos son propuestos por CONAVI a través de un sistema de procuración del gobierno y esas propuestas son anunciadas en el diario oficial La Gaceta. El Gobierno de Costa Rica creó la Ley de Concesión de Obras Públicas, que cobra efecto a partir de Mayo de 1998. La Ley de Concesión intenta ofrecer las concesiones vigentes para la construcción y el mantenimiento de la red vial nacional incluyendo a los puentes.

Para el mantenimiento y reparación de carreteras y puentes, el Gobierno de Costa Rica también creó en 1998 un impuesto espacial del 15% sobre la gasolina para generar los recursos necesarios para cumplir con esta tarea. CONAVI actualmente está desarrollando especificaciones para licitaciones para la construcción y la revisión de carreteras y puentes existentes, tales como la ampliación y modernización del proyecto de carreteras San José-Guápiles-Limón (200 km), la Radial Zapote Curridabat / Carretera Florencio del Castillo (22 km) y el Proyecto de la Radial de Heredia (7km).

3.3.2 Sistema de Mantenimiento de Puentes en Costa Rica

El Sistema de Administración de Puentes (SAP) en el MOPT fue establecido bajo el proyecto donado por Francia y fue modificado por el Departamento de Planificación en el MOPT en 1988. CONAVI no cuenta con su propio sistema de mantenimiento de puentes y usa los datos de inspección de puentes del SAP del MOPT.

Sin embargo, el SAP se usa en su mayoría para hacer el Inventario de Puentes y sólo la hoja de inspección y el método de evaluación son descritos en el SAP son aplicados para la Inspección rutinaria de los puentes en las carreteras nacionales. Los resultados de la evaluación son organizados como un programa de mantenimiento, el cual lista los puentes en orden de grado de deterioro, por el Departamento de Planificación del MOPT. Este programa de mantenimiento es entregado a CONAVI como el Plan de reparación y rehabilitación de puentes.

El Departamento de Planificación en el MOPT ejecuta la Inspección rutinaria de puentes en carreteras nacionales desde hace 10 años con la ayuda de cuatro inspectores como una de las partes de las instalaciones de los caminos cuando verifican las carreteras. Estos inspectores son Ingenieros Civiles y no son ingenieros especialistas en puentes. Sin embargo los ítems de inspección listados en las hojas de inspección del SAP requieren hacer clasificaciones de daños para cada parte de la estructura del puente basado en la evaluación de ingeniero estructural de puentes.

La Inspección Detallada de Puentes es ejecutada por el Departamento de Diseño de Puentes en el MOPT basada en su método de inspección original, cuando se solicita de las municipalidades o de CONAVI el hacer un plan para la reparación o refuerzo de los puentes.

1) Inspección de Rutina

Esta Inspección Rutinaria tiene como objetivo el determinar las condiciones físicas de las estructuras. Las inspecciones se han hecho regularmente con el propósito de mantener actualizados los inventarios y preparar los programas de mantenimiento.

La Inspección y la evaluación se han hecho bajo la supervisión directa de un ingeniero civil con la asistencia de personal calificado. Las decisiones de reparar, remplazar o abandonar la estructura serán reportadas por el inspector basadas en el resultado de la inspección (evaluación y comentario).El inventario ha permanecido en el servidor del MOPT y se ha actualizado después del resultado de inspección reportada. Cada miembro del MOPT tiene acceso a este servidor por el Sistema LAN y así confirmar el inventario. Alrededor de cada tres años el inventario de cada Puente se ha inspeccionado y actualizado.

De acuerdo al manual de SAP (Sistema de Mantenimiento de Puentes) consiste de (3) Módulos Principales que son: Módulo de Datos, Módulo de Acción y Módulo Histórico y el Ítem de inspección que se muestra en la Tabla 3.2.1. En estos momentos, se está utilizando regularmente el Modulo de Datos el cual contiene un Inventario General de los puentes, este módulo califica a los puentes de acuerdo a su estado fisico.

En este Modulo de Datos el estado de cada Puente se puede consultar en el Inventario, estas consultas pueden ser hechas de acuerdo a Ruta, Región, Zona y Sección.

Tabla 3.3.1. Ítem de Inspección

Cauce	Socavación
	Sedimentación
	Vegetación
	Cambio de Canal
	Protecciones
Sub Estructura	Pilas
	Defensas
	Protección de Socavación
	Bastiones
	Ancla
	Cimientos
Super Estructura	Miembros Principales
	Miembros Secundarios y Arrostramientos
	Apoyos
	Instalaciones de Servicios Públicos
	Loza
	Aceras y Barandas
Misceláneos	Accesos
	Iluminación
	Señalización

Los Puentes están divididos en dos partes: Súper estructura y Sub Estructura. Estas dos partes básicas pueden ser divididas en miembros estructurales, que al mismo tiempo pueden ser subdivididas en cada uno de sus componentes.

El Procedimiento General para evaluar un Puente sería el llenar un número de evaluaciones por cada elemento o componente de las unidades principales. Estas evaluaciones son combinadas posteriormente para obtener un nuevo promedio ponderado para obtener la evaluación total del puente. La relación entre el número de evaluación y la condición de los miembros se muestra en la tabla 3.3.2.

Tabla 3.3.2. Número de Evaluación y Condición de los Miembros

Calificación	Descripción
9	Condición Nueva
8	Buena Condición, no se necesita reparaciones
7	Pequeñas Reparaciones por el equipo de Mantenimiento.
6	Reparaciones Grandes por el Equipo de Mantenimiento.
5	Reparaciones Grandes por el equipo de Mantenimiento o por terceros contratados.
4	Mínimas condiciones para soportar el transito actual y la rehabilitación inmediata.
3	Inadecuado para soportar cargas pesadas.
2	Inadecuado para soportar cargas vivas de cualquier tipo. Se requiere detener totalmente el tránsito.
1	Puente reparable, abrirse al tránsito es deseado.
0	Las Condiciones de Puentes no admiten ninguna reparación. Peligro por Colapso Inmediato.

2) Inspección Detallada

La Inspección Detallada ha sido ejecutada por el Departamento de Diseño de Puentes. Cuando ellos reciben una petición del Gobierno Local o de CONAVI, un ingeniero del Departamento de Diseño de Puentes investiga el Puente y recomienda la contramedida.

Después el MOPT explica la condición del puente solicitado al gobierno local y el gobierno local juzga la contramedida para el puente dañado sobre la recomendación del MOPT y su presupuesto.

El Ingeniero ha inspeccionado los daños del Puente que solicito del gobierno local a través de una inspección visual usando LA HOJA DE INSPECCION DE PUENTES.

De acuerdo a la HOJA DE INSPECCIÓN DE PUENTES el ingeniero debe de inspeccionar seis (6) ítems que consisten de más de veinte (20) partes y comentar cada parte.

Las partes y los ítems se muestran en la Tabla 3.3.3.

Tabla 3.3.3. (1) Ítem de Inspección Detallada

A. Dimensiones	B. Materiales	C. Cauce/ Vía Inferior	D. Bastiones
1. Sesgo de Puente:	1.Baranda	1. Socavación	1.Habitantes
2. Ancho de acera	2.Piso	2. Erosión en los bancos	2.Socavación
3.Distancia entre cordones (calzada)	3.Cerchas	3.Sedimentación	3.Asentamiento
4.Distancia entre barandas	4.Vigas	4.Vegetación	4.Pilotes
5.Luz de bastión a bastión	5.Largueros	5.Cambio de canal	5.Defensas
6.Luz centro a centro de apoyos	6.Bastiones	6.Protección de los bancos	6.Escollera
7.Altura libre de piso a portal de entrada	7.Pilas		7.Gaviones
8. Claro vert. libre (de piso a portal infer.)	8.Cordones		8.Aletones
9.Nivel de rasante a la entrada del puente	9.Pilotes		9.Bastiones Masivos
10.Nivel de rasante a la salida del puente	10.Superficie		10.Agrietamiento
11.Nivel normal del agua	11.Remates de baranda		11.Corrosión de acero
12.Nivel máximo asumido del agua	12.Pavimento de accesos		12.Corrosión de concreto
13.Nivel inferior de la superestructura	13.Vigas transversales		13.Podredumbre de madera
14.Espesor de la superficie de ruedo			14.Pintura
15.Longitud losa de acceso de entrada			15.Daños por colisión
16.Longitud losa de acceso de salida			16.Drenaje
17.Ancho losa de acceso de entrada			17.Pernos de anclaje
18.Ancho de losa de acceso salida			18.Placas de apoyo
19. Longitud baranda der. acceso entrada			19.Pedestales
20.Longitud baranda izq. acceso entrada			20.Pared de cabezal
21.Longitud baranda der.acceso salida			21.Incrustación de Super en pared
22.Longitud baranda izq.acceso salida			22.Pantalla expuesta
23.Espesor de losa			23.Llaves sísmicas
24.Llaves sísmicas			
25.Longitud de meseta en viga cabezal			
26.Distancia mínima de línea centro de perno a borde viga cabezal			

Tabla 3.3.3. (2) Ítem de Inspección Detallada

E. Pilas	Super	estructura	G. Acceso
1.Socavación	1. Cercha: Pony,Acrow. U:S:S: de angulares	32.Piso	1.Pavimentos
2.Asentamientos	2. Vigas simplemente apoyadas	33.Daños por colisión	2.Asentamientos en rellenos
3.Pilotes	3.Vigas continuas	34.Deflexión bajo carga	3.Juntas
4.Defensas	4.Losa	35.Vibración bajo carga	4.Remates de baranda
5.Corrosión del acero	5.Canaletas	36.Pintura	5.Alineamiento
6.Corrosión del concreto	6.Vigas T	37.Alineamiento de los miembros	6.Socavación
7.Podredumbre de la madera	7.Arco	38.Instalación de servicios:	7.hundimientos
8.Pintura	8.Cercha de madera	Tuberías de aguas	
9.Pernos de anclaje	9.Juntas de expansión	Cables de electricidad	
10.Placas de apoyo	10.Diafragmas	Ductos cable telefónico	
11.Pedestales	11.Cuerda superior de cercha	39.Cordones	
12.Grada de viga cabezal	12.Cuerda inferior de cercha	41.Barandas	
13.Agrietamiento columnas	13.Viga transversales	42.Limpieza de desagüe	
14.Agrietamiento de vigas	14.Limpieza de apoyos	43.Colocación de tubos para desagüe	
15.Angulo de corriente referente a las Pilas	15.Corrosión de Apoyos de acero	44.Filtración de agua	
16.Pantalla expuesta	16.Apoyos de neopreno	45.Estado de superficie de rodamiento	
17.Daños por colisión	17.Portales de entrada	46.Iluminación	
	18.Portales intermedios	47.Señales: Nombre	
	19.Arriostres superior		
	20.Arriostres inferiores		
	21.Conexiones		
	22. Remaches o tornillos		
	23.Soldadura		
	24.Corrosión del acero		
	25.Anclaje		
	26.Torres		
	27.Cables		
	28.Suspensores		
	29Podredumbre de la madera		
	30.Agrietamiento del concreto		
	31.Losa		

CAPÍTULO 4 LA EVALUACIÓN DE LA DIFERENCIA DE CAPACIDAD

4.1 Objetivos y Procedimientos de la Evaluación de la Diferencia de Capacidad

La evaluación de la diferencia de capacidad se define como un proceso a través del cual los involucrados confirman sus metas, trazan un mapa de sus capacidades existentes e identifican la diferencia entre sus capacidades disponibles y aquellas que se necesitan para alcanzar sus metas. Un ejercicio exitoso de evaluación de capacidad requiere que los involucrados participen de manera completa en el proceso consultivo. El objetivo principal de la evaluación de la diferencia de capacidad es el evaluar de manera comprensiva la diferencia cuantitativa y cualitativa entre la situación ideal y el status quo en términos del mantenimiento de puentes con el propósito de identificar el punto de atasco que no permite el sistema ideal de mantenimiento de puentes. A continuación se ilustra la imagen de la evaluación de la diferencia de capacidad

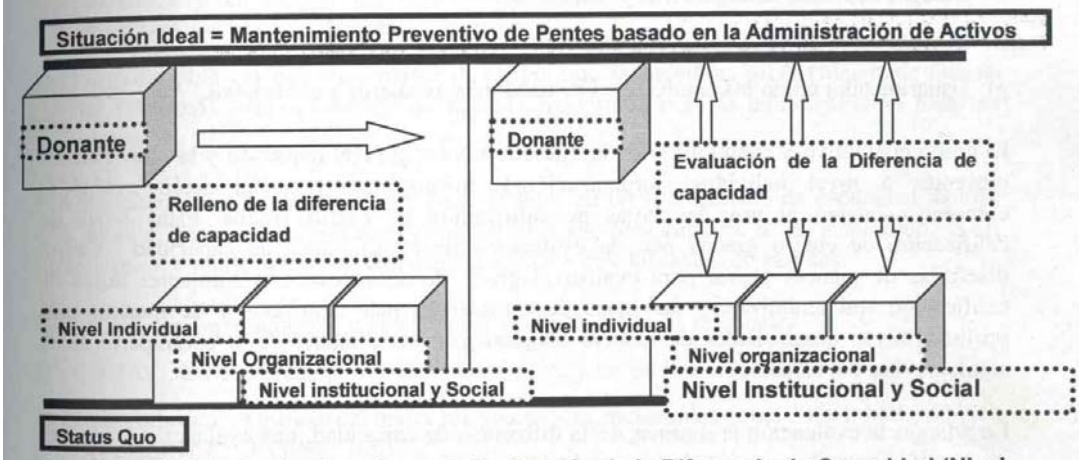


Figura 4.1.1. Hoja de Calificación de la Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Individual)

Los siguientes 6 pasos describen los procedimientos para la evaluación de la diferencia de capacidad:

a) Diseño de las hojas de calificación de calificación de la evaluación de la diferencia de capacidad.

b) Entrevistas y recopilación de datos de los involucrados relevantes.

c) Evaluación preliminar de la diferencia de capacidad

d) Evaluación a gran escala de la diferencia de capacidad

e) El análisis de la ACP (Administración del Ciclo del proyecto) incluye el análisis de problemas y el análisis de objetivos para resolver el atasco que no permite la administración ideal de puentes.

f) Formular políticas básicas y planes de acción que incluyen las MDP (Matriz de Diseño

del Proyecto) y los proyectos de módulo requeridos para la administración ideal de puentes.

Los involucrados a ser entrevistados en la evaluación de la diferencia de capacidad incluye una amplia gama de individuos y organizaciones relacionados a la inspección, SAP, planificación e implementación del mantenimiento y rehabilitación de puentes.

a) MOPT, los departamentos relacionados a este y las oficinas regionales
b) CONAVI, los departamentos relacionados a este y las oficinas regionales
c) Otros ministerios gubernamentales relevantes y agencies tales como MOH, MIDEPLAN, CNC, MINAE, SETENA, etc.
d) La Universidad de Costa Rica e institutos de investigación relacionados a este tales como LANAMME
e) Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos
f) El sector privado tales como contratistas y compañías de diseño
g) Usuarios tales como los conductores de camiones, pasajeros y ciudadanos.

El grado cualitativo y cuantitativo de la diferencia entre el nivel requerido y las capacidades presentes a nivel individual, organizacional, institucional y social serán evaluadas comprensivamente al usar las hojas de calificación de cuatro grados. Estas hojas de calificación de cuatro grados para la evaluación de la diferencia de capacidad fueron diseñadas de manera previa para evaluar el grado de diferencia. Las siguientes hojas de calificación son tentativas, y las hojas de calificación más detalladas y de manera más profunda serán desarrolladas de manera conjunta con los oficiales de la contraparte en la siguiente fase del estudio.

En adición la evaluación preliminar de la diferencia de capacidad, una evaluación completa de la diferencia de capacidad fue conducida conjuntamente con los funcionarios de las contrapartes de MOPT y de CONAVI. El objetivo principal de la evaluación completa de la diferencia de capacidad es evaluar la diferencia de capacidad cuantitativa y cualitativamente entre la situación ideal y la situación presente en los términos del mantenimiento del puente, de tal modo que se pueda identificar los obstáculos contra el sistema ideal del mantenimiento del puente.

El sistema ideal del mantenimiento de puentes deriva de una clase de mantenimiento preventivo de puentes de acuerdo con el concepto de "Administración de Bienes" el cuál es un sistema de administración estratégico y global de la infraestructura social, para mantener el nivel de servicio de mantenimiento y elevar los beneficios de los usuarios, bajo el presupuesto establecido. Es decir " Administración de Bienes " representa un acercamiento holístico y sistemático a la preservación del activo que asegura un servicio máximo de funcionamiento en los costos mínimos del ciclo vital.

Hay una importante diferencia de capacidad entre la situación actual y la administración ideal antedicha de puentes. La diferencia de capacidad fue determinada completamente a través de las hojas de evaluación de 5-grados basadas en entrevistas con una amplia gama de las

contrapartes que cubren el sector público y el sector privado, y esas hojas de evaluación fueron diseñadas para evaluar las capacidades en los niveles individuales, de organización, institucionales y sociales.

Los siguientes 6 pasos describen los procedimientos para la evaluación de la diferencia de capacidad:

g) Diseño de las hojas de calificación de calificación de la evaluación de la diferencia de capacidad.

h) Entrevistas y recopilación de datos de los involucrados relevantes.

i) Evaluación preliminar de la diferencia de capacidad

j) Evaluación a gran escala de la diferencia de capacidad

k) El análisis de la ACP (Administración del Ciclo del proyecto) incluye el análisis de problemas y el análisis de objetivos para resolver el atasco que no permite la administración ideal de puentes.

l) Formular políticas básicas y planes de acción que incluyen las MDP (Matriz de Diseño del Proyecto) y los proyectos de módulo requeridos para la administración ideal de puentes.

Los involucrados a ser entrevistados en la evaluación de la diferencia de capacidad incluye una amplia gama de individuos y organizaciones relacionados a la inspección, SAP, planificación e implementación del mantenimiento y rehabilitación de puentes.

h) MOPT, los departamentos relacionados a este y las oficinas regionales

i) CONAVI, los departamentos relacionados a este y las oficinas regionales

j) Otros ministerios gubernamentales relevantes y agencies tales como MOH, MIDEPLAN, CNC, MINAE, SETENA, etc.

k) La Universidad de Costa Rica e institutos de investigación relacionados a este tales como LANAMME

l) Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos

m) El sector privado tales como contratistas y compañías de diseño

n) Usuarios tales como los conductores de camiones, pasajeros y ciudadanos.

Las contrapartes a ser entrevistadas en la evaluación de diferencia de capacidad incluye una amplia gama de individuos y organizaciones que se relacionaron con inspección, diagnósticos, operación de BMS, planificación y puesta en práctica del mantenimiento y de la rehabilitación del puente, grado cualitativo y cuantitativo de la diferencia de capacidad requerida y la actual capacidad individual, de organización, institucional y los niveles sociales, los cuales fueron determinados usando las hojas de evaluación de 5-grados. Esas hojas de evaluación de 5-grados para evaluar la diferencia de capacidad fueron diseñadas.

Las capacidades a nivel individual incluyendo los funcionarios relevantes i) conocimiento y habilidad/experiencia práctica para la inspección, diagnostico, operación de BMS, planeamiento y puesta en práctica de la reparación y de la rehabilitación, e ii) administración y sensibilidad para el mantenimiento preventivo del puente.

Tabla 4.1.1. Hoja de Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Individual)

No.		Artículos	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Grado 5
1		**Relevante conocimiento y habilidad/experiencia práctico de los funcionarios**					
	1-a	Conocimiento y experiencias de habilidad/práctica para la inspección y la diagnosis					
	1-b	Conocimiento y experiencias de habilidad/práctica para la operación y la gerencia de BMS					
	1-c	Conocimiento y experiencias de habilidad/práctica para el planeamiento de la reparación y de la rehabilitación					
	1-d	Conocimiento y experiencias de habilidad/práctica para las valoraciones, hacer una oferta y la supervisión de costes					
	1-e	Conocimiento y experiencias de habilidad/práctica para la consideración ambiental					
2		**Relevante habilidades directivas y sensibilidad de los funcionarios para el mantenimiento del puente**					
	2-a	Planeamiento y capacidad de la gerencia para el control del presupuesto					
	2-b	Planeamiento y capacidad directiva para los recursos humanos					
	2-c	*A corto plazo y planificación a largo plazo para el mantenimiento del puente*					
	2.o	Comunicación capacidad para las actividades regulares					
	2-e	Comprensión en mantenimiento preventivo y la mente responsable para el mantenimiento del puente					

Nota: Grado 1 = Lejos del nivel requerido, califique 2 = se limitó llano, califican 3 = satisfactorio no hasta el nivel requerido, califique 4 = satisfactorio a cierto nivel, grado 5 = nivel totalmente satisfactorio

Capacidades a nivel de organización incluye i) el funcionamiento de la organización (funciones, número de calificado personal, mecanismo de la toma de decisión, capacidades de la coordinación, sistema incentivo, administración del personal, etc.), ii) sistema financiero y los subcontratos (cantidad y asignación del presupuesto para el mantenimiento y la rehabilitación del puente, y el sistema para el mantenimiento y rehabilitación de puentes), y iii) evaluaciones físicas e intelectuales para el mantenimiento y la rehabilitación del puente.

Tabla 4.1.2. Hoja de Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Organizaciónal)

No.		Artículos	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Grado 5
		De organización funciones y funcionamiento					
3	3-a	De organización estructura para el mantenimiento del puente					
	3-b	Equilibrado demarcación de responsabilidades y de funciones y mecanismos en la central y niveles provinciales					
	3-c	Total funciones de organización tales como mecanismo de la toma de decisión					
		Número de la gerencia cualificada del personal y de personal					
	3-e	Personal Sistema incentivo para el personal cualificado					
		Financiero recursos y sistema del subcontratos					
4	4-a	Cantidad y asignación del coste recurrente e indirecto para el mantenimiento del puente					
	4-b	Cantidad y asignación del coste directo del mantenimiento y de la rehabilitación					
	4-c	Subcontratos y sistema que contrae					
	4-d	Estándares para las valoraciones de costes y las especificaciones técnicas para el subcontratos					
	4-e	Capacidad nivel del sector privado					
		Físico y activos intelectuales					
5	5-a	Físico activos para el mantenimiento y la rehabilitación (equipo del puente de la inspección, repare las instalaciones, el etc.)					
	5-b	Físico activos para las actividades regulares (mobiliario de oficinas, etc.)					
	5-c	Intelectual activos para el mantenimiento y la rehabilitación del puente (manuales y base de datos)					
	5-d	BMS y el otro software para el mantenimiento del puente					
	5-e	Técnico estándares para el mantenimiento del puente					

Nota: Grado 1 = Lejos del nivel requerido, califique 2 = se limitó llano, califican 3 = satisfactorio no hasta el nivel requerido, califique 4 = satisfactorio a cierto nivel, grado 5 = nivel totalmente satisfactorio

Capacidades en los niveles institucionales y sociales incluyen i) la existencia de políticas, leyes, regulaciones y estándares para el mantenimiento preventivo de puentes, e ii) comprensión social del mantenimiento preventivo de puentes y de la administración del conocimiento.

Tabla 4.1.3. Hoja de Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel institucional y social)

No.		Artículos	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Grado 5
6		**Existencia de políticas, de leyes, de regulaciones y de estándares para el mantenimiento preventivo de puentes**					
	6-a	Comprensión y conocimiento del mantenimiento preventivo de puentes entre políticos y funcionarios de la alto-graduación					
	6-b	Comprensión y conocimiento del mantenimiento preventivo de puentes entre financiero y autoridades de planeamiento					
	6-c	Aplicación de leyes, de regulaciones y de estándares en la inspección y la diagnosis para los puentes					
	6-d	Aplicación de leyes, de regulaciones y de estándares en el diseño para los puentes					
	6-e	Aplicación de leyes, de regulaciones y de estándares en el control de tráfico para los puentes					
7		**Social comprensión y conocimiento del mantenimiento preventivo de puentes y gerencia del conocimiento**					
	7-a	Comprensión del mantenimiento preventivo de puentes entre círculos académicos					
	7-b	Comprensión del mantenimiento preventivo de puentes entre ciudadanos y conductores ordinarios					
	7-c	Sociedad en intercambio doméstico de la información técnica entre el sector público y sector privado					
	7-d	Sociedad en intercambio doméstico de la información técnica entre el sector público y círculo académico					
	7-e	Sociedad y colaboración en intercambio de ultramar de la información técnica					

Nota: Grado 1 = Lejos del nivel requerido, califique 2 = se limitó llano, califican 3 = satisfactorio no hasta el nivel requerido, califique 4 = satisfactorio a cierto nivel, califican 5 = Nivel totalmente satisfactorio

4.2 Resultados de la Evaluación de la Diferencia de Capacidad

4.2.1 Organizaciones Gubernamentales

1) MOPT y Departamentos Relevantes

El MOPT esta a cargo de formular las políticas básicas de construcción y mantenimiento de la red de carreteras nacionales así como los puentes por medio del CONAVI y el CNC. El MOPT juega el rol central de los servicios técnicos en el campo de la construcción y mantenimiento de las carreteras nacionales y puentes. Puesto que el CONAVI no tiene ingenieros en puentes, el Departamento de Puentes, que pertenece a la Dirección de Obras Públicas del MOPT es solo una organización que proporciona servicios técnicos en el diseño de puentes, mientras que la Dirección de Planificación que pertenece directamente al Ministerio esta a cargo del mantenimiento de la base de datos de los puentes.

El departamento de Puentes del MOPT esta compuesto de un grupo de trabajadores de 18 personas, solo existen un Jefe de Departamento y tres ingenieros en puentes con conocimiento en el campo. Estos ingenieros proporcionan los servicios técnicos básicos al CONAVI, cuando este requiere diseños preeliminares de puentes para licitaciones del sector

privado, en casos de proyectos a larga escala y diseños a gran escala en el caso de proyectos de una escala menor. Cuando se requieren inspecciones especiales para puentes, el departamento de puentes manda a los ingenieros especialistas a los sitios donde se les solicite.

Tabla 4.2.1. Lista del Personal del Departamento de Puentes

No.	Posición	Responsabilidad	Años trabajando para el MOPT
1	Jefe Departamento	Supervisión	15
2	Ingeniero de Diseño	Diseño Estructural	8
3	Ingeniero de Diseño	Diseño Estructural	6
4	Ingeniero de Diseño	Diseño Estructural	3
5	Dibujante	Operador de Auto CAD	30
6	Dibujante	Operador de Auto CAD	16
7	Dibujante	Operador de Auto CAD	4
8	Dibujante	Operador de Auto CAD	3
9	Técnico	Diseño preeliminar	34
10	Técnico	Diseño preeliminar	16
11	Técnico	Diseño preeliminar	4
12	.Jefe de Topografía	Grupo de Topografía	33
13	Tipógrafo	Grupo de Topografía	17
14	Tipógrafo	Grupo de Topografía	26
15	Tipógrafo	Grupo de Topografía	15
16	Tipógrafo	Grupo de Topografía	26
17	Secretaria	Coordinación de oficina	19
18	Misceláneo	Limpieza y Correspondencia	1

Fuente: MOPT, departamento de Puentes

El presupuesto total del MOPT para el año fiscal del 2005 fue de 102,776 millones de Colones, y para el Departamento de Puentes fue el 0.95% del total. Los salarios para el equipo de trabajo ocupan el 92.2% del presupuesto del Departamento de Puentes por lo que casi no existen recursos financieros para las inspecciones regulares para los puentes en la red nacional de carreteras.

Tabla 4.2.2. Presupuesto del MOPT para el 2005

Organización	Presupuesto 2005 (millones de Colones)	%
MOPT Total	102,776	100.0
División de Obras Públicas	11,267	11.0
Departamento de Puentes	148	0.95

Fuente: MOPT, Departamento Financiero

Tabla 4.2.3. Presupuesto para Departamento de Puentes 2005

Actividad	Presupuesto 2005 (Miles de Colones)	%
Total Departamento Puentes	148,049	100.0
Salarios	136,441	92.2
Gastos de viaje a inspecciones	1,967	1.3
Otros	9,641	6.5

Fuente: MOPT, Departamento de Puentes

Los sueldos para el personal y los trabajadores del MOPT no esta generalmente ligado a las capacidades individuales y la eficacia, y el aumento anual en el sueldo básico es fijo sin importar la capacidad de cada persona y trabajador. Por ejemplo, el aumento anual medio en el sueldo básico a partir del ejercicio presupuestario 2005 a 2006 es de aproximadamente en 1.94% para los funcionarios de MOPT. Abajo la tabla demuestra los ejemplos del nivel de sueldos por el ejercicio presupuestario 2005.

Tabla 4.2.4. Nivel de los sueldos para Funcionarios del MOPT (AF 2005)

No.	Organización	Clase	Sueldo Mensual Básico Estimado 2005 (Colones)	Nivel (Oficinista = 100)
1	MOPT	Personal Jefe profesional	292.850	235.9
2	MOPT	Personal profesional	236.250	190.3
3	MOPT	Personal profesional Técnico	184.050	148.2
4	MOPT	Personal profesional	131.350	105.8
5	MOPT	Oficinista	124.150	100.0

Fuente: Personal Departamento de MOPT, 2005

Mientras que hay considerables oportunidades de entrenamiento para el sistema de administración existente de caminos tales como SPEM y SIGVI proporcionados por el MOPT, pero no hay casi ninguna oportunidad de entrenamiento en el campo del mantenimiento del puente tal como para la operación del BMS. Consecuentemente, el entendiendo y conocimiento del concepto del mantenimiento preventivo de puentes por ejemplo *" Administración de Bienes "* y *"Costo Del Ciclo de vida"* no es suficiente entre los funcionarios del departamento del puentes de MOPT.

Tabla 4.2.5. Programa de Entrenamiento de Caminos del MOPT (2005)

No.	Programa de entrenamiento Camino-relacionado cerca MOPT	No. de los programas de entrenamiento	Duración
1	Mantenimiento y preservación del camino	2	35 horas
2	Auto Cad	1	30 horas
3	SPEM	47	844 horas
4	SIGVI	1	16 horas
	Total	51	925 horas

Fuente: Departamento del desarrollo de recursos Humanos de MOPT, 2005

Tabla 4.2.6. Disponibilidad de Activos intelectuales para el mantenimiento de puentes y entendimiento del mantenimiento preventivo por los Funcionarios del departamento del puente de MOPT

No.	Artículo	Disponibilidad y entendimiento
1	Habilidad para el SAP	Disponible
2	Habilidad para el Auto Cad	Disponible
3	Habilidad del martillo de Shummit	No Disponible
4	Comprensión en administración de bienes	No Entendido
5	Comprensión en costo del ciclo de vida	No Entendido

Fuente: Resultados de Entrevistas con los contratistas privados

2) CONAVI

Ley No. 7798 para la creación del CONAVI en Mayo de 1998 que estipula las responsabilidades y funciones del CONAVI, quien esta a cargo de la regulación de la construcción y conservación de la red nacional de carreteras y puentes.

La Dirección de Conservación Vial esta a cargo de la programación, coordinación y supervisión de la construcción así como la rehabilitación y mantenimiento de la red de caminos nacionales, incluyendo la supervisión y el manejo de los contratos con el sector privado. Más específicamente, la misión de la Dirección de Caminos incluye:

- Proponer programas de la construcción y conservación de la red nacional de caminos; incluyendo el presupuesto, equipo y recursos humanos que se requieren para lograr el programa;
- Preparar las especificaciones técnicas para proyectos específicos bajo los programas.
- Para inspeccionar periódicamente los caminos y puentes de la red nacional de caminos.
- Para ejecutar el mantenimiento de caminos y puentes en la red nacional de caminos incluyendo rehabilitaciones de emergencia; y
- Verificar y controlar la calidad de las mezclas de asfalto que se utilizaran en la red nacional de carreteras.

La tabla siguiente muestra la lista del equipo de trabajo de la Dirección de Conservación de Vial. Existen 28 profesionales en ingeniería bajo contrato profesional y 94 técnicos en las oficinas regionales del CONAVI, y están involucrados en las inspecciones regulares de la red nacional de caminos. Por lo tanto, debido a que ellos no tienen experiencia en el campo de la inspección y mantenimiento de puentes, no existen actividades de inspección para los puentes en el CONAVI.

Tabla 4.2.7. Departamento de Conservación Vial del CONAVI

No.	Personal	CONAVI	Asignado por el MOPT	Bajo contrato	Total
1	Jefe Departamento				
2	Ejecutivos	1			1
3	profesionales	1		28	29
4	Equipo Técnico			94	94
5	Equipo Administrativo			19	19
6	Trabajadores	1			1
Total		3		141	145

Fuente: Estructura Básica del Plan Anual Operativo 2006

Entre tanto, el Departamento de ingeniería del CONAVI es responsable de la asistencia técnica al Departamento de Conservación Vial, elaborando las especificaciones de las licitaciones para mantenimiento, rehabilitaciones y construcciones periódicas para los caminos y puentes. Más específicamente, sus funciones principales son:

- Hacer una oferta las preparaciones para el periódico, mejora, rehabilitación, reconstrucción, amplificación y nueva construcción de caminos, de puentes, de intersecciones y de otra proyectos de la ingeniería del camino;

- Hacer una oferta las preparaciones para los consultores de la ingeniería que contraen por ejemplo transporte el planeamiento, ingeniería geotécnica, estudios hidrológicos, estudios ambientales y otros; y
- Proporcionar asistencia técnica para la evaluación en los procesos que hacen una oferta para el diseñar, supervisión, construcción, y estudios geotécnicos en los caminos y puentes.

Hay solamente 6 ingenieros profesionales que maestría principal es la construcción y conservación de caminos.

Tabla 4.2.8. Departamento de ingeniería del CONAVI

No.	Personal	CONAVI	Asignado por el MOPT	Bajo contrato	Total
1	Jefe Departamento				
2	Ejecutivos	2			2
3	profesionales	6			6
4	Equipo Técnico				
5	Equipo Administrativo	1		1	2
6	Trabajadores	1			1
Total		10		1	11

Fuente: Estructura Básica del Plan Anual Operativo 2006

La dirección de trabajos es responsable de coordinar, administrar y supervisar la rehabilitación, reconstrucción y las nuevas construcciones en la red de caminos nacionales, teniendo 9 profesional, 38 técnicos y 4 administrativos personal secundado del MOPT.

Tabla 4.2.9. Dirección de trabajos del CONAVI

No.	Personal	CONAVI	Secundado de MOPT	Contrato-basado	Total
1	Jefe del Departamento				
2	Ejecutivo	2			2
3	Personas Calificadas		9		9
4	Personal Técnico		38	2	40
5	Personal administrativo	1	4	4	9
6	Trabajadores	1	9	0	10
Total		4	60	6	70

Fuente: Estructura Básica del plan anual Operativo 2006

De acuerdo con la Ley *No. 8114 y el decreto No. 30263-MOPT de Julio del 2001*, 30% del impuesto al combustible se distribuye en la construcción y mantenimiento de la red de caminos de Costa Rica de la siguiente manera.

Del valor total de la transferencia del impuesto a la gasolina, el 25% es para la construcción y mantenimiento de la red cantonal de caminos el cual se apoya en el programa KFW-GTZ, 72% es para la construcción y mantenimiento de la red nacional de autopistas, y el 3% es para la asistencia técnicas al CONAVI del Laboratorio Nacional de Materiales y modelos estructurales (LANAMME). Sin embargo recientemente el CONAVI se quejo de que el Ministerio de Hacienda le asigna menos de la mitad de los debe recibir.

El presupuesto total del año fiscal del 2006 es de 38,021 millones de Colones., de este total el 34.0% es para la conservación de puentes y caminos. Solo el 9.0% del presupuesto de conservación y construcción de caminos y puentes es para la rehabilitación de puentes, y casi nada es para las inspecciones de los puentes. El programa anual para la construcción y el mantenimiento de los caminos y de los puentes recomendados por La dirección de planeamiento de MOPT no considera completamente el límite financiero de CONAVI. En el mismo tiempo, en 2005, el rédito real del transferido el valor del impuesto del combustible dirigió para CONAVI basado en solamente 50. 9% de lo que el Ministerio de Hacienda debe proveer al CONAVI.

Tabla 4.2.10. Presupuesto del CONAVI para el 2006

Ítem	Presupuesto Total para el 2006	Administración (Programa 1)	Conservación de caminos y puentes (Programa 2)	Construcción de puentes y caminos (Programa 3)	Construcción de caminos con peajes (Programa 4)
Millones de Colones	38,021	1,365	12,912	17,914	5,830
%	100.0	3.6	34.0	47.1	15.3

Fuente: Estructura Básica del Plan Anual Operativo 2006

Los salarios para el personal y los trabajadores de soporte al CONAVI en el mismo nivel que MOPT, y no están también generalmente ligado a capacidades y a eficacia individuales. El aumento anual en el sueldo básico también está fijado sin importar la capacidad de cada personal y trabajador. Por ejemplo, el aumento anual medio en el sueldo básico a partir del presupuesto 2005 a 2006 es aproximadamente 1.94% para los funcionarios de CONAVI. Abajo la tabla demuestra los ejemplos del nivel de los sueldos en el presupuestario 2005.

Tabla 4.2.11. Nivel de los sueldos para Funcionarios del CONAVI (AF 2005)

No.	Organización	Clase	Sueldo Mensual Básico Estimado 2005 (Colones)	Nivel (Oficinista = 100)
1	CONAVI	Personal Mayor Calificadas	292.850	235.9
2	CONAVI	Personal Profesional	236.250	190.3
3	CONAVI	Personas Técnico Calificadas	184.050	148.2
4	CONAVI	Personal Profesional	131.350	105.8
5	CONAVI	Oficina Trabajador	124.150	100.0

Fuente: Departamento Personal de MOPT, 2005

Mientras hay oportunidades considerables de entrenamiento en el campo de la administración de proyectos y la puesta en práctica proporcionada por el CONAVI, no hay ninguna oportunidad de entrenamiento en el campo del mantenimiento del puente tal como la operación de BMS. Consecuentemente, conocimiento y comprensión del concepto de mantenimiento preventivo por ejemplo " Administración de Activos" y *"Costo Del Ciclo vida"* no es suficiente entre funcionarios del departamento de puentes del CONAVI.

Tabla 4.2.12. Programa de entrenamiento del CONAVI (2005)

No.	Programa de entrenamiento de CONAVI	Duración	Sincronización
1	Gerencia de Proyecto 1	40 horas	2005 febrero
2	Gerencia de Proyecto 2	40 horas	2005 abril
3	Proyecto de Planeamiento y supervisión de caminos	20 horas	2005 mayo
4	Proyectos de implementación	16 horas	2005 de junio
5	Leyes para los caminos	8 horas	2005 octubre

Fuente: CONAVI 2005

Tabla 4.2.13. Entendimiento del Mantenimiento Preventivo por los Oficiales mayores del CONAVI

No.	Artículo	Comprensión
1	Entendimiento de Administración de Bienes	Sin entendimiento
2	Entendimiento del Ciclo de Vida	Sin entendimiento

Fuente: Resultados de entrevistas con los contratistas privados

3) Marco Institucional para el MOPT y el CONAVI

Este es muy amplio, que incluye leyes, regulaciones, estándares y manuales en términos de los estándares del diseño y del mantenimiento para los caminos y puentes. Sin embargo, debido al marco institucional doméstico escaso así como su aplicación, los funcionarios del MOPT y CONAVI refieren regularmente a marcos internacionales tales como AASHTO y SIECA.

Por ejemplo, el departamento de puentes del MOPT es requerido con frecuencia para dar asistencia técnica al CONAVI que no tiene ningún profesional y personal calificado dentro del campo de la ingeniería de puentes, y los funcionarios del departamento de puentes se refieren al estándar internacional del diseño por ejemplo *"Estándar de Especificaciones para los puentes y carreteras, 17th Edición, del 2002"* publicado por la Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO, siglas en ingles). Ellos también se refieren a los *Manuales centroamericanos para las especificaciones en la construcción regional de los puentes y de los caminos, del 2003"* compilado por SIECA.

Tabla 4.2.14. Marco Institucional para el Mantenimiento de Caminos y Puentes

No.	Organización	Nivel	No. De la Ley.	Año
1	Ley de caminos públicos	Nacional Ley	Ley 7494	1995
2	Ley de la administración del camino	Nacional Ley	Ley 7762	1998
3	Ley de la creación de MOPT	Nacional Ley	No.27099-MOPT	1998
4	Ley de la creación de CONAVI	Nacional Ley	Ley 7798	1998
5	Manual centroamericano para el mantenimiento del camino	SIECA Manual	SIECA	2000
6	Manual del inventario de puentes	Interno Manual	Federico Gamboa	2000

Tabla 4.2.15. Marco Institucional para Diseño de Caminos

No.	Organización	Nivel	No. De la Ley.	Año
1	Política en el diseño geométrico de carreteras	Estándar	USA-AASHTO	1994
2	Manual centroamericano para el diseño del pavimento	Manual	SIECA-USAID	2002
3	Reglas para el diseño geométrico de caminos regionales	Estándar	SIECA	2004
4	Manual para el diseño geométrico de caminos	Manual	MOPT	1977
5	Especificaciones generales para la construcción de caminos y Puentes CR-77	Regulación	MOPT	1977
6	Manuales centroamericanos para las especificaciones de Construcción de los puentes y de los caminos regionales	Manual	SIECA	2001

Tabla 4.2.16. Marco institucional para Diseño del Puentes

No.	Organización	Nivel	No. De la Ley.	Año
1	Especificaciones de los puentes de la carretera	Nacional Ley	USA-AASHTO	2002
2	Las especificaciones de la carretera tienden un puente sobre LRFD	Estándar	USA-AASHTO	2003
3	Especificaciones generales para la construcción de caminos y Puentes CR-77	Regulación	MOPT	1977
4	Manuales centroamericanos para las especificaciones de Construcción de los puentes y de los caminos regionales	Manual	SIECA	2001

En adición a estos estándares para el diseño de caminos y puentes, existen un par de leyes y regulaciones para la adquisición de mercancías y servicios para el mantenimiento y construcción de caminos y puentes. *"ley de contratos administrativos 1995"* estipula los procedimientos para los contratos de las actividades entre las instituciones públicas y compañías privadas.

Tabla 4.2.17. Marco institucional para Regulaciones de Adquisiciones

No.	Organización	Nivel	No. De la Ley.	Año
1	Ley de contratos administrativos	Ley Nacional	Ley 7494	1995
2	Ley Concesión de Trabajos Públicos	Ley Nacional	Ley 7762	1998
3	Regulaciones sobre la organización y procedimientos para CONAVI	CONAVI Regulación Interna	No.27099-MOPT	1998

Además de estas leyes y regulaciones, hay un *"manual para el proceso, procedimientos y Productos de CONAVI, el 2003"* la cuál especifica los siguientes procedimientos prácticos para los contratos de adquisición por el CONAVI.

- Adquisición y procedimientos del contrato
- Formulación y administración de contratos
- Planeamiento y proceso presupuestario
- Proceso Técnico y control de calidad del desarrollo
- Proceso Ambiental
- Proceso Interno de la intervención
- Proceso Legal
- Proceso administrativo y de Finanzas

Más específicamente, las regulaciones sobre licitaciones públicas y contratos directos de acuerdo con la cantidad del contratos del CONAVI los que se muestran abajo, indicando que la licitación pública requiere que el contrato sea más de 111.200 mil Colones.

Tabla 4.2.18. Regulaciones sobre Licitaciones Públicas y Contratos Directos por el CONAVI

No.	Tipo de contrato	Condiciones y cantidad del contrato de CONAVI
1	El Hacer una oferta Público	Más que Colones 111.200 miles
2	Limitado El hacer una oferta a través de lista larga	Colones 17.800 mil a 111.200 miles
3	Limitado El hacer una oferta a través de lista corta	Colones 8.900 mil a 17.800 miles
4	Contrato Directo Especial	Menos que Colones 8.900 miles

4) Consejo Nacional de Concesiones (CNC)

Este concejo (CNC), esta a cargo de los procedimientos para la concesión de proyectos tales como autopistas, puentes, ferrocarriles, puertos y aeropuertos. El gobierno redacto la Ley de Concesión de Obra Pública en Mayo de 1998, la Ley de concesiones ofrece los protocolos de las operaciones de concesiones para la construcción y administración de tales infraestructuras. El Gobierno de Costa Rica ha mantenido tradicionalmente el monopolio sobre los servicios públicos de transporte. Sin embargo, recientemente han tratado de remover la estructura monopolista al sector privado para que participe en áreas específicas de la infraestructura pública por periodos de 20 a 25 años.

Más específicamente, la regulación de proyectos de iniciativa privada en servicios públicos, decreto No. 31836 del MOPT, define más detalladamente los procedimientos del proceso de proyectos de concesión. Las regulaciones contienen criterios generales de trabajo como procedimientos, y otras condiciones que los concesionarios deben considerar como obligaciones.

De acuerdo con las regulaciones anteriores, un contrato por concesión es sujeto a estipular obligaciones para mantener, rehabilitar y reparar los caminos y puentes construidos como parte del contrato. Aunque, no existen procedimientos detallados para las actividades de mantenimiento tales como la inspección del contrato. Sin embargo, no existen siempre procedimientos detallados para las actividades de mantenimiento tales como las inspecciones dentro del contrato. Más específicamente, las regulaciones incluyen los siguientes 4 pasos con una serie de actividades. A menudo se critica eso estos procedimientos son retrasados debido a un proceso lento de documentos.

a) Primera Etapa
- Coordinar la idea de un proyecto de concesión
- Conducir a un estudio de factibilidad en términos técnicos, económicos, financiero y puntos de vista ambientales
- Comenzar el proceso de la pre-calificación

b) Segunda Etapa

- Proponer los documentos de licitación
- Aprobar y publicar los documentos de la licitación

c) Tercera Etapa
- Evaluación de la licitación
- Conceder y formalizar la licitación

d) Adelante Etapa
- Supervisar los trabajos concedidos bajo construcción
- Comienzo en operación del proyecto en concesión

5) Otras Organizaciones Gubernamentales

Como la autoridad financiera del gobierno de Costa Rica, el Ministerio de Hacienda (MH) esta en la posición de coordinar y controlar los presupuestos en un gran rango del gasto público y la inversión. Aunque el Ministerio de Hacienda negocia con cada línea de los Ministerios el tope del presupuesto debido a la escasez de crédito, el Ministerio de Hacienda no solicita al MOPT ayuda para la especificación del presupuesto. El Ministerio de Hacienda no esta capacitado en material de mantenimiento preventivo de caminos y puentes basado en el conocimiento de "*Administración de Activos*", y no pone atención especial al mantenimiento de caminos y puentes.

El Ministerio de Planificación Nacional (MIDEPLAN) coordina la formulación del Plan Nacional de desarrollo de 5 años para el sector de transporte, el "Plan de Trabajo 2002-2006", es una estrategia fundamental para la construcción y conservación de caminos y puentes.

Para la red nacional de caminos bajo responsabilidad del CONAVI, en la cual existen 13 contratos de conservación que incluyen el mantenimiento de 4,400 Km. de carreteras nacionales con capa de asfalto. Fuera de los 4,400 Km. de la red nacional de caminos, el 47% (Aprox. 3,510.2 Km.) esta en mala condición, y 38% de ellos (Aprox. 2.814.8 Km.) están en regular estado., solo el 15 % de ellos están en buenas condiciones.

En el plan, esta proyectado que el CONAVI le de mantenimiento a los 4,200 Km. de carreteras de asfalto. El programa incluye carreteras estratégicas tales como el 'Corredor al Atlántico' (Los Chiles-Chilamate). Al mantenimiento de puentes se le da una prioridad menor debido a la limitación de presupuesto. Para los años entre 2002-2006 se tenía proyectado que el CONAVI rehabilitara 31 puentes de la red nacional de caminos, lo cual no estaba recomendado en la línea de prioridades de la Dirección de Planificación del MOPT

Sin embargo, cuando el MIDEPLAN coordina el Plan Nacional de Desarrollo para el sector de transporte, no reconoce el concepto de 'Administración de Activos', poniendo solo atención en la construcción de nuevas carreteras. Además, el entendimiento y el conocimiento del concepto de *"Administración de Activos"* y *"Costo del Ciclo de Vida "* no es suficiente entre los funcionarios de MH y de MIDEPLAN.

Tabla 4.2.19. Entendimiento y Mantenimiento Preventivo por los Oficiales Mayores del MH y de MIDEPLAN

No.	Artículo	MH	MIDEPLAN
1	Comprensión en mantenimiento preventivo	Sin entendimiento	Sin entendimiento
2	Comprensión en la Administración de activo	Sin entendimiento	Sin entendimiento
3	Comprensión en costo de ciclo vida	Sin entendimiento	Sin entendimiento

Fuente: Resultados de entrevistas con MH y MIDEPLAN

4.2.2 Organizaciones Académicas y de Investigación

1) Universidad de Costa Rica Organizaciones de Investigación Afiliadas

La Universidad de Costa Rica tiene un par de organizaciones de Investigación en el campo de la ingeniería civil. El LANAMME el cual subsiste por el 3% del impuesto al combustible, es la organización más importante.

La función del LANAMME es i) auditoria técnica en los proyectos de construcción de caminos y puentes, ii) una evaluación de cada 2 años de la red de carreteras nacionales, iii) una evaluación anual de los caminos y puentes bajo conseción, iv) modernización de los manuales de especificaciones técnicas, v) consejos técnicos al MOPT y, vi) mantener seminarios en ingeniería civil.

LANAMME es una institución académica que investiga aquellos campos de la ingeniería civil, y tiene solo un poco de ingenieros en puentes, quienes desarrollan su carrera en universidades extranjeras. Aunque la Universidad de Costa Rica no tiene ningún curso sobre puentes. LANAMME emprendió recientemente el entrenamiento del personal en el campo de la ingeniería de puentes, reconociendo la importancia del mantenimiento de puentes y el concepto de 'Administración de Activos'. La tabla mostrada abajo el la sumatoria de los entrenamientos recientes programados por el LANAMME.

Tabla 4.2.20. Programa de Entrenamiento del LANNAME

No.	Programa de Entrenamiento del LANAMME	Duración	Fecha
1	Ingeniería de Puentes	35 Horas	2005 Febrero
2	Vulnerabilidad de los Caminos	30 Horas	2005 Abril
3	Mantenimiento de Caminos	35 Horas	2005 Mayo
4	Auditoria de Caminos	4 Horas	2005 Junio
5	Ley de caminos	8 Horas	2005 Octubre

Fuente: LANNAME

Tabla 4.2.21. Habilidad para de Activos intelectuales para el Mantenimiento de Puentes y entendimiento del Mantenimiento Preventivo de los Ingenieros del LANNAME

No.	Artículo	Ingeniero de Puentes del LANNAME
1	Habilidad para el SAP	Disponible
2	Habilidad para el auto Cad	Disponible
3	Habilidad para el Martillo Shummit	No disponible
4	Entendimiento de Administración de Bienes	Entendimiento
5	Entendimiento de Ciclo de Vida	Entendimiento

Fuente: Resultados de Entrevistas con LANNAME

2) Asociación de Ingenieros

El CFIA (Colegio federado de Ingenieros y arquitectos) es la más Antigua federación de ingenieros en Costa Rica y esta compuesta por 3,250 ingenieros civiles, 2,000 ingenieros en consultoría, 2,00 arquitectos, 2,000 tipógrafos y 3,259 ingenieros eléctricos y mecánicos respectivamente. Esta asociación les brinda a sus miembros una gran gama de oportunidades tales como seminarios y programas de entrenamientos en el campo de la ingeniería civil para obtener mayor conocimiento y experiencia. Sin embargo, en este momento no hay programas de entrenamiento en el campo de la ingeniería de puentes. En la comunidad de Costa Rica existen muy pocos profesionales de ingeniería civil con conocimiento en diseño y mantenimiento de puentes. Aunque los miembros de CFIA están enterados de la importancia del concepto de la "Administración de Activos

Tabla 4.2.22. Habilidad de Activos intelectuales para el Mantenimiento de Puentes y entendimiento del Mantenimiento Preventivo de los ingenieros miembros de CFIA

No.	Artículo	Ingeniero de Puentes del LANNAME
1	Habilidad para el SAP	Disponible
2	Habilidad para el auto Cad	Disponible
3	Habilidad para el Martillo Shummit	No disponible
4	Entendimiento de Administración de Bienes	Sin Entendimiento
5	Entendimiento de Ciclo de Vida	Sin Entendimiento

Fuente: Resultados de Entrevistas con LANNAME

4.2.3 Sector Privado

1) Compañías Privadas

Existen aproximadamente 10 compañías que participan en las ofertas por parte del CONAVI para la construcción de caminos y puentes. Algunos de ellos participan en los proyecto de conseción promovidos por el CNC para la construcción de caminos nuevos y autopistas. Las figuras abajo mostradas ilustra el desarrollo típico de la carrera de los ingenieros de puentes, las que indican que toman aproximadamente 15 años en desarrollarse como ingenieros en puentes después de emplearse como graduado universitario de la facultad de ingeniería.

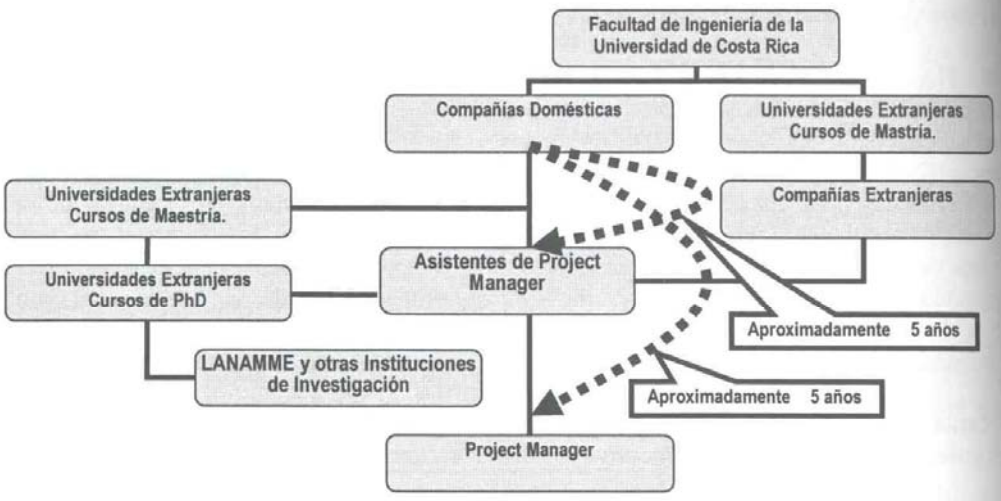


Figura 4.2.1. Posible Desarrollo Profesional de los Ingenieros en Puentes

Estas compañías tienen muchos ingenieros en el campo de construcción y mantenimiento de caminos, solo existen muy pocos ingenieros que diseñan puentes basados en cálculos estructurales. Estas compañías usualmente emplean egresados de la Universidad de Costa Rica y les dan la oportunidad de trabajar con ingenieros de puentes, así ellos pueden obtener experiencia en el campo. Normalmente, se toma aproximadamente 15 años de experiencia para convertirse en ingenieros de puentes. El entendimiento de mantenimiento preventivo de puentes tales como ''Administración de Bienes'' y ''Costo del Ciclo de vida'' no es suficiente dentro de una cantidad de ingenieros de los contratistas domésticos comparados con aquellos de compañías extranjeras.

Tabla 4.2.23. Capacidad de las Compañías Locales y Extranjeras

No.	Ítem	Compañías Domesticas	Compañías Extranjeras
1	Habilidad para el SAP	Viable	Viable
2	Habilidad para Auto CAD	Viable	Viable
3	Habilidad para el martillo Shummit	No-viable	Viable
4	Entendimiento de Administración de Activos	Sin entendimiento	Entendimiento
5	Entendimiento del costo del ciclo de vida	Sin entendimiento	Entendimiento

Fuente: Resultado de entrevistas con compañías Locales

2) Camioneros y Choferes

Los camioneros son los mejores clientes más importantes como usuarios de los puentes. La Cámara Costarricense de Transportistas Unidos (CCTU) es una asociación típica sin fines de lucro para los camioneros. La asociación tiene más de 3.000 miembros. Más del 80% de sus cargas transportadas por los miembros pasa por la carretera Interamericana.

A pesar de que el Acuerdo de Pesos y Dimensiones de Centroamérica acordado por SIECA y las reglas establecidas por el MOPT, existen muchos casos en los que los camioneros y sus contenedores están sobrecargados. Por ejemplo, el peso límite para un camión de dos ejes se

regula a 39 toneladas en Costa Rica, a pesar de que los camiones con más de 40 toneladas de peso pasan frecuentemente a través de los puentes de la Red Vial Nacional. Estos camioneros no están consientes que sus camiones y contenedores causan daños a los caminos y puentes, ya que solo tienen la información necesaria que publica la Gaceta. De la misma manera, ellos usualmente no consideran las reglas de tránsito al igual que el mantenimiento de puentes como un asunto importante.

Tabla 4.2.24. Marco Institucional para Regulaciones de Tráfico

No.	Organización	Nivel	No. De la Ley.	Año
1	Ley del tránsito en el camino público	Ley Nacional	Ley 7331	2004
2	Ley del comité nacional sobre seguridad del tránsito	Ley Nacional	Ley 8413	2005
3	Regulaciones sobre pesos y dimensiones de vehículos pesados	Regulación	No. 31363	2000
4	Manual centroamericano para el uso del control de tráfico	SIECA Manual		2005

Tabla 4.2.25. Peso Máximo Permitido y longitudes para los Carros

Tipo No.	Tipo de Carro	Configuración de los Ejes	No. de Ejes	No. de ruedas	Peso máximo permitido (tonelada)	Longitud Máxima permitida (m)
T2-S1	Carro con el Semi-carreta	1S-1D-1D	3	10	26.0	21.00
T2-S2	Carro con el Semi-carreta	1S-1D-2D	4	14	32.5	21.00
T2-S3	Carro con el Semi-carreta	1S-1D-3D	5	18	39.0	21.00
T2-S1-2	Carro con el Semi-carreta	1S-1D-1D-2D	5	18	42.5	21.00
T3-S1	Carro con el Semi-carreta	1S-2D-1D	4	14	32.5	21.00
T3-S2	Carro con el Semi-carreta	1S-2D-2D	5	18	39.0	21.00
T3-S3	Carro con el Semi-carreta	1S-2D-3D	6	22	45.5	21.00
T3-S1-2	Carro con el Semi-carreta	1S-2D-1D-2D	6	22	49.0	21.00
C2-R1	Carro con el acoplado doble	1S-1D-1D	3	10	26.0	21.00
C2-R2	Carro con el acoplado doble	1S-1D-1D-1D	4	14	36.0	21.00
C3-R1	Carro con el acoplado doble	1S-2D-1D	4	14	32.5	21.00
C3-R2	Carro con el acoplado doble	1S-2S-1D-1D	5	18	42.5	21.00
C3-R3	Carro con el acoplado doble	1S-2D-1D-2D	6	22	49.0	21.00
C4-R1	Carro con el acoplado doble	2S-2D-1D	5	16	39.5	21.00
C4-R1	Carro con el acoplado doble	1S-3D-1D	5	18	39.0	21.00
C4-R2	Carro con el acoplado doble	2S-2D-1D-1D	6	20	49.5	21.00
C4-R2	Carro con el acoplado doble	1S-3D-1D-1D	6	22	49.0	21.00
C4-R3	Carro con el acoplado doble	2S-2D-1D-2D	7	24	56.0	21.00
C4-R3	Carro con el acoplado doble	1S-3D-1D-2D	7	26	55.5	21.00

Fuente: Regulaciones de SIECA para el tráfico de camino

Nota: S=Simple eje, D=Doble Eje

4.2.4 Marco Internacional

El plan Puebla Panamá (PPP) es una infraestructura de USD $ 10 billones, los servicios y el programa de integración comercial afecta los nueve estados sureños de México, Guatemala, Belice, Honduras, Costa Rica y Panamá, consta de un paquete de 28 ´´ Mega Proyectos ´´ separados que promueven la integración regional. El PPP incluye la iniciativa de crear una Red Mesoamericana de carreteras conocida como RICAM. Esta red, que esta basada en los caminos existentes comprende dos corredores principales en el Atlántico y el Pacífico y una serie de rutas complementarias. Dos de los corredores están por se construidos, y atraviesan la frontera Texas-México, alrededor del Golfo de México.

RICAM busca el incremento de enlaces económicos regionales internos y externos al mejorar la integración de los corredores y armonizar las reglas y reglamentos de transportes. Para promover la integración, los transportistas de la región y los ministros de obras públicas establecieron la Comisión Técnica de la Iniciativa de Caminos. El BID (Banco Interamericano de Desarrollo), el BCIE (Banco Centroamericano de Integración Económica), el SIECA (Secretaría de Integración Económica Centroamericana) son las instituciones bancarias regionales y el sistema de integración económica proveen apoyo para está comisión.

SIECA formuló el ´´Plan Maestro de Transporte Regional para la década del 2001-2010´´, que es la base para el fortalecimiento y la organización del desarrollo del sector de transportes en América Central. Además de este plan maestro básico, SIECA a su vez creó los estándares y manuales internacionales para la construcción y el mantenimiento de caminos como: ´´Estándar de América Central para el diseño Geométrico de Caminos Regionales en el 2004´´ y el ´´Catálogo de América Central y el Manual para Reparación de Daños de Caminos de Pavimento en el 2000´´ para proveer a los países miembros con el conocimientos comunes en el campo de la construcción y mantenimiento de caminos.

El MOPT en Costa Rica está a cargo de comisionado ejecutivo de la Iniciativa Vial del PPP, esta iniciativa incluye: i) construcción, rehabilitación y mejoramiento de RICAM, ii) modernización de aduanas y pasos fronterizos, y iii) la armonización de las reglas y estándares técnicos del sector de transportes. Sin embargo, la coordinación del mantenimiento de puentes es menos activo que el de las carreteras.

4.3 Resultados Preliminares de la Evaluación de la Diferencia de Capacidad

Basados en una serie de entrevistas a un amplio rango de funcionarios, los resultados de la evaluación preliminar de las capacidades en los niveles individual, organizacional, institucional y social se resumen a continuación.

1) Nivel Individual

Las capacidades del nivel individual se refieren a los funcionarios calificados con: i) el conocimiento y las experiencias prácticas para inspección, diagnóstico, operación de BMS, planeamiento e implementación de reparación y rehabilitación, y ii) administración y responsabilidad del mantenimiento preventivo de puentes. Los resultados analizados por 5 grados hojas de evaluación tal como de mantenimiento. Laos resultados totales de las evaluaciones de las hojas de evaluación de 5 grados así como los resultados principales en este nivel se demuestra a continuación.

Tabla 4.3.1. Resultados de las Hojas de Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Individual)

No.		Artículos	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Grado 5
1		**Relevante conocimiento y experiencia práctica de los funcionarios**					
	1-a	Conocimiento y experiencias de destreza/práctica para la inspección y la diagnosis		●			
	1-b	Conocimiento y experiencias de destreza/práctica para la operación y la gerencia de BMS			●		
	1-c	Conocimiento y experiencias de destreza/práctica para el planeamiento de la reparación y del refuerzo		●			
	1-d	Conocimiento y experiencias de destreza/práctica para las valoraciones, hacer una oferta y la supervisión de costes		●			
	1-e	Conocimiento y experiencias de destreza/práctica para la consideración ambiental		●			
2		**Relevante habilidades directivas de los funcionarios para y mantenimiento del puente de la sensibilidad**					
	2-a	Planeamiento y capacidad de la gerencia para el control del presupuesto		●			
	2-b	Planeamiento y capacidad directiva para los recursos humanos		●			
	2-c	A corto plazo y planificación a largo plazo para el mantenimiento del puente		●			
	2.o	Comunicación capacidad para las actividades regulares		●			
	2-e	Comprensión en mantenimiento preventivo y la mente responsable para el mantenimiento del puente			●		

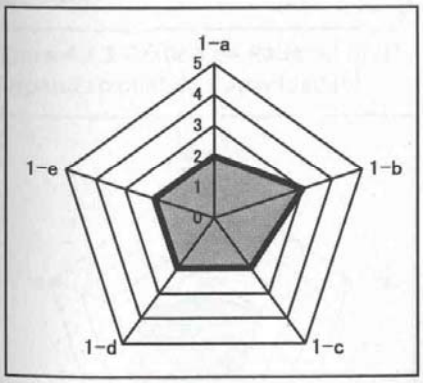


Figura 4.3.1 Gráfico de Radar el Nivel Individual de Capacidad (1)

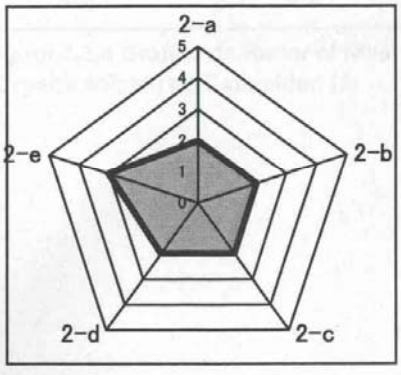


Figura 4.3.2 Gráfico de Radar el Nivel Individual de Capacidad (2)

(a) A pesar de que el departamento de de puentes del MOPT cuenta con pocos ingenieros, éstos no tienen el suficiente conocimiento ni la experiencia en términos de la práctica del mantenimiento de puentes.
(b) CONAVI no cuenta con ningún ingeniero de puentes calificado, a pesar de que contrata ingenieros civiles para las actividades de inspección de puentes.
(c) Existe una cantidad insuficiente de inspectores profesionales calificados tanto en el MOPT como en el CONAVI, a pesar de que el Departamento de Planificación del MOPT esta actualizando su base datos sobre puentes.
(d) Los funcionarios de las oficinas de Planificación y Financiero no conocen bien el significado de mantenimiento preventivo de los puentes bajo el concepto de '' Administración de Bienes''.
(e) A pesar de que algunos investigadores afiliados a las organizaciones de investigación de la Universidad de Costa Rica, entienden el significado de mantenimiento preventivo de los puentes, otros funcionarios del sector público así como el personal del sector privado no están tan al tanto de su importancia.
(f) A pesar de que algunos contratistas extranjeros cuentan con varios ingenieros calificados en puentes, el nivel de los ingenieros de los contratistas locales no alcanzan el nivel requerido.

2) Nivel organizacional

Las capacidad a nivel organizacional se refieren a i) desempeño organizacional (funciones, número de del personal calificado, mecanismos de toma de decisiones, habilidades de coordinación, sistema de insectitos, administración del personal, etc ii) sistema financiero y bajo contrato (cantidad y asignación del presupuesto para el mantenimiento y rehabilitación de puentes), iii) activos físicos e intelectuales para el mantenimiento y rehabilitación de los puentes. Los resultados de las evaluaciones a gran escala de la hojas de evaluación de 5 puntos así como los mayores resultados a este nivel se muestran a continuación.

Tabla 4.3.2. Resultados las hojas de Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Organizacional)

No.		Artículos	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Grado 5
3		**De organización funciones y funcionamiento**					
	3-a	De organización estructura para el mantenimiento del puente		●			
	3-b	Equilibrado demarcación de responsabilidades y de funciones y mecanismos en la central y niveles provinciales		●			
	3-c	Total funciones de organización tales como mecanismo y coordinación de la toma de decisión capacidad		●			
	3-d	Número de la gerencia cualificada del personal y de personal		●			
	3-e	Personal Sistema incentivo para el personal cualificado	●				
4		**Financiero recursos y sistema bajo contrato**					
	4-a	Cantidad y asignación del coste recurrente e indirecto para el mantenimiento del puente		●			
	4-b	Cantidad y asignación del coste directo del mantenimiento y de la rehabilitación	●				
	4-c	Outsourcing y sistema que contrae		●			
	4-d	Estándares para las valoraciones de costes y las especificaciones técnicas para el outsourcing		●			
	4-e	Capacidad nivel del sector privado			●		
5		**Físico y activos intelectuales**					
	5-a	Físico activos para el mantenimiento y la rehabilitación (equipo del puente de la inspección, repare las instalaciones, el etc.)	●				
	5-b	Físico activos para las actividades regulares (mobiliario de oficinas, etc.)		●			
	5-c	Intelectual activos para el mantenimiento y la rehabilitación del puente (manuales y base de datos)		●			
	5-d	BMS y el otro software para el mantenimiento del puente			●		
	5-e	Técnico estándares para el mantenimiento del puente		●			

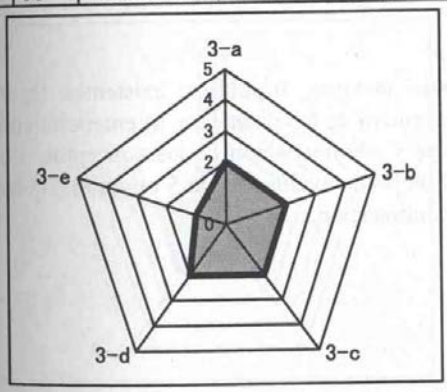


Figura 4.3.3 Gráfico de Radar el Nivel Organizacional de Capacidad (1)

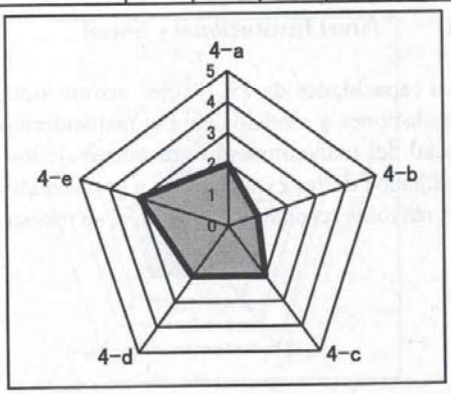


Figura 4.3.4 Gráfico de Radar el Nivel Organizacional de Capacidad (2)

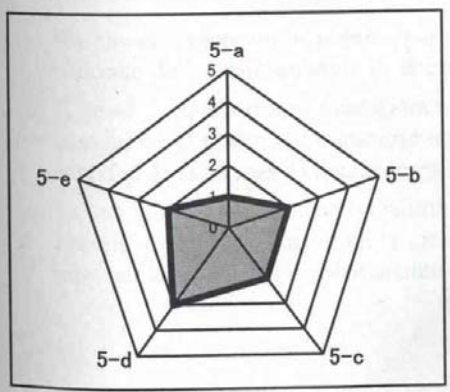


Figura 4.3.5 Gráfico de Radar el Nivel Organizacional de Capacidad (3)

(a) No existe sistema de inspección de puentes metódicos y comprensibles tanto en el MOPT como el CONAVI y la inspección de los puentes es básicamente dirigida con una inspección básica.

(b) El presupuesto para el mantenimiento de los puentes asignados para el MOPT y el CONAVI no es el suficiente, comparado con el de la construcción y mantenimiento de las carreteras.

(c) Las oficinas regionales del MOPT y el CONAVI no cuentan con suficientes recursos financieros par alas actividades de las inspecciones regulares.

(d) Los estándar de los diagnósticos de los daños en los puentes así como los manuales de inspección no están bien diseñados, a pesar de que el Departamento de Puentes está actualizando su base de datos, además, existe un faltante del equipo necesario para las actividades de inspección.

(e) En el sistema de concesión para el mantenimiento de las carreteras y los puentes, CONAVI y CNC no especifican las actividades de mantenimiento de los puentes de las compañías concesionarias.

(f) existe un faltante de oportunidades para la capacitación de los ingenieros de puentes e inspección en el MOPT y el CONAVI.

3) Nivel Institucional y Social

Las capacidades de los niveles institucional y social incluyen, i) políticas existentes, leyes, regulaciones y modelos para el mantenimiento preventivo de los puentes, y ii) entendimiento social del mantenimiento preventivo de los puentes y administración de los conceptos. Los resultados de las evaluaciones a gran escala de las hojas de evaluación de 5 puntos así como los mayores resultados a este nivel se muestran a continuación.

Tabla 4.3.3. Resultados de la Evaluación de la Diferencia de Capacidad (Nivel Institucional y social)

No.		Artículos	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Grado 5
6		**Existencia de políticas, de leyes, de regulaciones y de estándares para el mantenimiento preventivo de puentes**					
	6-a	Comprensión y conocimiento del mantenimiento preventivo de puentes entre políticos y funcionarios de la alto-graduación	●				
	6-b	Comprensión y conocimiento del mantenimiento preventivo de puentes entre financiero y autoridades de planeamiento		●			
	6-c	Existencia y aplicación de leyes, de regulaciones y de estándares en la inspección y diagnosis para los puentes		●			
	6-d	Existencia y aplicación de leyes, de regulaciones y de estándares en el diseño para los puentes		●			
	6-e	Existencia y aplicación de leyes, de regulaciones y de estándares en el control de tráfico para puentes		●			
7		**Social comprensión y conocimiento del mantenimiento preventivo de puentes y gerencia del conocimiento**					
	7-a	Comprensión y conocimiento del mantenimiento preventivo de puentes entre círculos académicos		●			
	7-b	Comprensión y conocimiento del mantenimiento preventivo de puentes entre ciudadanos ordinarios y conductores	●				
	7-c	Sociedad y colaboración en intercambio doméstico de la información técnica en medio sector público y sector privado		●			
	7-d	Sociedad y colaboración en intercambio doméstico de la información técnica en medio sector público y círculo académico		●			
	7-e	Sociedad y colaboración en intercambio de ultramar de la información técnica		●			

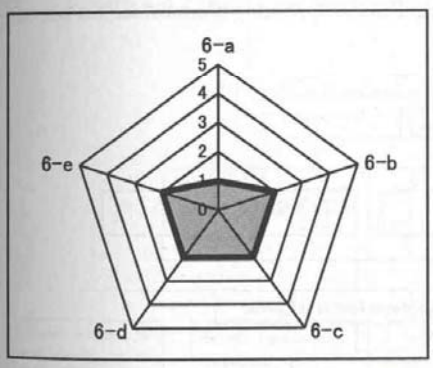


Figura 4.3.6 Gráfico de Radar el Nivel Institucional de Capacidad

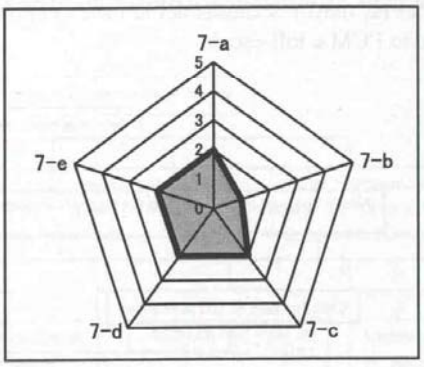


Figura 4.3.7 Gráfico de Radar del Nivel Social de Capacidad

(a) No hay un compromiso político para el mantenimiento de los puentes basado en el concepto de ´´Administración de Bienes´´.

(b) A pesar de que existen regulaciones para las capacidades de carga de los furgones basadas en el marco del transporte internacional, tales como PPP y SIECA, hay gran cantidad de camiones y contenedores sin pesar.

(c) La comprensión del concepto ´´Administración de Bienes´´ así como ´´Mantenimiento Preventivo´´ no es el mejor en la sociedad, mientras los ciudadanos comunes no estan muy interezados en el mantenimiento de los puentes existentes.

(d) No existen suficientes oportunidades para la colaboración entre los sectores público y privado con el fin de desarrollar nuevas tecnologías para el mantenimiento y la rehabilitación de los puentes.

4.4 Base del Problema y Análisis del Problema

"Análisis Del Problema" es un método para gráficamente exhibir el ambiente problemático relacionado con la materia de ediciones. El análisis pone problemas hacia fuera en un árbol de la causa y del efecto con las raíces y ramas que demuestran relaciones entre los problemas. Las raíces representan causativo los factores y las ramas representan efectos consiguientes. Un problema en un árbol es una de las causas del problema situado sobre así como el efecto del problema localizado debajo.

Basados de los resultados de las entrevistas y el análisis de las hojas de evaluación de 5-grados de puntuación, se condujo el análisis del problema a full-escala usando método PCM (Mantenimiento del ciclo del Proyecto). Por ejemplo, el problema base del ´´Mantenimiento Inapropiado de los Puentes´´ se deriva de i) capacidad insuficiente de mantenimiento de puentes, ii) estructura organizacional semanal de mantenimiento de puentes, iii) presupuesto insuficiente para mantenimiento de puentes, iv) imposición insuficiente de las leyes, regulaciones y estándar, y v) insuficiente conocimiento de administración del mantenimiento de los puentes. Más árboles de problemas detallados muestran las mayores causas del la base del problema están ilustrados a continuación usando el método PCM a full-escala.

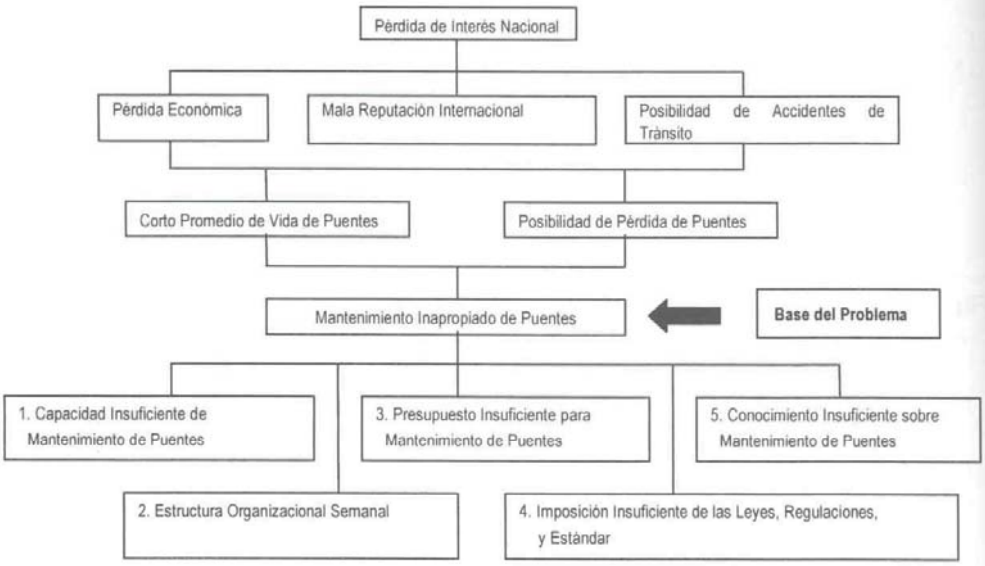


Figura 4.4.1. Árbol del Problema

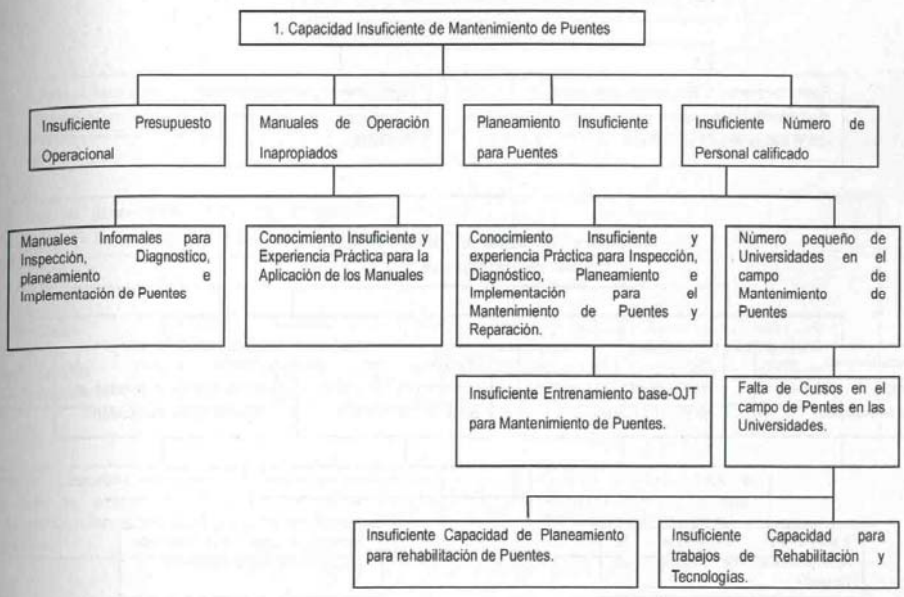


Figura 4.4.2. Árbol del Problema para Mantenimiento Insuficiente en Puentes

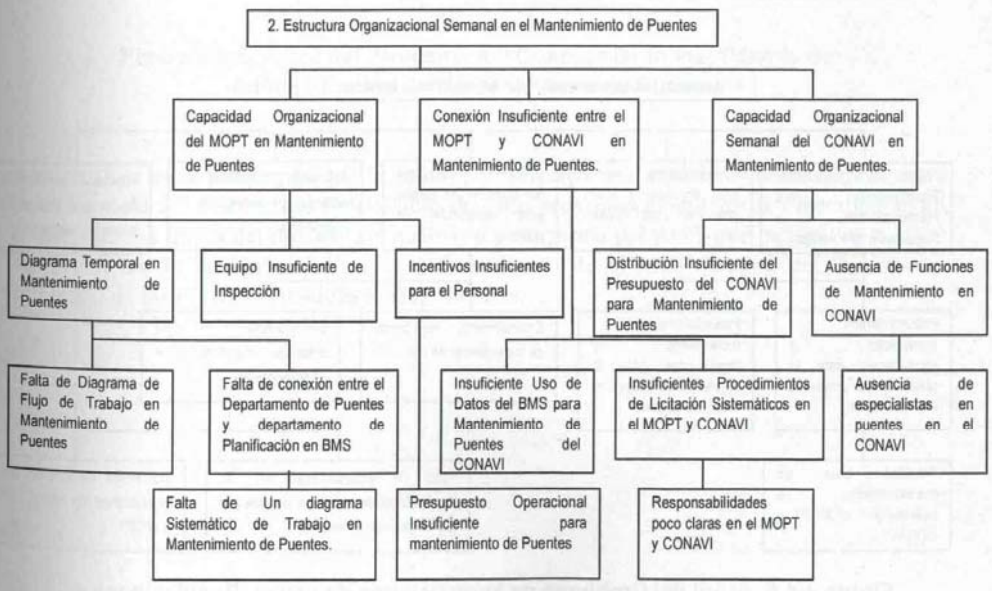


Figura 4.4.3. Árbol del Problema para Estructura Organizacional Semanal en Mantenimiento de Puentes

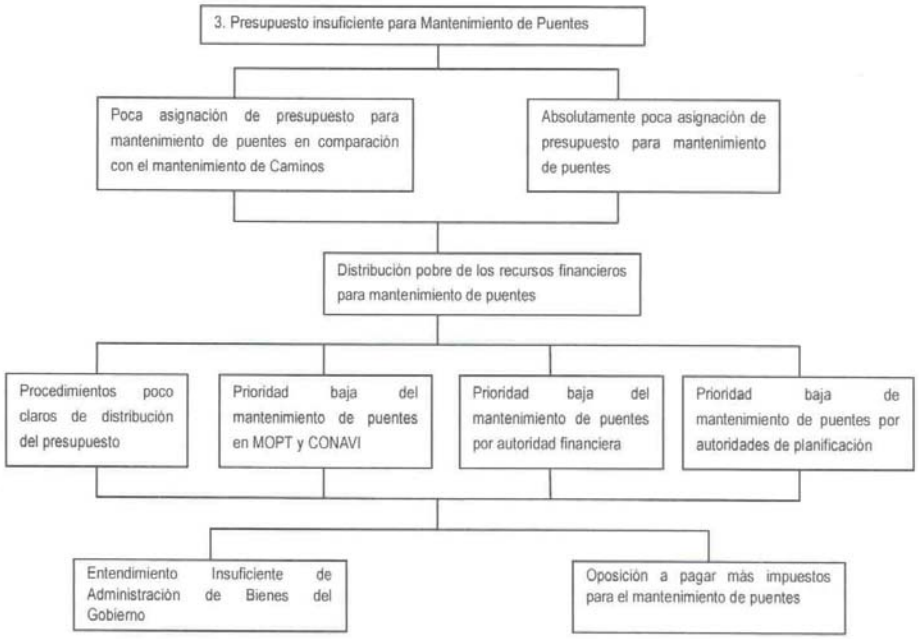


Figura 4.4.4. Árbol del Problema de Presupuesto Insuficiente para Mantenimiento de Puentes

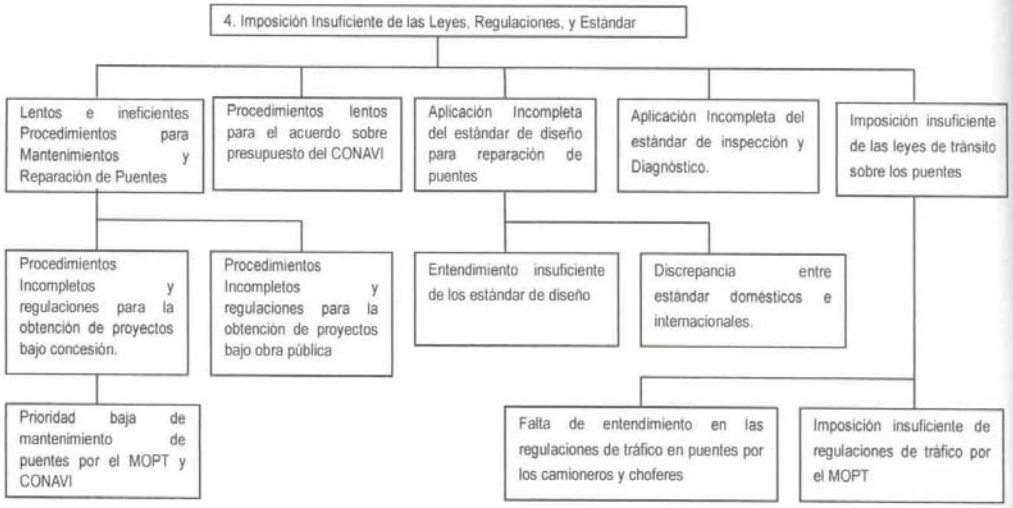


Figura 4.4.5. Árbol del Problema de Imposiciones de Leyes, Regulaciones y Estándar

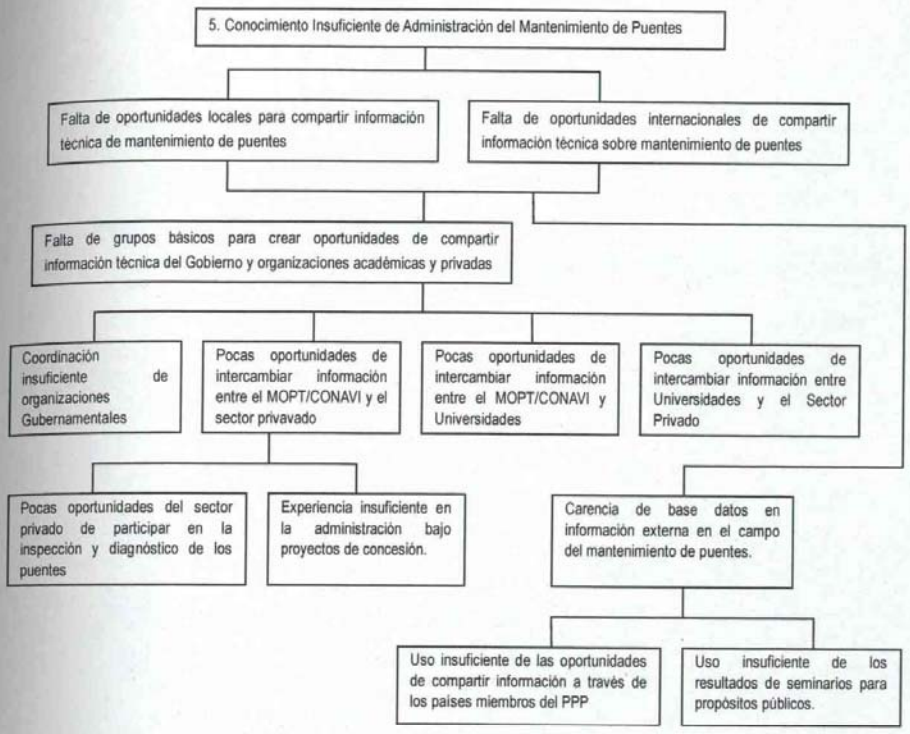


Figura 4.4.6. Árbol del Problema del Conocimiento Insuficiente de Administración de Mantenimiento de Puentes

Para resolver estos problemas, los 13 prototipos de proyectos modulares serán identificados en el Capítulo 5. Los contenidos detallados de estos proyectos modulares se especificarán en el Capítulo 5 a través del proceso del análisis a gran escala del ACP, que incluye: a) análisis del problema, b) análisis objetivo, y c) formulación de la MDP (Matriz del Diseño del Proyecto) de los proyectos modulares identificados.

CAPÍTULO 5 POLÍTICAS BÁSICAS PARA DESARROLLO DE CAPACIDAD

5.1 Acercamientos básicos y Políticas para el Desarrollo de Capacidad

Siguiendo el análisis del problema del Capítulo 4, fue descrito el análisis objetivo que convierte las situaciones presentes negativas descritas en el "problema ramificado" en una situación futura positiva redactando de nuevo los problemas en sus soluciones. El análisis objetivo ilustra una situación futura deseable que se lograría después de que se han resuelto los problemas.

Se ha concluido en Capítulo 5 que el problema del centro de " Mantenimiento Inapropiado de Puentes" se deriva de i) la capacidad de insuficiente mantenimiento de puentes, ii) la estructura organizacional débil en el mantenimiento de puentes, iii) el presupuesto insuficiente para el mantenimiento de puentes, iv) insuficientes leyes, regulaciones y normas, y v) insuficiente conocimiento en el mantenimiento de puentes.

El análisis objetivo pone los objetivos en "ramificaciones de medios y extremos" con raíces y ramas que muestran las relaciones entre los objetivos. Un objetivo en un árbol es uno de los significados del objetivo localizado sobre así como el final de los objetivos localizados abajo. En otros términos, la formulación lógica de un objetivo ramificado es "si-entonces" lo que quiere decir que si los objetivos mas bajos en la ramificación son logrados entonces los objetivos superiores se lograrán.

Por otro lado, el análisis alternativo es un proceso para identificar componentes del proyecto y las posibles opciones alternativas para la solución e identificación de problemas. Desde que un objetivo ramificado que usa relaciones de medios y extremos se crea, se establecen jerarquías de objetivos así, varias ramas generan grupos mostrando prototipos Proyectos Modulares.

En resumen, el análisis alternativo genera i) aproximación a la mejora de capacidad de mantenimiento, ii) aproximación a la capacidad organizacional, iii) aproximación a cambios de políticas, iv) aproximación a la mejora en el fortalecimiento institucional, v) aproximación al soporte de usuarios, vi) aproximación a cooperaciones técnicas internacionales. Estas alternativas de aproximación serían prototipos de 13 Proyectos Modulares.

Tabla 5.1.1. Aproximaciones Básicas Alternativas para Mantenimiento de Puentes

Aproximaciones Básicas	Prototipos para Módulos de Proyecto	Nivel
Aproximación a la Mejora de la Capacidad de Mantenimiento	Proyectos de Mejora de Capacidad Individual para Diagnostico e Inspección de Puentes	Individual
	Proyectos de Mejora de Capacidad Individual para Operación y Selección Prioritaria del SAP en Mantenimiento de Puentes	Individual
	Proyectos de Mejora de Capacidad Individual para Planificación e Implementación en Rehabilitación de Puentes	Individual
	Proyectos de Desarrollo del Recurso Humano para el Mantenimiento de Puentes	Individual
Aproximación a la Mejora de la Capacidad de Mantenimiento	Proyecto para el Fortalecimiento Organizacional del Departamento de Puentes del MOPT	Organizacional
	Proyecto de Instalación Organizacional del Departamento de Puentes en el CONAVI	Organizacional
	Proyecto de Promoción del Conocimiento en Administración de Puentes entre los Sectores Públicos, Privados y Académicos	Organizacional
Aproximación a los Cambios de Políticas	Proyecto del Recurso y Políticas de Administración para Autoridades Financieras y de Planificación	Institucional (Políticas)
Aproximación a la Mejora del Refuerzo Institucional	Proyecto de Mejora de Refuerzo para establecer Procedimientos y Regulaciones	Institucional
	Proyecto de Mejora de Refuerzo en Regulaciones Técnicas y Estándares de Diseño	Institucional
Aproximación al Soporte del Usuario	Proyecto de Soporte del Usuario de Puentes para el Recurso Administrativo y la Seguridad Vial	Social
	Imponer Políticas Tributarias y Proyectos de Campaña para el Recurso Administrativo	Social
Aproximación a la cooperación Técnica Extranjera	Proyecto de Intercambio de Información Extranjera para el Mantenimiento de Puentes	Social (Internacional)

Basado en las alternativas básicas anteriormente identificadas, se proponen las siguientes políticas básicas para la administración de puentes. El análisis objetivo relevante es ilustrado en la Figura 5.1.1.

(a) El acercamiento básico para el mantenimiento de puentes debe ser cambiado de "*mantenimiento básico ad*-hoc" por "*mantenimiento* preventivo" el cual se deriva del concepto de "*el recurso de* mantenimiento" para puentes. Desde que el presupuesto para el mantenimiento de puentes ronda el mínimo, el concepto de bien planeado "*costo del ciclo de vida*" debe ser incorporado en la planificación y en los acomodos presupuestarios del mantenimiento de puentes. Un compromiso político fuerte para la asignación óptima de los recursos financieros del mantenimiento de puentes es crítico para afianzar el presupuesto requerido basado en el concepto de "*mantenimiento preventivo*".

(b) El mantenimiento de puentes debe ser administrado no simplemente por la mejora de las tecnologías de mantenimiento y por el entrenamiento individual de ingenieros pero por la mejora del comprendimiento del mantenimiento de puentes por medio de módulos de proyecto en términos de capacidades de niveles individuales, organizacionales, institucionales y sociales.

(c) Responsabilidades ambiguas, deben ser clarificadas las responsabilidades, funciones y misiones de los departamentos del MOPT y el CONAVI, por medio del fortalecimiento de

las capacidades institucionales de los departamentos de ambas organizaciones. Las funciones del departamento de puentes del MOPT deben ser fortalecidas en el campo de i) formulación de estrategias básicas, ii) la asignación de un presupuesto, iii) operación del SAP, iv) prioridad de mantenimiento y reparación de puentes, y v) planeamiento en el mantenimiento y reparación de puentes. Por otro lado, se debe crear la sección relacionada a puentes en el CONAVI bajo la Dirección Conservación de Vías en cooperación con la Dirección de Ingenierita y la Dirección de Obras. El grupo de administración de puentes debe estar constituido por una representación de las organizaciones relevantes, debe ser establecida en la sección relacionada a puentes recién creada en el CONAVI.

(d) El flujo de trabajo ad-hoc para el mantenimiento de puentes debe ser estandarizado con su respectivo manual para el mantenimiento de puentes, realizando mas dinámicamente las funciones pertinentes a los departamentos del MOPT y CONAVI.

(e) Una gama amplia de recursos humanos en el campo de la administración de puentes debe ser diseñada tomando en cuenta lo siguiente:

i) El objetivo principal de los programas de entrenamiento debe ser crear un staff mantenimiento de puentes;
ii) Entrenar a los Ingenieros de vías, especialmente en EET (entrenamiento en el trabajo)) en el campo de trabajo deberá promoverse con el fin de utilizar al máximo al recurso humano tanto del MOPT como del CONAVI; y
iii) Entrenamiento técnico al staff, se debe enfatizar en el contrato base del personal de la Dirección de Conservación de Vías del CONAVI.

(f) Debe promoverse una gama amplia de colaboraciones en el campo de desarrollo de los recursos humanos y el intercambio de información técnica entre MOPT, CONAVI, organizaciones de investigación y compañías privadas.

(g) Refuerzo efectivo de leyes, estándares y regulaciones en el campo del mantenimiento de puentes, diseño de puentes, procedimientos de prevención y control de trafico; deben ser mejorados hasta elevar las capacidades al nivel institucional.

(h) Debe de asignarse el optimo presupuesto para el mantenimiento de puentes a través de:

i) Una asignación mas eficaz del presupuesto para el mantenimiento de puentes dentro de los limites presupuestales reales;
ii) Relocalización razonable del presupuesto para nuevos proyecto de construcción y obras de mantenimiento; y
iii) Relocalización razonable del presupuesto para trabajos de mantenimiento de obras y mantenimiento de puentes.

(i) Debe implementarse el soporte para usuarios y tributadores en el mantenimiento de puentes axial como la cooperación técnica extranjera de países como los países miembros de la PPP, con el propósito de extender social e internacionalmente el concepto de "*Mantenimiento Preventivo*" y "*Recurso de Mantenimiento*".

(j) El mantenimiento del Puente aun después de la finalización del Estudio es crítico. En otras palabras, la "estrategia de salida2 después de la culminación del Estudio debe ser definida de modos tales como:

i) Presupuesto sustancial para mantenimiento de puentes a largo plazo;
ii) Administración Visualizada de los módulos de proyecto a través de un plan de operaciones; y

iii) Monitoreo de los módulos de proyecto identificados utilizando indicadores verificables.

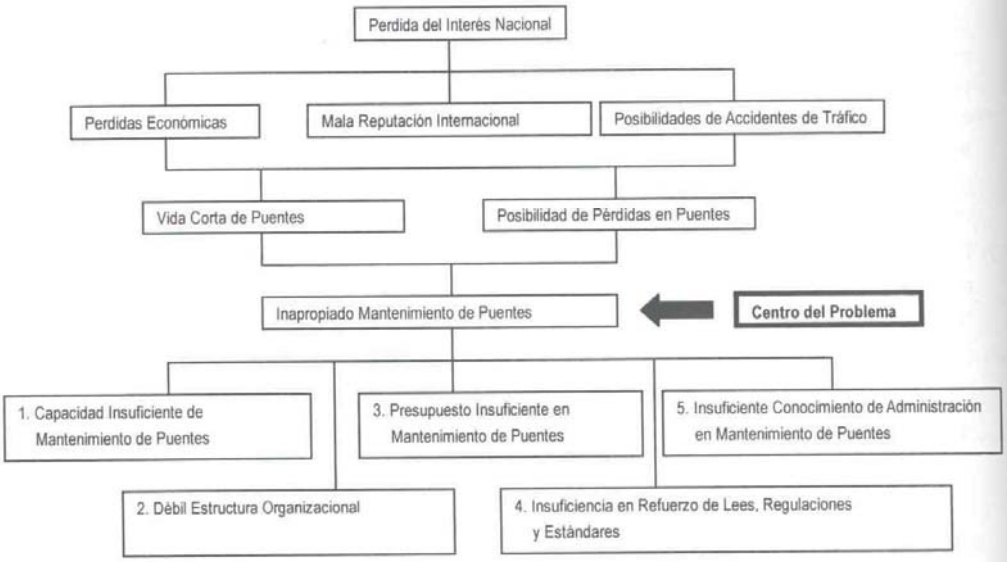
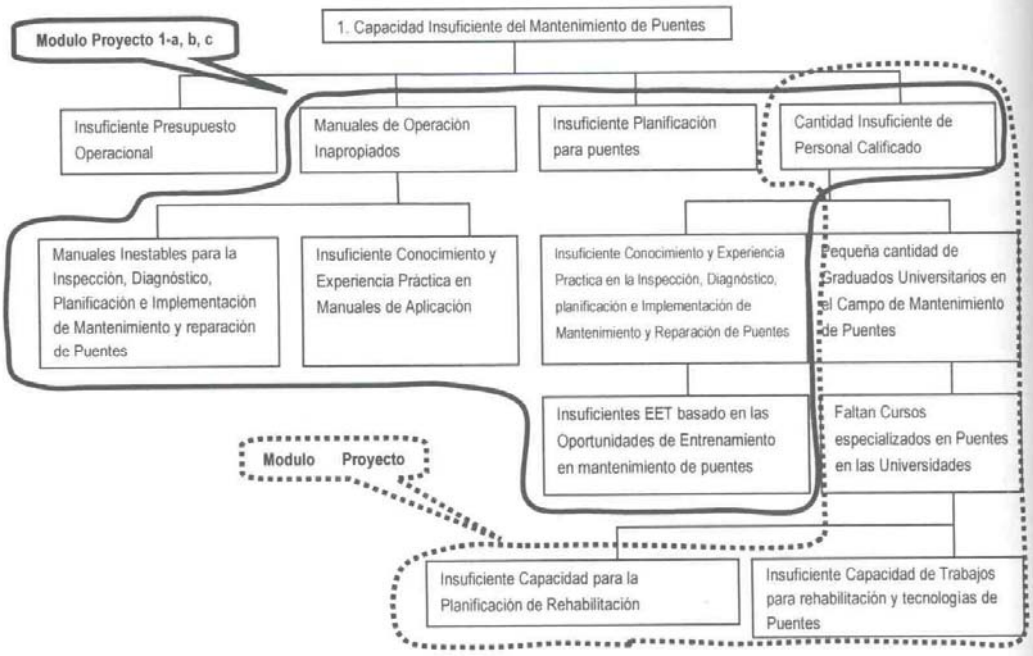
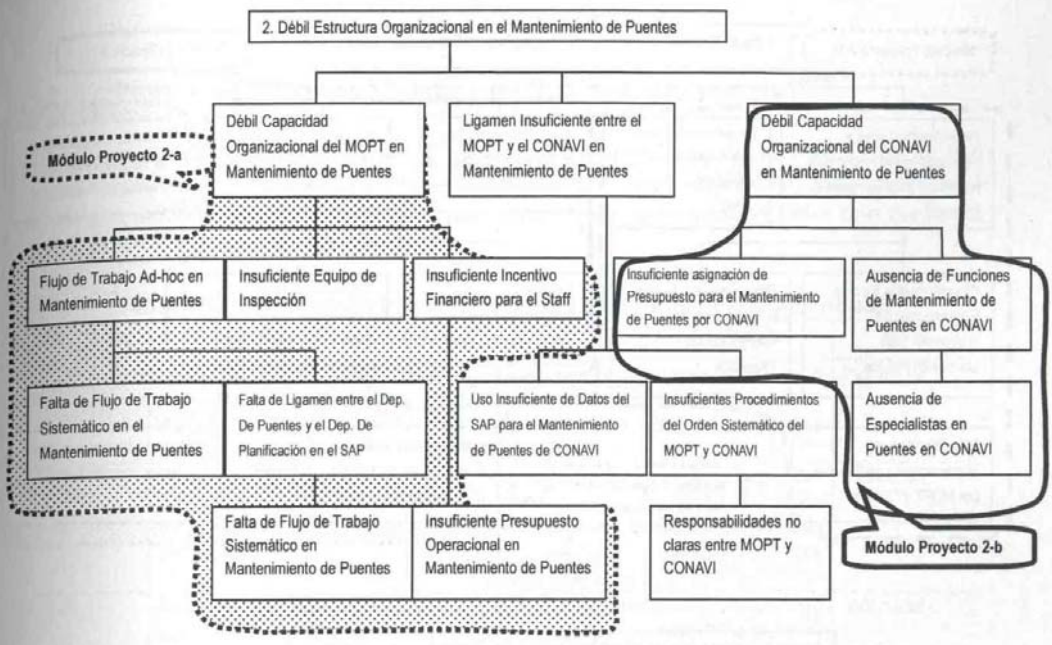
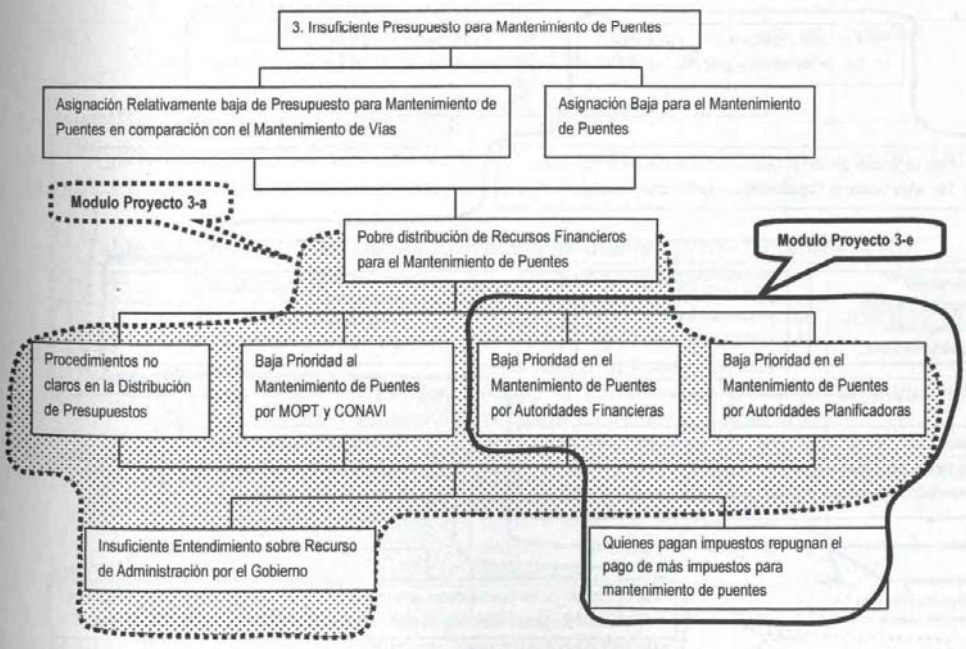


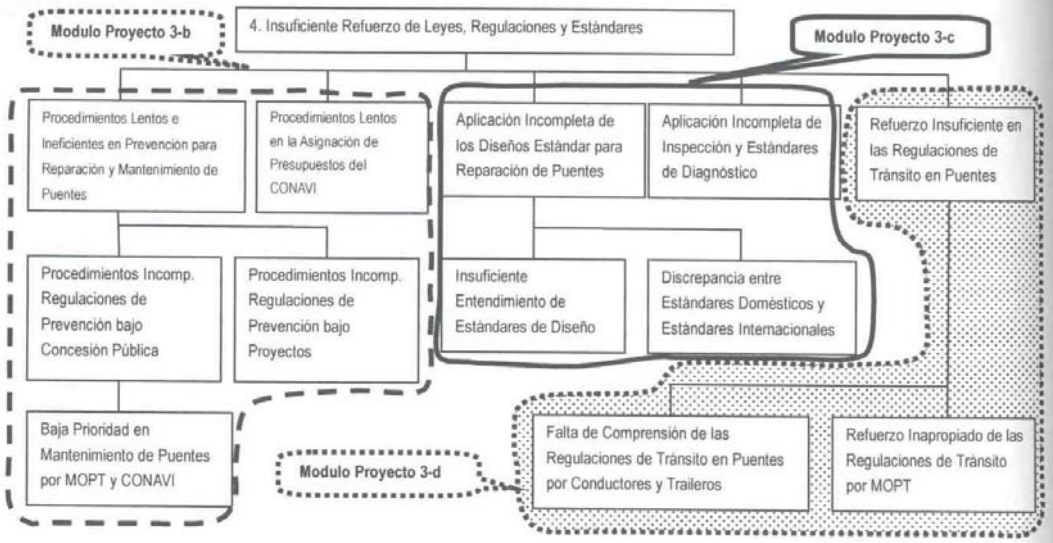
Figura 5.1.1. Problema Ramificado Global y Alternativas de Aproximación

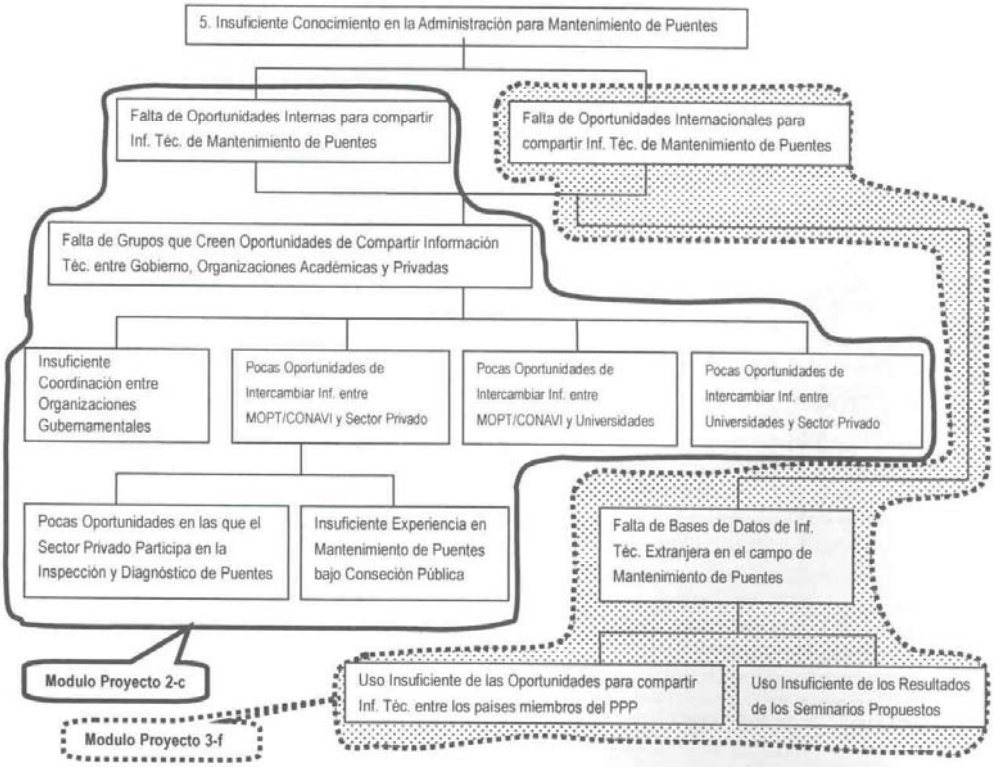
Nota: Alternativas de Aproximación para cada causa del problema principal son mostradas abajo




2. Débil Estructura Organizacional en el Mantenimiento de Puentes
Débil Capacidad Organizacional del MOPT en Mantenimiento de Puentes
Ligamen Insuficiente entre el MOPT y el CONAVI en Mantenimiento de Puentes
Débil Capacidad Organizacional del CONAVI en Mantenimiento de Puentes
Módulo Proyecto 2-a
Flujo de Trabajo Ad-hoc en Mantenimiento de Puentes
Insuficiente Equipo de Inspección
Insuficiente Incentivo Financiero para el Staff
Insuficiente asignación de Presupuesto para el Mantenimiento de Puentes por CONAVI
Ausencia de Funciones de Mantenimiento de Puentes en CONAVI
Falta de Flujo de Trabajo Sistemático en el Mantenimiento de Puentes
Falta de Ligamen entre el Dep. De Puentes y el Dep. De Planificación en el SAP
Uso Insuficiente de Datos del SAP para el Mantenimiento de Puentes de CONAVI
Insuficientes Procedimientos del Orden Sistemático del MOPT y CONAVI
Ausencia de Especialistas en Puentes en CONAVI
Falta de Flujo de Trabajo Sistemático en Mantenimiento de Puentes
Insuficiente Presupuesto Operacional en Mantenimiento de Puentes
Responsabilidades no claras entre MOPT y CONAVI
Módulo Proyecto 2-b


3. Insuficiente Presupuesto para Mantenimiento de Puentes
Asignación Relativamente baja de Presupuesto para Mantenimiento de Puentes en comparación con el Mantenimiento de Vías
Asignación Baja para el Mantenimiento de Puentes
Modulo Proyecto 3-a
Pobre distribución de Recursos Financieros para el Mantenimiento de Puentes
Modulo Proyecto 3-e
Procedimientos no claros en la Distribución de Presupuestos
Baja Prioridad al Mantenimiento de Puentes por MOPT y CONAVI
Baja Prioridad en el Mantenimiento de Puentes por Autoridades Financieras
Baja Prioridad en el Mantenimiento de Puentes por Autoridades Planificadoras
Insuficiente Entendimiento sobre Recurso de Administración por el Gobierno
Quienes pagan impuestos repugnan el pago de más impuestos para mantenimiento de puentes


Modulo Proyecto 3-b
4. Insuficiente Refuerzo de Leyes, Regulaciones y Estándares
Modulo Proyecto 3-c
Procedimientos Lentos e Ineficientes en Prevención para Reparación y Mantenimiento de Puentes
Procedimientos Lentos en la Asignación de Presupuestos del CONAVI
Aplicación Incompleta de los Diseños Estándar para Reparación de Puentes
Aplicación Incompleta de Inspección y Estándares de Diagnóstico
Refuerzo Insuficiente en las Regulaciones de Tránsito en Puentes
Procedimientos Incomp. Regulaciones de Prevención bajo Concesión Pública
Procedimientos Incomp. Regulaciones de Prevención bajo Proyectos
Insuficiente Entendimiento de Estándares de Diseño
Discrepancia entre Estándares Domésticos y Estándares Internacionales
Baja Prioridad en Mantenimiento de Puentes por MOPT y CONAVI
Modulo Proyecto 3-d
Falta de Comprensión de las Regulaciones de Tránsito en Puentes por Conductores y Traileros
Refuerzo Inapropiado de las Regulaciones de Tránsito por MOPT


5. Insuficiente Conocimiento en la Administración para Mantenimiento de Puentes
Falta de Oportunidades Internas para compartir Inf. Téc. de Mantenimiento de Puentes
Falta de Oportunidades Internacionales para compartir Inf. Téc. de Mantenimiento de Puentes
Falta de Grupos que Creen Oportunidades de Compartir Información Téc. entre Gobierno, Organizaciones Académicas y Privadas
Insuficiente Coordinación entre Organizaciones Gubernamentales
Pocas Oportunidades de Intercambiar Inf. entre MOPT/CONAVI y Sector Privado
Pocas Oportunidades de Intercambiar Inf. entre MOPT/CONAVI y Universidades
Pocas Oportunidades de Intercambiar Inf. entre Universidades y Sector Privado
Pocas Oportunidades en las que el Sector Privado Participa en la Inspección y Diagnóstico de Puentes
Insuficiente Experiencia en Mantenimiento de Puentes bajo Conseción Pública
Falta de Bases de Datos de Inf. Téc. Extranjera en el campo de Mantenimiento de Puentes
Modulo Proyecto 2-c
Modulo Proyecto 3-f
Uso Insuficiente de las Oportunidades para compartir Inf. Téc. entre los paises miembros del PPP
Uso Insuficiente de los Resultados de los Seminarios Propuestos

5.2 Proyectos de Prototipo Modular para Desarrollo de Capacidad

Basado en alternativas aproximadas de análisis alternativas bajo el método PCM se han identificado 13 proyectos de prototipo modular. En el nivel individual, los siguientes 4 proyectos modulares están identificados para remover los niveles individuales tipo cuello de botella.

Tabla 5.2.1. Lista Preliminar de Proyectos Modulares (Nivel Individual)

MDP No.	Nombre del Proyecto Modular	Contorno del Proyecto Modular	Nivel
1-a	Mejora de la Capacidad Individual del Proyecto Modular para Inspección y Diagnóstico de Puentes	Mejorar significativamente la capacidad de los ingenieros del MOPT y CONAVI en el campo de Inspección y Diagnóstico.	Individual
1-b	Mejora de la Capacidad Individual para Operación del SAP y Prioridad de Selección para Mantenimiento de Puentes	Mejorar significativamente la capacidad de los ingenieros del MOPT y CONAVI en el campo de operación del SAP y en la selección prioritaria para mantenimiento de puentes	Individual
1-c	Mejora de la Capacidad Individual para Planificación e Implementación de Rehabilitación de Puentes	Mejorar significativamente la capacidad de los ingenieros del MOPT y CONAVI en el campo de planificación e implementación de rehabilitación de puentes	Individual
1-d	Desarrollo del Recurso Humano para Proyectos de Mantenimiento de Puentes	Asegurar una cantidad suficiente de recursos humanos calificados en el campo de mantenimiento de puentes en una base a largo plazo	Individual

En el nivel organizacional, los siguientes 3 proyectos modulares de proyecto están identificados para remover los niveles organizacionales tipo cuello de botella.

Tabla 5.2.2. Lista Preliminar de Proyectos Modulares (Nivel Organizacional)

MDP No.	Nombre del Proyecto Modular	Contorno del Proyecto Modular	Nivel
2-a	Proyectos de Fortalecimiento Organizacional en el Departamento de Puentes del MOPT	Mejorar significativamente las funciones y desempeños del departamento de Puentes del MOPT	Organizacional
2-b	Proyecto de Instauración Organizacional de Departamento de Puentes en el CONAVI	Instalar el funcionamiento Efectiva y Sustancial de un Nuevo departamento de puentes en el CONAVI	Organizacional
2-c	Proyectos Promovedores del Conocimiento Administrativo entre los sectores Público, Privado y Académico	Promover el intercambio de conocimiento e información de mantenimiento de puentes entre los sectores públicos, privados y académicos	Organizacional

En el nivel institucional y social, los siguientes 6 proyectos modulares están identificados para remover los niveles organizacionales tipo cuello de botella.

Tabla 5.2.3. Lista Preliminar de Proyectos Modulares (Nivel Institucional y Social)

MDP No.	Nombre del Proyecto Modular	Contorno del Proyecto Modular	Nivel
3-a	Proyecto de Introducir Políticas de Recursos Administrativos para Autoridades Financieras y de Planificación	Incorporar conceptos de *"recurso administrativo"* y *"mantenimiento preventivo"* en presupuestos y procesos de planificación en el gobierno	Institucional (Política)
3-b	Proyectos de Mejora de Refuerzo para Procedimientos Preventivos, Regulaciones y Estándares	Mejorar significativamente el refuerzo de procedimientos de prevención, regulaciones, y estándares técnicos bajo contratación directa	Institucional
3-c	Proyectos de Mejora de Refuerzo para Regulaciones Técnicas y Estándares de Diseño	Mejorar significativamente el refuerzo de procedimientos de prevención, regulaciones, y estándares técnicos bajo contratación directa y conseción pública	Institucional
3-d	Soporte de usuarios de Puentes Y Proyectos de Campaña para Administración de Recursos y Seguridad Vial	Mejorar significativamente el entendimiento de los usuarios como los traileros y otros conductores en *"administración de recursos"* y *"mantenimiento preventivo"* de puentes	Social (Interno)
3-e	Soporte a Tributadores y proyectos de Campaña para Administración de Recursos	Mejorar significativamente el entendimiento de los tributadores en *"administración de recursos"* y *"mantenimiento preventivo"* de puentes	Social (Interno)
3-f	Proyecto de Intercambio de Información con el Extranjero en Mantenimiento de Puentes	Extender el concepto de *"Administración de recursos"* y *"mantenimiento preventivo"* de puentes hacia sociedades regionales como los miembros del PPP	Social (Internacional)

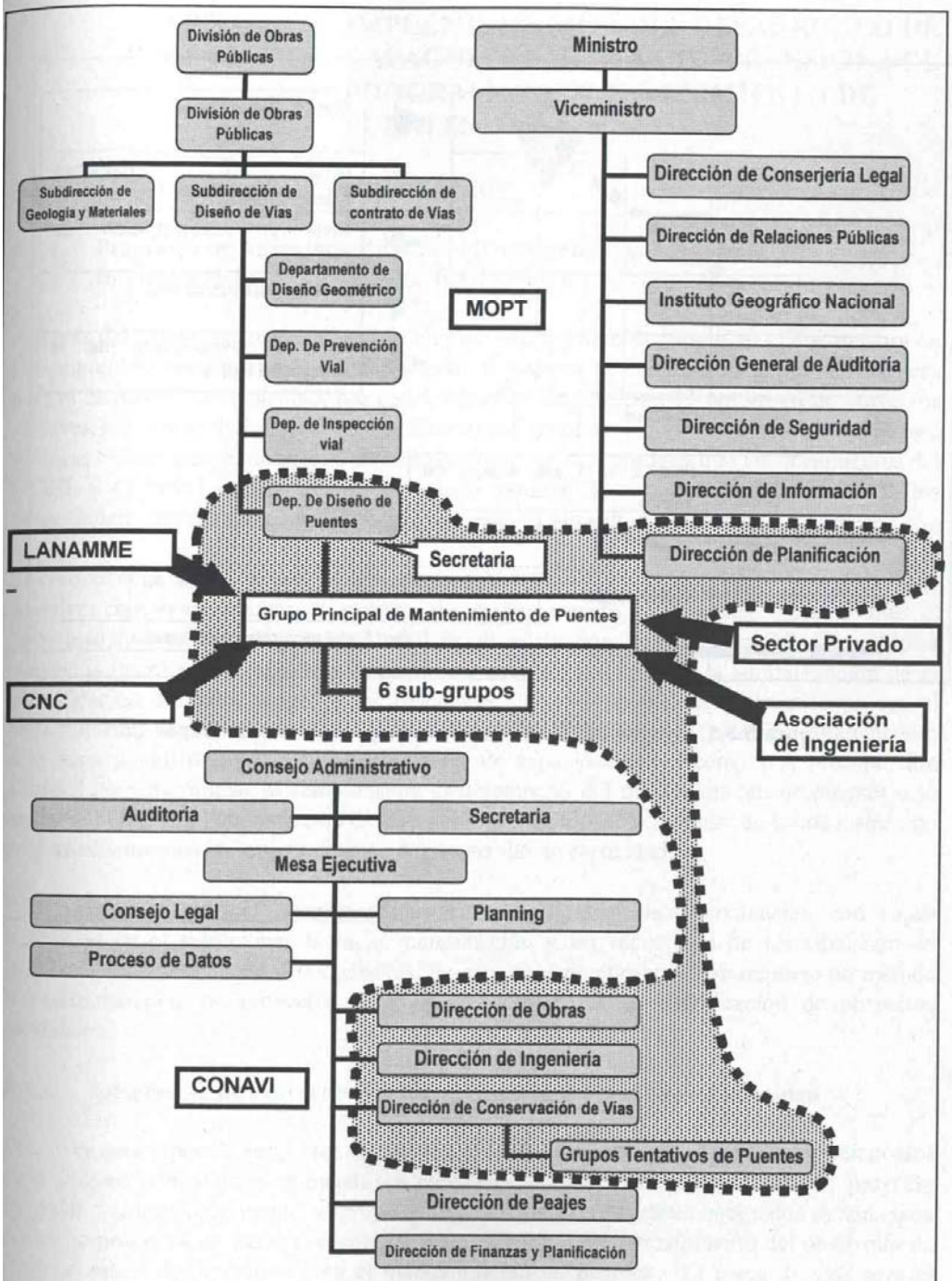


Figura 5.4.1. Imagen de la Estructura Organizacional del Grupo Principal de Mantenimiento de Puentes

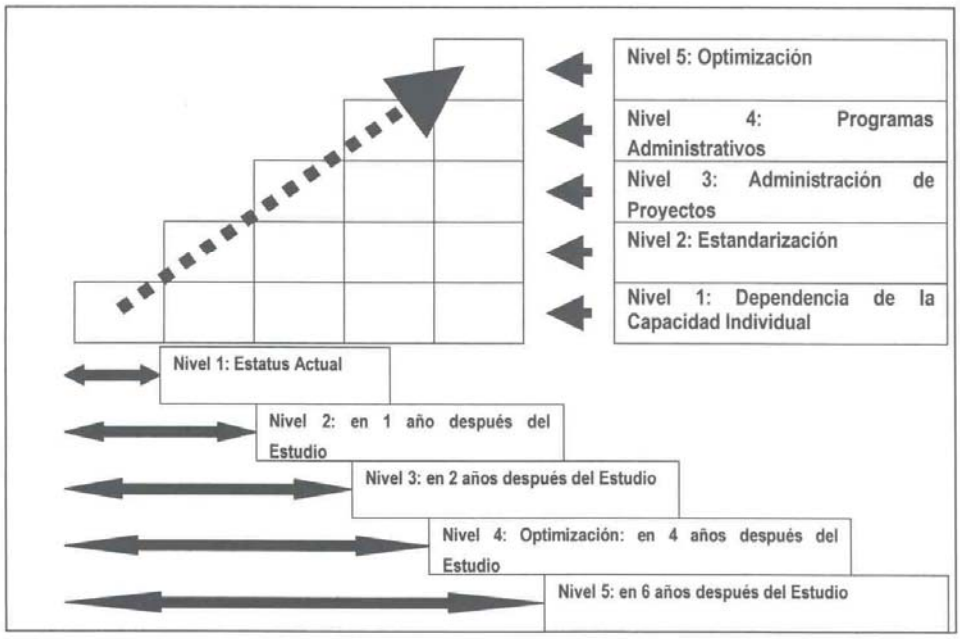


Figura 5.5.1. Imagen del Nivel Objetivo del Desarrollo de Capacidad

CAPÍTULO 6 IMPLEMENTACIÓN DEL DESARROLLO DE CAPACIDAD PARA LA COMPRENSION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE PUENTES

6.1 Metodologías y Procedimientos Básicos

6.1.1 Programa de Aproximación como Metodologías Básicas para la Implementación del Desarrollo de Capacidad

A través del amplio rango de las actividades de valoración de la capacidad para la mejora en la comprensión del sistema de mantenimiento de puentes, se han formulado políticas básicas para el desarrollo de capacidad, por consiguiente se identificaron 13 prototipos de proyectos en niveles de capacidad individual, organizacional, institucional y social. Sin embargo, esas políticas básicas para el desarrollo de capacidad son tan conceptuales que los lineamientos del MOPT y CONAVI encontraran dificultad en explorar la metodología operacional y los procedimiento actualmente implementados en esos 13 proyectos de prototipos modulares.

Es reconocido que ese ***"proyecto de aproximación"*** basado en un simple proyecto aislado no resuelve comprensivamente el sistema de mantenimiento de puentes. Desde que el ***"proyecto de aproximación"*** es el proceso de administración como un portafolio de múltiples proyectos interdependientes, la aproximación puede ser utilizada en la administración de la identificación de múltiples proyectos modulares. El programa de aproximación provee el desarrollo de capacidad con una plataforma operacional común para implementar eso proyectos modulares. Aunque el desarrollo de capacidad actúa como una precondición cardinal para maximizar sosteniblemente el desempeño del mantenimiento de puentes a lo ancho del país, la implementación de cada prototipo de proyecto modular de forma aislada no será satisfactorio en la implementación del desarrollo de capacidad.

"La administración del programa" provee un programa de aproximación con capas enfocadas en el seleccionar la mejor combinación y las secuencias de identificación de proyectos modulares. En otras palabras, un programa de aproximación requiere un método de administración de proyectos como el de administrar la identificación de proyectos modulares.

6.1.2 Integración de Proyectos Modulares para el Desarrollo de Capacidad

Los trece prototipos de proyectos modulares identificados en el Capitulo 5 están integrados en 5 proyectos modulares, tomando en cuenta la similitud de cada prototipo de proyecto modular. Consecuentemente, el grupo de los 5 proyectos modulares integrados es apreciado como un programa de mantenimiento de puentes para el comprendimiento del desarrollo de un gran rango de capacidades en el mantenimiento de puentes. El mapa de vías para el desarrollo de capacidad esta integrado en los 5 proyectos modulares, por consiguiente ilustrando una ruta bien definida para lograr el mantenimiento de puentes. La Tabla 6.1.1 muestra una lista de proyectos modulares integrados juntos con el prototipo de proyecto modular original.

Tabla 6.1.1. Lista de 5 Proyectos Modulares Integrados

No. de Proyecto Modular Prototipo	Contenidos de la Integración de Proyectos Modulares	No. de Proyecto Modular Integrado
Proyecto Modular Integrado 1 (MP-1: Capacidad Individual de Proyectos de Construcción para el MOPT y CONAVI)		Matriz de Diseño de Proyecto (MDP-1)
1-a	Proyecto de Mejora de Capacidad Individual para la Inspección y el Diagnostico	
1-b	Proyecto de Mejora de Capacidad Individual para la Operación del SAP, Priorización de Selección y Planeamiento de Rehabilitación de Puentes	
1-c	Proyecto de Mejora de Capacidad Individual para la Implementación de la Rehabilitación de Puentes	
Proyecto Modular Integrado 2 (MP-2: Proyecto de Construcción Institucional para el MOPT y CONAVI)		Matriz de Diseño de Proyecto (MDP-2)
2-a	Proyecto de Fortalecimiento Institucional para la Dirección de Puentes del MOPT	
2-b	Proyecto de Fortalecimiento Organizacional para el Nuevo Departamento relacionado a Puentes del CONAVI	
Proyecto Modular Integrado 3 (MP-3: Proyecto de Desarrollo de Recursos a largo plazo e Intercambio Técnico)		Matriz de Diseño de Proyecto (MDP-3)
1-d	Proyecto de Desarrollo de Recursos a Largo Plazo	
2-c	Proyecto de Intercambio Técnico Publico-Privado-Académico	
3-f	Proyecto de Intercambio Técnico de los paises del PPP	
Proyecto Modular Integrado 4 (MP-4: Proyecto de Mejora de Regulaciones y Estándares)		Matriz de Diseño de Proyecto (MDP-4)
3-b	Proyecto de Mejora de Regulaciones Técnicas y Estándares de Diseño	
3-c	Proyecto de Mejora en Adquisición de Procedimientos y Regulaciones	
Proyecto Modular Integrado 5 (MP-5: Proyecto de Promoción de Relaciones Publicas y Defensas)		Matriz de Diseño de Proyecto (MDP-5)
3-a	Proyecto de la Defensa de Valores par alas Autoridades Financieras y Planificadoras	
3-d	Proyecto de Las Relaciones Publicas y Defensas de los Usuarios de Puentes	
3-e	Proyecto de las Relaciones Públicas y Defensas a los Contribuyentes	

6.1.3 Estableciendo el GCMP y los Grupos de Trabajo

Como un cuerpo de apoyo para la implementación del desarrollo de capacidad y mejorar la comprensión de las actividades de mantenimiento de puentes del MOPT y CONAVI, se establece el "Grupo Consultivo de Mantenimiento de Puentes", el cual esta formado por representantes de varias organizaciones. Las funciones principales del GCMP están descritas a continuación y en la Tabla 6.1.2 se muestra la relación entre los 5 grupos de trabajo y los 5 proyectos modulares integrados.

(a) La GCMP deberá funcionar como un cuerpo consejero y consultor que ayuda a fortalecer la capacidad institucional de la nueva dirección de puentes de MOPT establecida y crear el departamento relacionado con puentes de CONAVI.

(b) El flujo de trabajo ad-hoc para las actividades de mantenimiento de puentes se deberá

estandarizar al marcar las diferencias de responsabilidades entre MOPT y CONAVI.

(c) El GCMP consiste del secretariado y los 5 grupos de trabajo, y miembros del GCMP incluyendo los representantes de las siguientes organizaciones.

i) Dirección de Puentes del MOPT
ii) Dirección de Planificación del MOPT
iii) Dirección de Planificación y Evaluación de CONAVI
iv) Comité Nacional de Concesiones
v) Universidad de Costa Rica y otras universidades.
vi) LANNAME y otras organizaciones de investigación asociadas.
vii) Colegio de Ingenieros.
viii) Representantes de la Asociación de Compañías de Camiones
ix) Representantes de la Asociación de Contratistas.

(d) El *"Plan de Operaciones"* para la MDP deberá ser compartida entre todos los miembros del GCMP para visualizarlos como una herramienta de administración efectiva.

Tabla 6.1.2. 5 Grupos para la GCMP y Proyectos Modulares Relacionados

GT No.	Grupo de Trabajo	Proyectos Modulares Relacionados
GT-1	Grupo de Trabajo para Construcción de Capacidad Individual	Proyecto Modular 1
GT-2	Grupo de Trabajo para Construcción Institucional del MOPT y CONAVI	Proyecto Modular 2
GT-3	Grupo de Trabajo para Desarrollo de Recursos Humanos a Largo Plazo	Proyecto Modular 3
GT-4	Grupo de Trabajo para la Mejora de Leyes, Regulaciones y Estándares	Proyecto Modular 4
GT-5	Grupo de Trabajo para la Promoción de las Relaciones Públicas	Proyecto Modular 5

La asignación de la responsabilidad de los miembros del GCMP para cada grupo de trabajo también se tabula en la Tabla 6.1.3.

Tabla 6.1.3. Propuesta de Asignación de Responsabilidades de los Grupos de Trabajo de GCMP

Miembro	GT1	GT2	GT3	GT4	GT5
Dirección de Puentes, MOPT	●	●	●	●	●
Dirección de Planificación, MOPT	●	●	●		●
CONAVI	●	●	●	●	●
MIDEPLAN		●			●
Ministerio de Economía		●			●
Comisión Nacional de Conseciones				●	
Universidad de Costa Rica y otras Universidades	●		●	●	
LANAMME	●		●	●	
Colegio de Ingenieros			●	●	
Asociación de Contratistas (Sector Privado)			●	●	
Asociación de Transportistas				●	●

Nota ● = Miembro del Grupo de Trabajo GT

6.1.4 Horario Básico para el Desarrollo de Capacidad

El marco de tiempo básico que se requiere para implementar la iniciativa de desarrollo de capacidad para que alcance los objetivos de proyectos modulares es de un tiempo considerable. Se puede observar que los proyectos de desarrollo de capacidad son complicados y multi-modulares por loq eu podría tardar aproximadamente 5 años, además, del período de preparación para completar el desarrollo de capacidad con proyectos modulares integrados en el campo del mantenimiento de puentes.

Con base en este reconocimiento, el período de implementación de los 5 proyectos modulares integrados comenzará sustancialmente el año fiscal 2007 y se completa en el año fiscal 2012. Por lo que en el año fiscal 2007 se inicia con el periodo de preparación.

6.1.5 Conductores Claves para el Desarrollo de Capacidad

El rendimiento, la motivación y los incentivos se identifican como ingredientes interrelacionados clave de las actividades del desarrollo de capacidad exitoso además de los aspectos tangibles tales como las habilidades, recursos financieros y estructuras organizacionales. Se identificó un rendimiento fuerte como uno de los atributos fundamentales para asegurar la que el desarrollo de capacidad sea sostenible.

Los incentivos juegan un papel importante al movilizar y hacer uso de las capacidades existentes. Formas monetarias y no monetarias de incentivar contribuyen a realzar la disponibilidad de los involucrados para mejorar las capacidades al asegurar la capacidad efectiva que se traduce en un buen rendimiento de individuos, organizaciones y sociedades. La tabla 6.1.4 indica los incentivos invisibles y no monetarios para los miembros del GCMP. Estos incentivos no monetarios serán los conductores clave más efectivos entre varios factores que rodean el proceso de desarrollo de capacidad.

Tabla 6.1.4. Incentivos para Miembros del GCMP

Miembros	Incentivos
MOPT y CONAVI	Para establecer el comprendimiento del sistema de mantenimiento de puentes para la red vial nacional
Ministerio de Economía y MIDEPLAN	Para utilizar eficientemente los recursos financieros nacionales a través del mantenimiento de puentes preventivo
Comisión Nacional de Concesiones	Para establecer un eficiente procedimiento bajo las condiciones del sistema
Universidades y Organizaciones de Investigación	Para establecer cursos relacionados a puentes en las Universidades
Asociación de Compañías de Transportistas	Para disfrutar de trafico seguro
Asociación de Consultores	Para expandir el outsourcing del Mercado para le mantenimiento y rehabilitación de puentes

6.2 Matriz del Diseño del Proyecto, la Estructura del Trabajo y el Plan de Operaciones

6.2.1 Matriz del Diseño del Proyecto

El resumen del proyecto modular se expresa en la forma de la MDP (Matriz de Diseño del Proyecto) la cual es una matriz de cuatro por cuatro para disponer un diseño de proyecto y cada cajón en la MDP contiene la siguiente información específica de los 5 proyectos modulares integrados. La MDP para los 5 proyectos modulares integrados se encuentra de la Tabla 6.2.1. a la Tabla 6.2.5.

(a) ***El Resumen Narrativo*** se refiere a la jerarquía de objetivos y hace la distinción entre la estrategia del programa ***(Meta General)***, los impactos del proyecto ***(Propósito del Proyecto)***, producción del proyecto ***(Salidas)*** y las actividades claves ***(Actividades)***.
(b) ***El Indicador Verificable Objetivamente*** indica los indicadores del rendimiento que definen la cantidad, calidad y el tiempo para cada objetivo.
(c) ***Los Medios de Verificación*** se refieren a las Fuentes de datos para los indicadores verificables objetivamente.
(d) ***Suposiciones Importantes*** describe las otras en las que el proyecto modular depende de su éxito.
(e) ***Pre-condiciones*** indica los prerrequisitos para dar comienzo al proyecto modular o implementar las actividades.
(f) ***Las Contribuciones*** se requieren para implementar las actividades en la casilla inferior en la segunda columna.

Tabla 6.2.1. Matriz de Diseño de Proyecto Preliminar (Proyecto Modular 1)

Resumen	Indicadores Verificables de Objetivos	Significado de Verificación	Suposiciones Importantes
Objetivo Global: todos los puentes de la red vial nacional serán mantenidos y reparados sustancialmente a largo plazo por medio del entrenamiento y capacitación del personal del MOPT y CONAVI.	Para el final del año fiscal del 2012, todos los puentes de la red vial nacional serán mantenidos y reparados rotacionalemente en 5 años (350 puentes por año) por medio del entrenamiento y capacitación del personal del MOPT y CONAVI.	Datos de Inventario de Puentes en el SAEP	El entrenamiento de un amplio numero de personal calificado con experiencia relevante en las áreas prioritarias del mantenimiento de puentes de Costa Rica
Propuesta de Proyecto: 1. Todos los puentes de la red vial nacional serán mantenidas y reparadas por el amplio numero de personal calificado del MOPT y CONAVI que tienen la siguiente experiencia. 1. Inspección de Puentes. 2. Administración del SAEP. 3. Diagnóstico y Priorización de Selección. 4. Planeamiento de Reparación. 5. Obras de Reparación	Para el final del año fiscal del 2012, todos los puentes de la red vial nacional serán mantenidos y reparados por el amplio número de personal calificado del MOPT y CONAVI que tienen la siguiente experiencia. 1. Inspección de Puentes. 2. Administración del SAEP. 3. Diagnóstico y Priorización de Selección. 4. Planeamiento de Reparación. 5. Obras de Reparación	Registro de Inspección y Reparación	Se implementara rotacionalemente a través de la totalidad de operaciones el entrenamiento de personal y las obras de mantenimiento y reparación en todos los puentes.
Resultados: 1. el amplio numero de personal calificado del MOPT y CONAVI que tienen la apropiada experiencia será entrenada en: 1. Inspección de Puentes. 2. Administración del SAEP. 3. Diagnóstico y Priorización de Selección. 4. Planeamiento de Reparación. 5. Obras de Reparación	Para el final del año fiscal del 2012, el requerimiento de personal calificado del MOPT y CONAVI que tienen la apropiada experiencia será entrenado en: 1. Inspección de Puentes. 2. Administración del SAEP. 3. Diagnóstico y Priorización de Selección. 4. Planeamiento de Reparación. 5. Obras de Reparación	Registros de Obras y Reportes de Progreso del Grupo de Trabajo 1 (GT-1)	El personal entrenado será asignado por el MOPT y CONAVI y mantenido en la totalidad de operaciones.
Actividades: Los detalles de actividades serán adjuntadas al Desglose de la Estructura de Trabajo (DET) para el PM-1	Entrada : Los detalles de las entradas están adjuntados en el plan de operaciones (PO) del Proyecto Modular 1 (PM-1).		Los candidatos a personal calificado con la experiencia relevante participaran en las oportunidades de experiencia.
			Pre-Condiciones: 1. El presupuesto y el personal del grupo de trabajo 1 (GT-1) será garantizado al comienzo del año fiscal del 2008 con el fin de cubrir el DET bajo el PM-1

Tabla 6.2.2. Matriz de Diseño de Proyecto Preliminar (Proyecto Modular 2)

Resumen	Indicadores Verificables de Objetivos	Significado de Verificación	Suposiciones Importantes
Objetivo Global: todos los puentes de la red vial nacional serán mantenidos y reparados bajo la propia organización del MOPT y CONAVI.	Para el final del año fiscal del 2012, el 100 por ciento de los puentes de la red vial nacional será mantenida y reparada regularmente bajo la organización mejorada del MOPT y el CONAVI.	Registros de Mantenimiento y Reparación en el SAEP	La organización como el presupuesto de las nuevas organizaciones relacionadas a puentes del MOPT y CONAVI es apreciada como áreas prioritarias del mantenimiento de puentes en Costa Rica.
Proyecto propuesto: el departamento de puentes del MOPT existente se transformara en la Dirección de Puentes para dar soporte apropiado a las actividades de mantenimiento de puentes de acuerdo con la estructura presupuestaria recomendada. 2. El Nuevo departamento relacionado a puentes del CONAVI será establecido para dar soporte apropiado a las actividades de mantenimiento de puentes de acuerdo con la estructura presupuestaria recomendada	1. Para el final del año fiscal del 2012, la organización presupuestaria existente del departamento de diseño de puentes del MOPT debe haber alcanzado el nivel de la estructura organizacional recomendada. 2. Para el final del año fiscal del 2012, la organización presupuestaria existente del departamento relacionado a puentes del CONAVI debe haber alcanzado el nivel de la estructura organizacional recomendada.	Registro de Obras de la nueva dirección de Puentes del MOPT y del Nuevo Departamento de Puentes del CONAVI	La mejora de la organización como del presupuesto de la nueva organización relacionada a puentes actuara en función de las actividades de mantenimiento de puentes.
Resultados: Las siguientes actividades serán implementadas para establecer un desempeño óptimo y trabajable de las nuevas organizaciones relativas a puentes del MOPT y CONAVI. 1. Mejorar y clarificar las responsabilidades y flujos de trabajo. 2. Mejorar la estructura organizacional. 3. Asegurar el personal óptimo. 4. Asegurar el presupuesto optimo	Para el final del año fiscal del 2012, se completaran las responsabilidades y flujos de trabajo de las organizaciones relacionadas a puentes en el MOPT y CONAVI aplicando un presupuesto y personal óptimo.	1. El organigrama de las nuevas organizaciones relacionadas a Puentes en el MOPT y CONAVI 2. Lista de personal y los términos de referencia de las nuevas Organizaciones relacionadas a puentes. 3. Documentos presupuestarios de las nuevas organizaciones relacionadas a puentes del MOPT y CONAVI	Las responsabilidades propuestas como los flujos de trabajo del as nuevas organizaciones relacionadas con puentes del MOPT y CONAVI se materializaran con la organización actual y con el compromiso presupuestario.
Actividades: Los detalles de actividades serán adjuntadas al Desglose de la Estructura de Trabajo (DET) para el PM-2	Entrada : Los detalles de las entradas están adjuntados en el plan de operaciones (PO) del Proyecto Modular 2 (PM-2).		Las organizaciones relacionadas a puentes del MOPT y CONVAI serán transformadas en nuevas organizaciones Pre-Condiciones: 1. El presupuesto y el personal del grupo de trabajo 2 (GT-2) será garantizado al comienzo del año fiscal del 2008 con el fin de cubrir el DET bajo el PM-2

Tabla 6.2.3. Matriz de Diseño de Proyecto Preliminar (Proyecto Modular 3)

Resumen	Indicadores Verificables de Objetivos	Significado de Verificación	Suposiciones Importantes
Objetivo Global: El mantenimiento de los 10 puentes de la red vial nacional deberá ser suplido a largo plazo por expertos y compartimiento de conocimientos entre varios involucrados.	Para el final del año final del 2012, los candidatos a los entrenamientos y capacitación del MOPT y CONAVI que están a cargo de la red vial nacional serán seleccionados de los graduados de 3 universidades de Costa Rica	Datos del Inventario de Puentes del SAEP	Suministro a largo plazo de recursos humanos en campo de construcción y mantenimiento de puentes a través de las universidades como compartir el conocimiento entre involucrados relevantes es apreciado como una de las princ áreas del mantenimiento de puentes en Costa Rica.
Proyecto Propuesto: el número suficiente de graduados de las universidades en el campo de construcción y mantenimiento de puentes. 2. Un amplio rango de información técnica en el campo de mantenimiento de puentes será frecuentemente compartida entre los sectores públicos-privados-académicos. 3. Un amplio rango de información técnica en el campo de mantenimiento de puentes será frecuentemente compartida entre los países miembros del PPP	1. Para el final del año fiscal del 2012, 3 universidades de Costa Rica tendrán 10 graduados en el campo de la construcción y mantenimiento de puentes. 2. Para el final del año fiscal del 2012, más del 80 por ciento de la información tecnológica será intercambiada entre los sectores públicos-privados-académicos. 3. Para el final del año fiscal del 2012, mas del 80 por ciento de la información tecnológica será intercambiada entre los países miembros del PPP	1. Lista de Graduados de los nuevos cursos universitarios. 2. Base de datos de la información tecnológica compartida entre los sectores públicos-privados-académicos. 3. Base de datos de la información tecnológica compartida entre los países miembros del PPP	1. Los nuevos graduados universitarios en el campo de la construcción y mantenimiento de puentes serán constantemente empleados por el MOPT y CONAVI y por el sector privado 2. La información tecnológica compartida será utilizada en la mejora de las actividades de mantenimiento de puentes.
Resultados: 1. se establecerán nuevos cursos en el campo de la construcción y mantenimiento de puentes. 2. Se mantendrán reuniones regulares para el intercambio de información tecnológica en el campo de mantenimiento de puentes.	1. Para el final del año fiscal del 2011, tres universidades de Costa Rica tendrán nuevos cursos en el campo de construcción y mantenimiento de puentes. 2. Del año 2008 al 2012, al menos, una reunión regular como seminario entre los sectores (públicos-privados-académicos será realizada anualmente. 3. Del año 2008 al 2012, al menos, una reunión regular como seminario entre los países miembros del PPP será realizada anualmente	1. Lista de Cursos de las Universidades, 2. Reportes de progreso y registros de obras del sector publico-privado-académico. 3. Reportes de progreso y registros de obras de los seminarios del PPP	1. Los nuevos cursos de las universidades están capacitados para tener graduados en el campo de la construcción y mantenimiento de puentes. 2. Los participantes de la serie de seminarios compartirán la inf. tecnológica.
Actividades: Los detalles de actividades serán adjuntadas al Desglose de la Estructura de Trabajo (DET) para el PM-3	Entrada : Los detalles de las entradas están adjuntados en el plan de operaciones (PO) del Proyecto Modular 3 (PM-3).		1. Los nuevos cursos en las universidades serán financiados por el gobierno. 2. Los involucrados relevantes participaran en series de seminarios.

Tabla 6.2.4. Matriz de Diseño de Proyecto Preliminar (Proyecto Modular 4)

Resumen	Indicadores Verificables de Objetivos	Significado de Verificación	Suposiciones Importantes
Objetivo Global: Todos los puentes de la red vial nacional serán mantenidos y reparados bajo las guías regulaciones, estándares y manuales.	Para el final del año fiscal del 2012, el 100 por ciento de los puentes de la red vial nacional será mantenido y reparado regularmente bajo las guías, regulaciones, estándares y manuales mejorados.	Registros de mantenimiento y reparación del SAP	La preparación de las guías, regulaciones, estándares y manuales son referentes a una de las áreas prioritarias en el mantenimiento de Puentes de Costa Rica.
Proyecto Propuesto: Un amplio rango de guías, regulaciones, estándares y manuales par a las prácticas de mantenimiento en conjunto con sus operaciones y aplicaciones. 2. será mejorado un amplio rango de guías, regulaciones, estándares y manuales para procedimientos del MOPT, CONAVI y CNC incluyendo procedimientos para concesiones. 3. serán mejoradas las regulaciones y sus operaciones en el campo de seguridad vial en puentes.	Para el final del año fiscal del 2012, el 100 por ciento de las guías, regulaciones, estándares y manuales relacionados al mantenimiento de puentes, procedimientos y normas viales en conjunto con sus aplicaciones y operaciones serán mejorados a nivel internacional.	Lista de guías, Regulaciones, Estándares y Manuales relacionados al Mantenimiento de Puentes, Procedimientos y Seguridad Vial en Puentes	La mejora de las guías, regulaciones, estándares y manuales será función del personal técnico.
Resultados: Las siguientes guías, regulaciones, estándares y manuales se prepararan: 1. Manual de Inspección de Puentes. 2. Manual de Operación del SAEP. 3. guías para el mantenimiento de Puentes. 4. Estándares de Diseño de Puentes. 5. Regulaciones para el mantenimiento de Puentes. 6. Guía de procedimientos del MOPT, CONAVI y CNC. 7. Regulaciones en seguridad vial en puentes	Para el final del año fiscal del 2012, se prepararan los siguientes documentos. De acuerdo con el plan de operaciones. 1. Manual de Inspección de Puentes. 2. Manual de Operación del SAEP. 3. guías para el mantenimiento de Puentes. 4. Estándares de Diseño de Puentes. 5. Regulaciones para el mantenimiento de Puentes. 6. Guía de procedimientos del MOPT, CONAVI y CNC. 7. Regulaciones en seguridad vial en puentes	Registros de Obras y Reportes de Progreso del Grupo de Trabajo 4 (GT-4)	Las mejoras en guías, regulaciones, estándares y manuales se reflejaran en todos los documentos.
Actividades: Los detalles de actividades serán adjuntadas al Desglose de la Estructura de Trabajo (DET) para el PM-4	Entrada : Los detalles de las entradas están adjuntados en el plan de operaciones (PO) del Proyecto Modular 4 (PM-4).		Las guías existentes, regulaciones, estándares y manuales serán racionalizadas para sus revisiones.
			Pre-Condiciones: 1. El presupuesto y el personal del grupo de trabajo 4 (GT-4) será garantizado al comienzo del año fiscal del 2008 con el fin de cubrir el DET bajo el PM-4

Tabla 6.2.5. Matriz de Diseño de Proyecto Preliminar (Proyecto Modular 5)

Resumen	Indicadores Verificables de Objetivos	Significado de Verificación	Suposiciones Importantes
Objetivo Global: todos los puentes de la red vial nacional serán mantenidos y reparados periódicamente bajo el entendimiento de los involucrados sobre la importancia del mantenimiento y la administración de los activos.	Para el final de año fiscal del 2012, el 100 por ciento de los puentes de la red vial nacional será periódicamente mantenidos y reparados bajo el entendimiento de los involucrados de la importancia del mantenimiento de puentes como de la administración de activos.	Registros de Mantenimiento y Reparación en el SAEP	La defensa como las relaciones públicas es unas de las áreas primordiales en el mantenimiento de puentes de Costa Rica.
Proyecto Propuesto: 1. Entendimiento por parte de personeros de gobierno sobre el mantenimiento de puentes en términos de la promoción de administración de activos 2. Entendimiento por parte de usuarios de puentes y contribuyentes sobre el mantenimiento de puentes en términos de la promoción de administración de activos	1. Para el final del año fiscal del 2012, el 80 por ciento de los personeros de finanzas y planificación de los ministerios relevantes como el MOPT/CONAVI entenderán la importancia de la administración de activos. 2. Para el final del año fiscal del 2012, el 80 por ciento de los usuarios de puentes y contribuyentes entenderán la importancia de la administración de activos.	1. Estudios en entendimiento para personeros de finanzas y planificación. 2. Estudios de entendimiento para usuarios de puentes y contribuyentes	El entendimiento en la administración de activos como regulaciones de seguridad por personeros de gobierno, usuarios de puentes y contribuyentes se llevara para el mejor mantenimiento de puentes de Costa Rica.
Resultado : 1. Se educaran a un número suficiente de personeros del Ministerio de Economía y el Ministerio de planificación Nacional por medio de una serie de seminarios sobre administración de Activos 2. . Se educaran a un número suficiente de personeros del MOPT y CONAVI por medio de una serie de seminarios sobre administración de Activos. 3. Se educaran a un número suficiente de usuarios de puentes y contribuyentes por medio de actividades de relaciones públicas sobre el entendimiento del mantenimiento de puentes y la seguridad vial.	1. Para el final del año fiscal del 2012, 10 personeros del Ministerio de Economía del Ministerio de Planificación Nacional participaran anualmente en una seria de seminarios sobre la administración de activos. 2. Para el final del año fiscal del 2012, un considerable numero de usuarios de puentes y contribuyentes continuamente abogaran por el mantenimiento de puentes de acuerdo al gran rango de actividades de de relaciones publicas.	1. Lista de asistencia a los seminarios. 2. Numero y Lista objetivo de las Actividades de Relaciones Publicas	Los participantes de la serie de seminarios como los usuarios de puentes y los contribuyentes entenderán sus contenidos.
Actividades: Los detalles de actividades serán adjuntadas al Desglose de la Estructura de Trabajo (DET) para el PM-5	Entrada : Los detalles de las entradas están adjuntados en el plan de operaciones (PO) del Proyecto Modular 5 (PM-5).		Los candidatos para participantes en esta serie de seminarios son los usuarios de puentes.
			Pre-Condiciones: 1. El presupuesto y el personal del grupo de trabajo 5 (GT-5) será garantizado al comienzo del año fiscal del 2008 con el fin de cubrir el DET bajo el PM-5

6.2.2 EDT para los Proyectos Modulares Integrados

Las actividades especificadas en cada MDP se desglosan en paquetes de trabajo más manejables llamados Estructura del Desglose del Trabajo (EDT), Una EDT es una descomposición de jerarquía que define todos los trabajos que deben de lograrse durante cada proyecto modular. Siendo un documento crítico del alcance del proyecto, una EDT sirve como base para el planeamiento de un proyecto modular. Concretamente, una EDT es una herramienta de administración del proyecto muy común y crítica. La EDT preliminar para los 5 proyectos modulares integrados bajo cada grupo de trabajo del GCMP se encuentra de la Tabla 6.2.6 a la Tabla 6.2.19 y se formulará en el transcurso de la serie de reuniones del GCMP a gran escala en el año fiscal 2007.

a) Grupo de Trabajo 1

Las misiones principales del grupo de trabajo 1(GT-1 son: i) entrenar un número suficiente de inspectores calificados de puentes; ii) entrenar un número suficiente de personal calificado para la administración del SAEP, diagnóstico y selección prioritaria de puentes; iii) entrenar un número suficiente de personal calificado para la rehabilitación y el planeamiento de refuerzo de puentes; y iv) entrenar un número suficiente de personal calificado para la rehabilitación y la implementación de reforzamiento de puentes. La EDT preliminar para el proyecto modular 1 (PM-1) se encuentra en de la Tabla 6.2.6 a la Tabla 6.2.9

Tabla 6.2.6. EDT Preliminar para Proyecto Modular 1(Tarea 1)

No. Tarea	Tarea	No. Preliminar de EDT	EDT Preliminar
1-1	Tener una serie de seminarios para inspección de puentes	1-1-a	Planear los contenidos y programas de los seminarios
		1-1-b	Seleccionar las lecturas apropiadas para los seminarios
		1-1-c	Prepara los materiales para los seminarios
		1-1-d	Preparar la logística para los seminarios
		1-1-e	Mantener una serie de seminarios
1-2	Preparar un manual de Inspección	1-2-a	Hacer hojas de inspección
		1-2-b	Compilar el apropiado manual de inspección
1-3	Tener una seria de Entrenamientos En Trabajo EET para inspección de puentes	1-3-a	Planear los contenidos y programas de los EET
		1-3-b	Seleccionar los apropiados entrenadores para EET
		1-3-c	Preparar los equipos para EET
		1-3-d	Prepara la logística para los EET
		1-3-e	Mantener una serie de EET
1-4	Dar un sistema de calificación de inspectores	1-4-a	Montar un sistema de grados para los inspectores
		1-4-b	Categorizar a los inspectores en la calificación de grados

Tabla 6.2.7. EDT Preliminar para Proyecto Modular 1(Tarea 2)

No. Tarea	Tarea	No. Preliminar de EDT	EDT Preliminar
2-1	Hacer una serie de seminarios para la Administración del SAEP	2-1-a	Planear los contenidos y programas de los seminarios
		2-1-b	Seleccionar las lecturas apropiadas para los seminarios
		2-1-c	Prepara los materiales para los seminarios
		2-1-d	Preparar la logística para los seminarios
		2-1-e	Mantener una serie de seminarios
2-2	Preparar el manual del SAEP	2-2-a	Hacer el apropiado sistema de SAEP
		2-2-b	Compilar el Manual de Operación del SAEP
2-3	Hacer una seria de Entrenamientos en Trabajo EET para la Administración del SAEP	2-3-a	Planear los contenidos y programas de los EET
		2-3-b	Seleccionar los apropiados entrenadores para EET
		2-3-c	Preparar los equipos para EET
		2-3-d	Prepara la logística para los EET
		2-3-e	Mantener una serie de EET

Tabla 6.2.8. EDT Preliminar para Proyecto Modular 1(Tarea 3)

No. Tarea	Tarea	No. Preliminar de EDT	EDT Preliminar
3-1	Hacer una seria de seminarios para la planificación de la rehabilitación y el refuerzo	3-1-a	Planear los contenidos y programas de los seminarios
		3-1-b	Seleccionar las lecturas apropiadas para los seminarios
		3-1-c	Prepara los materiales para los seminarios
		3-1-d	Preparar la logística para los seminarios
		3-1-e	Mantener una serie de seminarios
3-2	Preparar las guías para el planeamiento de la rehabilitación y el refuerzo	3-2-a	Hacer las guías para el diagnostico y la sección de Priorización
		3-2-b	Hacer las guías de planificación
3-3	Hacer una seria de Entrenamientos en Trabajo EET para la planificación de la rehabilitación y el refuerzo	3-3-a	Planear los contenidos y programas de los EET
		3-3-b	Seleccionar los apropiados entrenadores para EET
		3-3-c	Preparar los equipos para EET
		3-3-d	Prepara la logística para los EET
		3-3-e	Mantener una serie de EET

Tabla 6.2.9. EDT Preliminar para Proyecto Modular 1(Tarea 4)

No. Tarea	Tarea	No. Preliminar de EDT	EDT Preliminar
4-1	Hacer una serie de seminarios para los trabajos de refuerzo y rehabilitación	4-1-a	Planear los contenidos y programas de los seminarios
		4-1-b	Seleccionar las lecturas apropiadas para los seminarios
		4-1-c	Prepara los materiales para los seminarios
		4-1-d	Preparar la logística para los seminarios
		4-1-e	Mantener una serie de seminarios
4-2	Preparar las guías para los trabajos de rehabilitación y refuerzo	4-2-a	Hacer las guías para los trabajos de rehabilitación y refuerzo
4-3	Hacer una seria de Entrenamientos en Trabajo EET para los trabajos de rehabilitación y refuerzo	4-3-a	Planear los contenidos y programas de los EET
		4-3-b	Seleccionar los apropiados entrenadores para EET
		4-3-c	Preparar los equipos para EET
		4-3-d	Prepara la logística para los EET
		4-3-e	Mantener una serie de EET

b) Grupo de Trabajo 2

Las misiones principales del grupo de trabajo 2 (GT-2) son: establecer la estructura de organización óptima y que se pueda trabajar de la dirección de puentes del MOPT, ii) establecer la estructura de organización óptima y que se pueda trabajar del nuevo departamento de construcción de puentes de CONAVI. La EDT preliminar para el proyecto modular 2 (PM-2) se puede observar de la Tabla 6.2.10. a la Tabla 6.2.11.

Tabla 6.2.10. EDT Preliminar para Proyecto Modular 2(Tarea 1)

No. Tarea	Tarea	No. Preliminar de EDT	EDT Preliminar
1-1	Perfilar las responsabilidades de la nueva dirección de puentes	1-1-a	Revisar las responsabilidades actuales del departamento de diseño de puentes del MOPT
		1-1-b	Fijar las responsabilidades de la nueva dirección de puentes
1-2	Clarificar los flujos de trabajo de la nueva dirección de puentes	1-2-a	Revisar los flujos de trabajo existentes en el departamento de diseño de puentes del MOPT
		1-2-b	Fijar los flujos de trabajo de la nueva dirección de puentes
1-3	Mejorar la estructura organizacional de la nueva dirección de puentes	1-3-a	Revisar la estructura organizacional del departamento de diseño de puentes
		1-3-b	Crear la estructura organizacional de la nueva dirección de puentes
1-4	Asegurar el personal optimo para la nueva dirección de puente	1-4-a	Revisar el personal actual del departamento de diseño de puentes
		1-4-b	Aplicar personal adicional a la nueva dirección de puentes
1-5	Asegurar el presupuesto optimo para la nueva dirección de puentes	1-5-a	Revisar el presupuesto actual para el departamento de puentes
		1-5-b	Aplicar el presupuesto requerido para la nueva dirección de puentes

Tabla 6.2.11. EDT Preliminar para Proyecto Modular 2(Tarea 2)

No. Tarea	Tarea	No. Preliminar de EDT	EDT Preliminar
2-1	Perfilar las responsabilidades del CONAVI	2-1-a	Revisar las responsabilidades actuales del departamento relacionado con puentes del CONAVI
		2-1-b	Fijar las responsabilidades del Nuevo departamento de puentes
2-2	Clarificar los flujos de trabajo del CONAVI	2-2-a	Revisar los flujos de trabajo existentes en el departamento relacionado a puentes
		2-2-b	Fijar los flujos de trabajo del nuevo departamento de puentes
2-3	Mejorar la estructura organizacional del CONAVI	2-3-a	Revisar la estructura organizacional del departamento relacionado a puentes
		2-3-b	Crear la estructura organizacional del nuevo departamento de puentes
2-4	Asegurar el personal optimo para el CONAVI	2-4-a	Revisar el personal actual del departamento de relacionado a puentes
		2-4-b	Aplicar personal adicional a el nueva departamento de puentes
2-5	Asegurar el presupuesto optimo para el CONAVI	2-5-a	Revisar el presupuesto actual para el departamento relacionado a puentes
		2-5-b	Aplicar el presupuesto requerido para el nuevo departamento de puentes

c) Grupo de Trabajo 3

Las misiones principal del grupo de trabajo 3(GT-3) son: i) establecer nuevos cursos para la construcción y el mantenimiento de puentes en las universidades, ii) promover la cooperación técnica entre los círculos público-privado-académico en el campo del mantenimiento de puentes, y iii) promover la cooperación técnica entre los países miembros del PPP en el campo de mantenimiento de puentes. La EDT preliminar para el proyecto modular 3 (PM-3) se puede observar de la Tabla 6.2.12. a la Tabla 6.2.14.

Tabla 6.2.12. EDT Preliminar para Proyecto Modular 3(Tarea 1)

No. Tarea	Tarea	No. Preliminar de EDT	EDT Preliminar
1-1	Establecer nuevos cursos para diseño de puentes	1-1-a	Diseñar programas de cursos para construcción de puentes
		1-1-b	Seleccionar directores y lecturas de cursos
		1-1-c	Negociar y asignar directores y lecturas de cursos
		1-1-d	Diseñar los contenidos detallados de los cursos
		1-1-e	Seleccionar y compilar los libros de texto y materiales
		1-1-f	Preparar el software y el equipo
		1-1-g	Preparar la logistica
		1-1-h	Manipular y proceder con aplicaciones de admisión
		1-1-i	Correr nuevos cursos para construcción de puentes
1-2	Establecer nuevos cursos para mantenimiento de puentes	1-2-a	Diseñar programas de cursos sobre ingeniería de puentes
		1-2-b	Seleccionar los directores de cursos y lecturas
		1-2-c	Negociar y asignar directores y lecturas de cursos
		1-2-d	Diseñar los contenidos detallados de los cursos
		1-2-e	Correr nuevos cursos para construcción de puentes
		1-2-f	Preparar el software y el equipo
		1-2-g	Preparar la logistica
		1-2-h	Manipular y proceder con aplicaciones de admisión
		1-2-i	Seleccionar y compilar los libros de texto y materiales

Tabla 6.2.13. EDT Preliminar para Proyecto Modular 3(Tarea 2)

No. Tarea	Tarea	No. Preliminar de EDT	EDT Preliminar
2-1	Mantener las oportunidades de intercambio y compartir las nuevas tecnologias entre el círculo público-privado-académico en el campo de ingeniería de puentes y mantenimiento	2-1-a	Mantener reuniones entre los círculos públicos-privados-académicos para intercambiar y compartir la ultima información técnica en el campo de la ingeniería de puentes y el mantenimiento
		2-1-b	Mantener seminarios entre los círculos públicos-privados-académicos sobre la ultima información técnica en la ingeniería de puentes y el mantenimiento
		2-1-c	Formular y actualizar la base de datos técnica de ingeniería de puentes y mantenimientos para compartirla entre el círculo público-privado-académico
		2-1-d	Implementar un programa de intercambio de personal en el círculo público-privado-académico

Tabla 6.2.14. EDT Preliminar para Proyecto Modular 3(Tarea 3)

No. Tarea	Tarea	No. Preliminar de EDT	EDT Preliminar
3-1	Mantener las oportunidades de intercambio y compartir las nuevas tecnologías entre los paises del PPP en el campo de ingenieria de puentes y mantenimiento	3-1-a	Mantener reuniones entre los paises del PPP para intercambiar y compartir la ultima información técnica en el campo de la ingenieria de puentes y el mantenimiento
		3-1-b	Mantener seminarios entre los paises del PPP sobre la ultima información técnica en la ingenieria de puentes y el mantenimiento
		3-1-c	Formular y actualizar la base de datos técnica de ingenieria de puentes y mantenimientos para compartirla entre los paises del PPP
		3-1-d	Implementar un programa de intercambio de personal entre los paises del PPP

d) Grupo de Trabajo 4

Las misiones principales del grupo de trabajo 4 (WG-4) son: i) mejorar los lineamientos, estándares y manuales para las prácticas de mantenimiento de puentes para el MOPT y CONAVI; ii) mejorar los lineamientos, estándares y manuales para las prácticas de adquisición del MOPT, CONAVI y el CNC; y iii) mejorar las regulaciones y sus operaciones en el campo de la seguridad del tráfico en puentes. La EDT preliminar para el proyecto modular 4 (PM-4) se puede observar de la Tabla 6.2.15. a la Tabla 6.2.17.

Tabla 6.2.15. EDT Preliminar para Proyecto Modular 4(Tarea 1)

No. Tarea	Tarea	No. Preliminar de EDT	EDT Preliminar
1-1	Mejorar el manual de inspección	1-1-a	Revisar el manual de inspección existente
		1-1-b	Compilar un Nuevo manual de inspección
1-2	Mejorar el manual de operación del SAEP	1-2-a	Revisar el manual de operación del SAEP existente
		1-2-b	Compilar un Nuevo manual de operación del SAEP
1-3	Mejorar las guías para la rehabilitación de puentes y el planeamiento de refuerzo	1-3-a	Revisar las guias existentes para la rehabilitación de puentes y el planeamiento de refuerzo
		1-3-b	Compilar nuevas guias para la rehabilitación de puentes y planeamiento de refuerzo
1-4	Mejorar los estándares de diseño de puentes	1-4-a	Revisar los Estándares de Diseño de Puentes Internacionales existentes
		1-4-b	Revisar los Estándares de Diseño de Puentes Regionales existentes
		1-4-c	Revisar los Estándares de Diseño de Puentes Locales existentes
		1-4-d	Compilar nuevos estándares de diseño de puentes
1-5	Mejorar las regulaciones para la practica de mantenimiento de puentes	1-5-a	Revisar las regulaciones para la practica de mantenimiento de puentes
		1-5-b	compilar nuevas regulaciones para la practica de mantenimiento de puentes

Tabla 6.2.16. EDT Preliminar para Proyecto Modular 4(Tarea 2)

No. Tarea	Tarea	No. Preliminar de EDT	EDT Preliminar
2-1	Mejorar las guias, lineamiento y procedimientos del MOPT	2-1-a	Revisar los lineamientos del MOPT existentes
		2-1-b	Revisar los manuales de procedimientos existentes del MOPT
		2-1-c	Compilar nuevos lineamientos para el MOPT
		2-1-d	Compilar nuevos manuales de procedimientos de para el MOPT
2-2	Mejorar las guias, lineamiento y procedimientos del CONAVI	2-2-a	Revisar los lineamientos del CONAVI existentes
		2-2-b	Revisar los manuales de procedimientos existentes del CONAVI
		2-2-c	Compilar nuevos lineamientos para el CONAVI
		2-2-d	Compilar nuevos manuales de procedimientos de para el CONAVI
2-3	Mejorar las guias, lineamiento y procedimientos del CNC	2-3-a	Revisar los lineamientos del CNC existentes
		2-3-b	Revisar los manuales de procedimientos existentes del CNC
		2-3-c	Compilar nuevos lineamientos para el CNC
		2-3-d	Compilar nuevos manuales de procedimientos de para el CNC
		2-3-e	Desarrollar un formato de contrato modelo para la operación eficiente del mantenimiento de puentes

Tabla 6.2.17. EDT Preliminar para Proyecto Modular 4(Tarea 3)

No. Tarea	Tarea	No. Preliminar de EDT	EDT Preliminar
3-1	Mejorar las regulaciones de trafico para seguridad en los puentes	3-1-a	Revisar las regulaciones de carga de pago existentes en puentes por el MOPT
		3-1-b	Revisar otras regulaciones existentes en puentes por el MOPT
		3-1-c	Compilar nuevas regulaciones de cargo de pago en el MOPT
		3-1-d	compilar otras nuevas regulaciones en puentes por el MOPT
3-2	Mejorar las operaciones de trafico para seguridad en los puentes	3-2-a	Revisar las operaciones existentes de regulaciones de carga de pago en puentes por el MOPT
		3-2-b	Revisar las operaciones existentes para otras regulaciones de trafico en puentes por el MOPT
		3-2-c	Reforzar las mejoras para regulaciones de cargas de pago en puntes por el MOPT
		3-2-d	Reforzar las mejoras para otras regulaciones de trafico en puentes por el MOPT

e) Grupo de Trabajo 5

Las misiones principales del grupo de trabajo 5 (WG-5) son: i) promover el entendimiento del "Mantenimiento de Puente" y "Administración de Activos" por oficiales de planeamiento y autoridades financieras; ii) promover el entendimiento del "Mantenimiento de Puentes" y la "Administración de Activos" por usuarios de puentes y contribuyentes. La EDT preliminar para el proyecto modular 5 (PM-5) se puede observar de la Tabla 6.2.18. a la Tabla 6.2.19.

Tabla 6.2.18. EDT Preliminar para Proyecto Modular 5(Tarea 1)

No. Tarea	Tarea	No. Preliminar de EDT	EDT Preliminar
1-1	Para apoyar a la planificación y reglamentos financieros del MH y MIDEPLAN a través de una serie de seminarios sobre administración	1-1-a	Planear los contenidos y programas de los seminarios
		1-1-b	Seleccionar las lecturas apropiadas para el seminario
		1-1-c	Preparar los materiales para el seminario
		1-1-d	Preparar la logistica para el seminario
		1-1-e	Mantener una serie de seminarios
		1-1-f	Compartir los resultados de los seminarios con otros ministerios a cargo de la inversión publica
1-2	Para apoyar a la planificación y reglamentos financieros del MOPT y CONAVI a través de una serie de seminarios sobre administración	1-2-a	Planear los contenidos y programas de los seminarios
		1-2-b	Seleccionar las lecturas apropiadas para el seminario
		1-2-c	Preparar los materiales para el seminario
		1-2-d	Preparar la logistica para el seminario
		1-2-e	Mantener una serie de seminarios
		1-2-f	Compartir los resultados del os seminarios con los departamentos del MOPT y CONAVI

Tabla 6.2.19. EDT Preliminar para Proyecto Modular 5(Tarea 2)

No. Tarea	Tarea	No. Preliminar de EDT	EDT Preliminar
2-1	Promover las relaciones publicas entre los usuarios de puentes y los contribuyentes a través del entendimiento del mantenimiento de puentes	2-1-a	Hacer los contenidos del mantenimiento de puentes en el website del MOPT y CONAVI
		2-1-b	Cargar y actualizar los contenidos del mantenimiento de puentes en el MOPT y CONAVI
		2-1-c	Hacer panfletos sobre mantenimiento de puentes para usuarios y contribuyentes
		2-1-d	Distribuir panfletos a los usuarios de puentes y los contribuyentes
		2-1-e	Planear "el mes del mantenimiento de puentes" en campañas en periódicos
		2-1-f	Hacer articulos de "el mes del mantenimiento de puentes" en campañas en periódicos
		2-1-g	Implementar campañas de "el mes del mantenimiento de puentes" en avisos en el periódico
		2-1-h	Planear toures de prensa sobre mantenimiento de puentes
		2-1-i	Implementar toures de prensa sobre mantenimiento de puentes
		2-1-j	Planear videos introductorios sobre mantenimiento de puentes
		2-1-k	Hacer videos introductorios sobre el mantenimiento de puentes
		2-1-l	Televisar los videos introductorias
2-2	Para ayudar a los usuarios con medidas de seguridad	2-2-a	Hacer panfletos sobre reglamentos de seguridad en puentes para usuarios y contribuyentes
		2-2-b	Distribuir panfletos a los usuarios de puentes y los contribuyentes
		2-2-c	Utilizar panfletos en la campaña de "semana de seguridad vial"
2-3	Educar a los estudiantes con el entendimiento del mantenimiento de puentes	2-3-a	Planear un "concurso de fotografias de puentes" en escuelas seleccionadas
		2-3-b	Implementar el "concurso de fotos de puentes" en las escuelas seleccionadas

6.2.3 Plan de Operaciones

Un Plan de Operaciones a gran escala (PO) es un plan de implementación de proyectos detallado que contiene varios factores de administración de proyectos que incluye el alcance, horario, recursos humanos, calidad, adquisición y costo. El Plan de Operaciones que a gran escala será formulado tomando en cuentas las consultas a cada grupo de trabajo del GCMP incluye los siguientes contenidos.

a) ***Las Actividades*** es la lista de actividades detalladas equivalentes a la EDT.
b) ***Los Resultados esperados*** son los indicadores de rendimiento de las actividades.
c) ***El Horario*** es un cuadro de barras de calendario el cual provee estimados de tiempo, secuencia o actividades con tiempo extra y la relación precedente.
d) ***La persona a cargo*** es una persona responsable con la autoridad de supervisión en un conjunto de actividades.
e) ***Los Encargados de la implementación*** son los recursos humanos o asignaciones de equipo para implementar las actividades.
f) ***Materiales y Equipo*** son los recursos humanos o asignación de grupos de trabajo para implementar las actividades.
g) ***El Presupuesto y gasto*** define la asignación y el desembolso del presupuesto para un conjunto de actividades.

De estos factores, ***"horario"***, ***"encargados de la implementación"*** y ***"presupuesto/gasto"*** son parte integral del PO. Los planes de operaciones para los proyectos modulares incluyendo estos factores se formulan de acuerdo con los contenidos de cada MDP, mientras el PO a gran escala será formulado al consultar con los miembros del GCMP durante el año fiscal 2007 para solicitar el presupuesto requerido para el desarrollo de capacidad.

La administración del tiempo del proyecto, el cual es un subconjunto de la administración del proyecto que incluye los procesos requeridos para asegurar la finalización del proyecto, se relaciona con el ***"horario"***. En los PO preliminares se especifica el horario trimestral del año fiscal 2007 al 2012.

La administración del costo del proyecto, el que se refiere al proceso que asegura que un proyecto se complete a tiempo y dentro del presupuesto, se le llama ***"presupuesto y gasto"***. En los PO preliminares se específica para cada proyecto modular, con respecto a la EDT la ***Estructura de Desglose del Costo (EDC)*** y la ***Estructura de Desglose del Presupuesto (EDP)***.

La Matriz de Asignación de la Responsabilidad (MAR), la cual se conoce como un cuadro de responsabilidad lineal y puede ser usada para mostrar al responsable para cada EDT, se relaciona con los ***"encargados de la implementación"***. En los PO preliminares, el MAR simple se especifica para asegurar que sea entendible a los miembros del GCMP el alcance de los componentes asignados.

WBS No.	Desglose de la Estructura de Trabajo (WBS)	Unidad de Entrada	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Desglose de Costos (USD)	Matriz de Asignación de Responsabilidades (RAM)	Desglose de Presupuesto (USD)
Tarea 1-1: Realizar seminarios para inspectores							
1-1-a	Planear los contenidos y programas de los seminarios				0	MOPTC/ONAVI	
1-1-b	Seleccionar las lecturas apropiadas para los seminarios	Lectura	8	500	4.000	MOPTC/ONAVI	
1-1-c	Preparar los materiales para los seminarios	Est.	1	1.000	1.000	MOPTC/ONAVI	
1-1-d	Preparar los acuerdos logísticos para los seminarios	Est.	1	500	500	MOPTC/ONAVI	
1-1-e	Mantener una serie de seminarios	Seminario	4	1.000	4.000	MOPTC/ONAVI	
Tarea 1-2: Preparar y proponer un manual de inspección							
1-2-a	Hacer y proponer hojas de inspección	separadamente acordado				MOPTC/ONAVI	
1-2-b	Proponer y compilar un manual de inspección	separadamente acordado				MOPTC/ONAVI	
Tarea 1-3: Tener una serie de capacitaciones en el trabajo para los inspectores							
1-3-a	Planear los contenidos y programas de los OJT				0	MOPTC/ONAVI	
1-3-b	Seleccionar los apropiador entrenadores para las OJT	Lectura	8	500	4.000	MOPTC/ONAVI	
1-3-c	Preparar el equipo para las OJT	Est.	1	2.000	2.000	MOPTC/ONAVI	
1-3-d	Preparar los acuerdos logísticos para las OJT	Est.	1	1.000	1.000	MOPTC/ONAVI	
1-3-e	Mantener una serie de OJT	Seminario	4	2.000	8.000	MOPTC/ONAVI	
Tarea 1-4: Proponer y configurar un sistema de calificación para los inspectores							
1-4-a	Configurar un sistema de grados para los inspectores	separadamente acordado				MOPTC/ONAVI	
1-4-b	Categorizar a los inspectores en la calificación de grados	separadamente acordado				MOPTC/ONAVI	
Tarea 2-1: Tener una serie de seminarios para la administración de BMS							
2-1-a	Planear los contenidos y programas de los seminarios				0	MOPTC/ONAVI	
2-1-b	Seleccionar las lecturas apropiadas para los seminarios	Lectura	8	500	4.000	MOPTC/ONAVI	
2-1-c	Preparar los materiales para los seminarios	Est.	1	1.000	1.000	MOPTC/ONAVI	
2-1-d	Preparar los acuerdos logísticos para los seminarios	Est.	1	500	500	MOPTC/ONAVI	
2-1-e	Mantener una serie de seminarios	Seminario	4	1.000	4.000	MOPTC/ONAVI	
Tarea 2-2: Preparar el manual de BMS							
2-2-a	Hacer la propuesta de una sistema de BMS	separadamente acordado				MOPTC/ONAVI	
2-2-b	Compilar la propuesta de un manual de operacional de BMS	separadamente acordado				MOPTC/ONAVI	
Tarea 2-3: Tener una serie de capacitaciones en el trabajo para la Administración de BMS							
2-3-a	Planear los contenidos y programas de los OJT				0	MOPTC/ONAVI	
2-3-b	Seleccionar los apropiador entrenadores para los OJT	Lectura	8	500	4.000	MOPTC/ONAVI	
2-3-c	Preparar el equipo para las OJT	Est.	1	2.000	2.000	MOPTC/ONAVI	
2-3-d	Preparar los acuerdos logísticos para las OJT	Est.	1	1.000	1.000	MOPTC/ONAVI	
2-3-e	Mantener una serie de OJT	Seminario	4	2.000	8.000	MOPTC/ONAVI	
Tarea 3-1: Tener una serie de seminarios para el planeamiento de reparación							
3-1-a	Planear los contenidos y programas de los seminarios				0	MOPTC/ONAVI	
3-1-b	Seleccionar las lecturas apropiadas para los seminarios	Lectura	8	500	4.000	MOPTC/ONAVI	
3-1-c	Preparar los materiales para los seminarios	Est.	1	1.000	1.000	MOPTC/ONAVI	
3-1-d	Preparar los acuerdos logísticos para los seminarios	Est.	1	500	500	MOPTC/ONAVI	
3-1-e	Mantener una serie de seminarios	Seminario	4	1.000	4.000	MOPTC/ONAVI	
Tarea 3-2: Preparar una guía para el planeamiento de la reparación							
3-2-a	Hacer la guía para el diagnostico y la selección de prioritización	separadamente acordado				MOPTC/ONAVI	
3-2-b	Hacer una guía para el plan de reparación	separadamente acordado				MOPTC/ONAVI	
Tarea 3-3: Hacer una serie de entrenamientos en el trabajo para la planificación de la reparación							
3-3-a	Planear los contenidos y programas de los OJT				0	MOPTC/ONAVI	
3-3-b	Seleccionar los apropiador entrenadores para las OJT	Lectura	8	500	4.000	MOPTC/ONAVI	
3-3-c	Preparar el equipo para las OJT	Est.	1	2.000	2.000	MOPTC/ONAVI	
3-3-d	Preparar los acuerdos logísticos para las OJT	Est.	1	1.000	1.000	MOPTC/ONAVI	
3-3-e	Mantener una serie de OJT	Seminario	4	2.000	8.000	MOPTC/ONAVI	
Tarea 4-1: Tener una serie de seminarios para los trabajos de reparación							
4-1-a	Planear los contenidos y programas de los seminarios				0	MOPTC/ONAVI	
4-1-b	Seleccionar las lecturas apropiadas para los seminarios	Lectura	8	500	4.000	MOPTC/ONAVI	
4-1-c	Preparar los materiales para los seminarios	Est.	1	1.000	1.000	MOPTC/ONAVI	
4-1-d	Preparar los acuerdos logísticos para los seminarios	Est.	1	500	500	MOPTC/ONAVI	
4-1-a	Mantener una serie de seminarios	Seminario	4	1.000	4.000	MOPTC/ONAVI	
Tarea 4-2: Preparar una guía para los trabajos de reparación							
4-2-a	Hacer una guía para los trabajos de reparación	separadamente acordado				MOPTC/ONAVI	
Tarea 4-3: Tener una serie de seminarios para los trabajos de reparación							
4-3-a	Planear los contenidos y programas de los OJT				0	MOPTC/ONAVI	
4-3-b	Seleccionar los apropiador entrenadores par a las OJT	Lectura	8	500	4.000	MOPTC/ONAVI	
4-3-c	Preparar el equipo para las OJT	Est.	1	2.000	2.000	MOPTC/ONAVI	
4-3-d	Preparar los acuerdos logísticos para las OJT	Est.	1	1.000	1.000	MOPTC/ONAVI	
4-3-e	Mantener una serie de OJT	Seminario	4	2.000	8.000	MOPTC/ONAVI	

Plan de Operaciones

Preparación | Implementación

2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 Q1 Q2 Q3 Q4 Q1 Q2 Q3 Q4 Q1 Q2 Q3 Q4 Q1 Q2 Q3 Q4 Q1 Q2 Q3 Q4 Q1 Q2 Q3 Q4

Figura 6.2.1. Plan de Operaciones Preliminar para el Proyecto Modular 1

WBS No.	Desglose de la Estructura de Trabajo (WBS)	Unidad de Entrada	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Desglose de Costos (USD)	Matriz de Asignación de Responsabilidades (RAM)	Desglose de Presupuesto (USD)	Plan de Operaciones
								Preparación: 2007 (1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12)
								Implementación: 2008 Q1 Q2 Q3 Q4 / 2009 Q1 Q2 Q3 Q4 / 2010 Q1 Q2 Q3 Q4 / 2011 Q1 Q2 Q3 Q4 / 2012 Q1 Q2 Q3 Q4
Tarea 1-1: Alinear las responsabilidades de la nueva dirección de puentes del MOPT								
1-1-a	Revisar las responsabilidades actuales del departamento de diseño de puentes del MOPT				0	MOPT/CONAVI		
1-1-b	Fijar las responsabilidades de la nueva dirección de puentes				0	MOPT/CONAVI		
Tarea1-2: Aclarar los flujos de trabajo de la nueva dirección de puentes del MOPT								
1-2-a	Revisar los flujos de trabajo existentes en el departamento de diseño de puentes del MOPT				0	MOPT/CONAVI		
1-2-b	Fijar los flujos de trabajo de la nueva dirección de puentes				0	MOPT/CONAVI		
Tarea 1-3: Mejorar la estructura organizacional de la nueva dirección de puentes del MOPT								
1-3-a	Revisar la estructura organizacional existente en el departamento de diseño de puentes del MOPT				0	MOPT/CONAVI		
1-3-b	Fijar la estructura organizacional de la nueva dirección de puentes				0	MOPT/CONAVI		
Tarea1-4: Asegurar el optimo personal en la nueva dirección de puentes del MOPT								
1-4-a	Revisar el personal actual del departamento de diseño de puentes				0	MOPT/CONAVI		
1-4-b	Aplicar al personal adicional de la nueva dirección de puentes	separadamente acordado				MOPT/CONAVI		
Tarea 1-5: Asegurar el optimo presupuesto para la nueva dirección de puentes del MOPT								
1-5-a	Revisar el presupuesto actual del departamento de diseño de puentes				0	MOPT/CONAVI		
1-5-b	Aplicar el presupuesto requerido para la nueva dirección de puentes	separadamente acordado				MOPT/CONAVI		
Tarea 2-1: Alinear las responsabilidades del nuevo departamento de puentes del CONAVI								
1-1-a	Revisar las responsabilidades del departamento relacionado a puentes existente en CONAVI				0	MOPT/CONAVI		
1-1-b	Fijar las responsabilidades del nuevo departamento de puentes del CONAVI				0	MOPT/CONAVI		
Tarea 2-2: Aclarar los flujos de trabajo del nuevo departamento de puentes del CONAVI								
1-2-a	Revisar los flujos de trabajo actuales en el departamento relacionado a puentes en el CONAVI				0	MOPT/CONAVI		
1-2-b	Fijar los flujos de trabajo en el nuevo departamento de puentes del CONAVI				0	MOPT/CONAVI		
Tarea 2-3: Mejoraria estructura organizacional del nuevo departamento de puentes del CONAVI								
1-3-a	Revisar la estructura organizacional actual del departamento relacionado a puentes de CONAVI				0	MOPT/CONAVI		
1-3-b	Crear la estructura organizacional para el nuevo departamento de puentes de CONAVI				0	MOPT/CONAVI		
Tarea 2-4: Asegurar el personal optimo para el nuevo departamento de puentes del CONAVI								
1-4-a	Revisar el personal existente del departamento relacionado a puentes del CONAVI				0	MOPT/CONAVI		
1-4-b	Aplicar al personal adicional del nuevo departamento de puentes del CONAVI	separadamente acordado				MOPT/CONAVI		
Tarea 2-5: Asegurar el presupuesto optimo para el nuevo departamento de puentes								
1-5-a	Revisar el presupuesto actual del departamento relacionado a puentes en CONAVI				0	MOPT/CONAVI		
1-5-b	Aplicar el presupuesto requerido para el nuevo departamento de puenes del CONAVI	separadamente acordado				MOPT/CONAVI		

Figura 6.2.2. Plan de Operaciones Preliminar para el Proyecto Modular 2

WBS No.	Desglose de la Estructura de Trabajo (WBS)	Unidad de Entrada	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Desglose de Costos (USD)	Matriz de Asignación de Responsabilidades (RAM)	Desglose de Presupuesto (USD)
Tarea 1-1: Establecer nuevos cursos para la construcción de puentes							
1-1-a	Diseñar un programa de cursos de construcción de puentes					UCR/LANNAME	
1-1-b	Seleccionar la dirección y lecturas de los cursos					UCR/LANNAME	
1-1-c	Negociar y asignar la dirección y las lecturas de los cursos	Lectura	3	15.000	45.000	UCR/LANNAME	
1-1-d	Diseñar detalladamente los contenidos del curso					UCR/LANNAME	
1-1-e	Seleccionar y compilar los libros de texto y los materiales	Set	1	5.000	5.000	UCR/LANNAME	
1-1-f	Preparar el software y el equipo	Set	1	10.000	10.000	UCR/LANNAME	
1-1-g	Preparar los acuerdos logísticos	Set	1	3.000	3.000	UCR/LANNAME	
1-1-h	Desarrollar un procedimiento de admisión	Tiempo	1	2.000	2.000	UCR/LANNAME	
1-1-i	Correr nuevos cursos de construcción de puentes	Tiempo	1	5.000	5.000	UCR/LANNAME	
Tarea 1-2: Establecer nuevos cursos para el mantenimiento de puentes							
1-2-a	Diseñar un programa de cursos de mantenimiento de puentes					UCR/LANNAME	
1-2-b	Seleccionar la dirección y lecturas de los cursos					UCR/LANNAME	
1-2-c	Negociar y asignar la dirección y las lecturas de los cursos	Lectura	2	15.000	30.000	UCR/LANNAME	
1-2-d	Diseñar detalladamente los contenidos del curso					UCR/LANNAME	
1-2-e	Seleccionar y compilar los libros de texto y los materiales	Set	1	5.000	5.000	UCR/LANNAME	
1-2-f	Preparar el software y el equipo	Set	1	5.000	5.000	UCR/LANNAME	
1-2-g	Preparar los acuerdos logísticos	Set	1	3.000	3.000	UCR/LANNAME	
1-2-h	Desarrollar un procedimiento de admisión	Tiempo	1	2.000	2.000	UCR/LANNAME	
1-2-i	Correr nuevos cursos de construcción de puentes	Tiempo	1	5.000	5.000	UCR/LANNAME	
Tarea 2-1: Mantener las oportunidades para intercambiar y compartir nuevas tecnologías entre el círculo público-privado-académico en el campo de ingeniería de puentes y mantenimientos							
2-1-a	Mantener reuniones entre los círculos público-privado-académico para el intercambio y compartir la última información técnica en el campo de la ingeniería de puentes y el mantenimiento	Tiempo	5			MOPT/CONAVI	
2-1-b	Mantener reuniones informales entre los círculos público-privado-académico para el intercambio y compartir la última información técnica en el campo de la ingeniería de puentes y el mantenimiento	Tiempo	5			MOPT/CONAVI	
2-1-c	Formular y actualizar bases de datos técnicas para el mantenimiento y la ingeniería de puentes para ser compartida entre los círculos público-privado-académico	Base de Datos	1			MOPT/CONAVI	
2-1-d	Implementar un programa de equipo de intercambio entre los círculos público-privado-académico	Tiempo	5			MOPT/CONAVI	
Tarea 3-1: Mantener las oportunidades para intercambiar y compartir nuevas tecnologías entre los países miembros del PPP en el campo de la ingeniería de puentes y mantenimiento							
3-1-a	Mantener reuniones entre los países miembros del PPP para el intercambio y compartir la última información técnica en el campo de la ingeniería de puentes y el mantenimiento	Tiempo	5			MOPT/CONAVI	
3-1-b	Mantener reuniones informales entre los países miembros del PPP para el intercambio y compartir la última información técnica en el campo de la ingeniería de puentes y el mantenimiento	Tiempo	5			MOPT/CONAVI	
3-1-c	Formular y actualizar bases de datos técnicas para el mantenimiento y la ingeniería de puentes para ser compartida entre los países miembros del PPP	Base de Datos	1			MOPT/CONAVI	
3-1-d	Implementar un programa de equipo de intercambio entre los países miembros del ppp	Tiempo	5			MOPT/CONAVI	

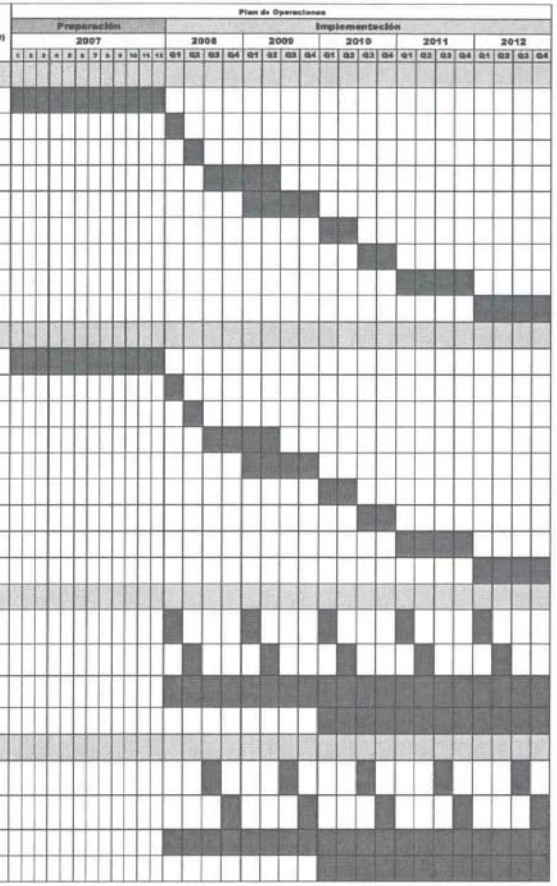


Figura 6.2.3. Plan de Operaciones Preliminar para el Proyecto Modular 3

WBS No.	Desglose de la Estructura de Trabajo (WBS)	Unidad de Entrada	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Desglose de Costos (USD)	Matriz de Asignación de Responsabilidades (RAM)	Desglose de Presupuesto (USD)
Tarea 1-1: Mejorar el manual de inspección							
1-1-a	Revisar el manual de inspección existentes						
1-1-b	Compilar un manual de inspección nuevo	Set	1	500	500	MOPT/CONAVI	
Tarea 1-2: Revisar el manual de operación del BMS existente							
1-2-a	Revisar el manual de operación del BMS existente					MOPT/CONAVI	
1-2-b	Compilar un nuevo manual de operación del BMS	Set	1	1,000	1,000		
Tarea 1-3: Mejorar las guías para el planeamiento de la rehabilitación							
1-3-a	Revisar las guías para el planeamiento de reparación existentes					MOPT/CONAVI	
1-3-b	Compilar nuevas guías para el planeamiento de reparación	Set	1	500	500		
Tarea 1-4: Mejorar los estándares de diseño de puentes							
1-4-a	Revisar los estándares de diseño de puentes internacionales existentes					MOPT/CONAVI	
1-4-b	Revisar los estándares de diseño de puentes regionales existentes					MOPT/CONAVI	
1-4-c	Revisar los estándares de diseño de puentes domésticos existentes					MOPT/CONAVI	
1-4-d	Compilar nuevos estándares de diseño de puentes	Set	1	1,000	1,000	MOPT/CONAVI	
Tarea 1-5: Mejorar las regulaciones para las practicas de mantenimiento de puentes							
1-5-a	Revisar las regulaciones para las practicas de mantenimiento de puentes					MOPT/CONAVI	
1-5-b	compilar nuevas regulaciones para las practicas de mantenimiento de puentes	Set	1	500	500	MOPT/CONAVI	
Tarea 2-1: Mejorar las guías de procedimientos del MOPT							
2-1-a	Revisar las guías existentes por el MOPT					MOPT	
2-1-b	Revisar los manuales de procedimientos por el MOPT					MOPT	
2-1-c	Compilar una nueva guía por el MOPT	Set	1	500	500	MOPT	
2-1-d	Compilar un nuevo manual de procedimientos por el MOPT	Set	1	500	500	MOPT	
Tarea 2-2: Mejorar las guías de procedimientos del CONAVI							
2-2-a	Revisar las guías existentes por el CONAVI					CONAVI	
2-2-b	Revisar los manuales de procedimientos por el CONAVI					CONAVI	
2-2-c	Compilar una nueva guía por el CONAVI	Set	1	500	500	CONAVI	
2-2-d	Compilar un nuevo manual de procedimientos por el CONAVI	Set	1	500	500	CONAVI	
Tarea 2-3: Mejorar las guías para la concesión de procedimientos por el CNC							
2-3-a	Revisar las guías existentes de concesiones por el CNC					CNC	
2-3-b	Revisare el manual de procedimientos de concesiones existente por el CNC					CNC	
2-3-c	Compilar una nueva guía para concesiones por el CNC	Set	1	500	500	CNC	
2-3-d	Compilar un nuevo manual de procedimientos de concesión por el CNC	Set	1	500	500	CNC	
2-3-e	Desarrollar el formato de modelo de contrato para la eficiente operación del mantenimiento de puentes	Set	1	200	200	CNC	
Tarea 3-1: Mejora las regulaciones para la seguridad vial en los puentes							
3-1-a	Revisar las regulaciones de cargo de pago existentes en puentes por el MOPT					MOPT	
3-1-b	Revisar otras regulaciones de trafico existentes en puentes por el MOPT					MOPT	
3-1-c	Compilar nuevas regulaciones de cargo de pago en puentes por el MOPT	Set	1	500	500	MOPT	
3-1-d	Compilar nuevas regulaciones de trafico en puentes por el MOPT	Set	1	500	500	MOPT	
Tarea 3-2: Mejorar las operaciones de seguridad vial en los puentes							
3-2-a	Revisar las operaciones de cargo de pago en puentes por el MOPT					MOPT	
3-2-b	Revisar otras operaciones de cargo de pago en puentes por el MOPT					MOPT	
3-2-c	Compilar nuevas operaciones de cargo de pago en puentes por el MOPT	Set	1	500	500	MOPT	
3-2-d	Compilar nuevas operaciones de trafico en puentes por el MOPT	Set	1	500	500	MOPT	

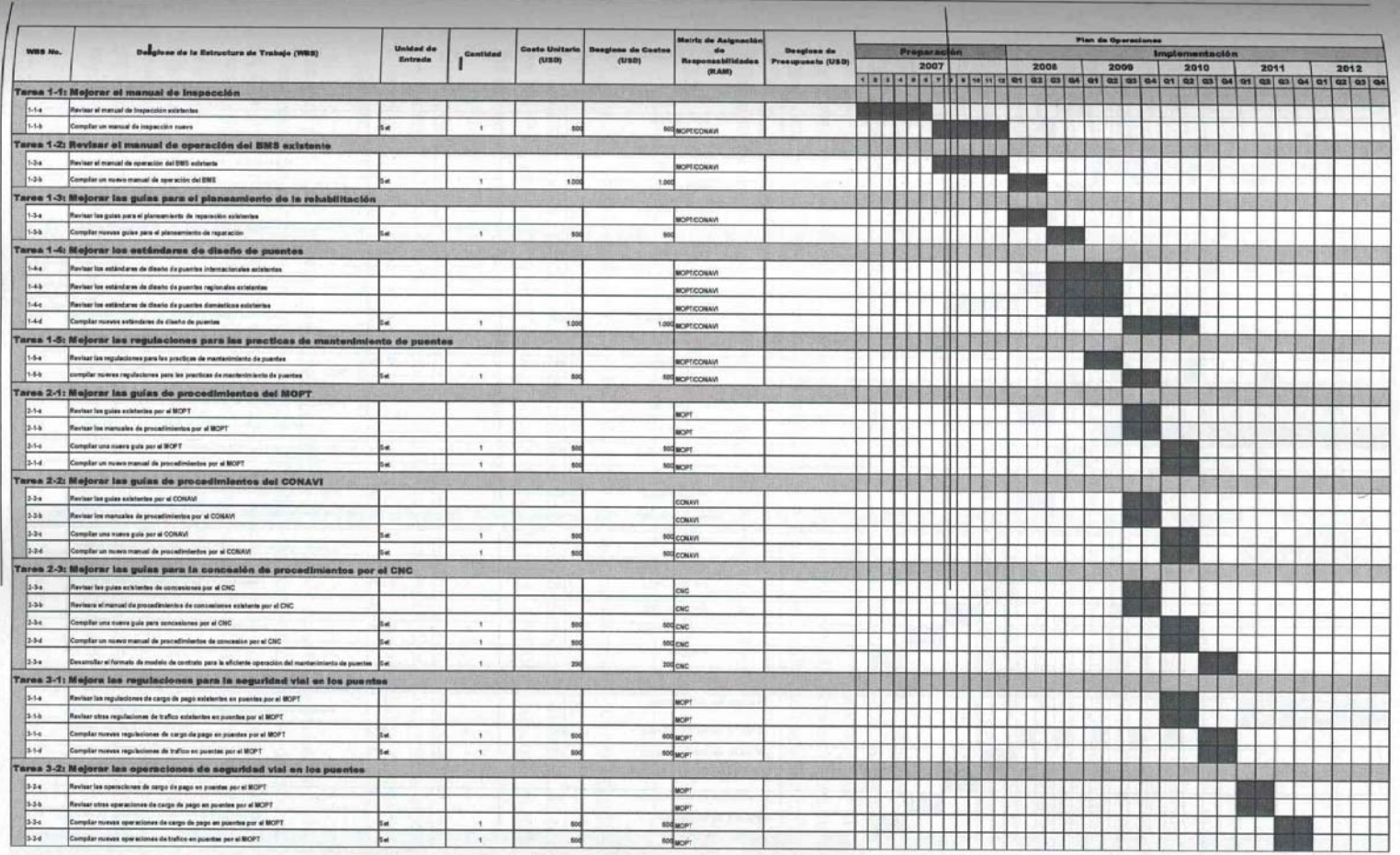


Figura 6.2.4. Plan de Operaciones Preliminar para el Proyecto Modular 4

WBS No.	Desglose de la Estructura de Trabajo (WBS)	Unidad de Entrada	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Desglose de Costos (USD)	Matriz de Asignación de Responsabilidades (RAM)	Desglose de Presupuesto (USD)
Tarea 1-1: Apoyar la planificación y los funcionarios fiscales de MH y MIDEPLAN a través de una serie de cursos prácticos enfocados a una especialidad en la administración del activo							
1-1-a	Planear los contenidos y programas de los seminarios				0	MOPTICONAVI, MH, MIDEPLAN	
1-1-b	Seleccionar las lecturas apropiadas para los seminarios	Lectura	12	500	6.000	MOPTICONAVI, MH, MIDEPLAN	
1-1-c	Preparar los materiales para los seminarios	Set	1	1.000	1.000	MOPTICONAVI, MH, MIDEPLAN	
1-1-d	Preparar los acuerdos logísticos para los seminarios	Set	1	500	500	MOPTICONAVI, MH, MIDEPLAN	
1-1-e	Mantener una serie de seminarios	Tiempo	6	500	3.000	MOPTICONAVI, MH, MIDEPLAN	
1-1-f	Compartir resultados de los seminarios con otros ministerios a cargo de la investigación pública				0	MOPTICONAVI, MH, MIDEPLAN	
Tarea 1-2: Apoyar la planificación y los funcionarios fiscales de MOPT y CONAVI a través de una serie de cursillos prácticos enfocados a una especialidad en la administración del activo							
1-2-a	Planear los contenidos y programas de los seminarios				0	MOPTICONAVI	
1-2-b	Seleccionar las lecturas apropiadas para los seminarios	Lectura	12	500	6.000	MOPTICONAVI	
1-2-c	Preparar los materiales para los seminarios	Set	1	1.000	1.000	MOPTICONAVI	
1-2-d	Preparar los acuerdos logísticos para los seminarios	Set	1	500	500	MOPTICONAVI	
1-2-e	Mantener una serie de seminarios	Tiempo	6	500	3.000	MOPTICONAVI	
1-2-f	Compartir resultados de los seminarios con otros departamentos del MOPT y CONAVI				0	MOPTICONAVI	
Tarea 2-1: Promocionar relaciones públicas con usuarios del puente y los contribuyentes a través de entender de mantenimiento de puentes							
2-1-a	Hacer los contenidos de mantenimiento para los website del MOPTICONAVI	Set	1	1.000	1.000	MOPTICONAVI	
2-1-b	Cargar y actualizar los contenidos del mantenimiento de puentes en los website del MOPT y CONAVI					MOPTICONAVI	
2-1-c	Hacer folletos para el usuario y contribuyentes para el mantenimiento del puente	Set	1	3.000	3.000	MOPTICONAVI	
2-1-d	Distribuir folletos a los usuarios de puentes y a los contribuyentes				0	MOPTICONAVI	
2-1-e	Planificar "el mes del mantenimiento de puentes" en campañas en periodicos				0	MOPTICONAVI	
2-1-f	Hacer articulos en periódicos sobre "el mes del mantenimiento de puentes"	Set	1	1.000	1.000	MOPTICONAVI	
2-1-g	Implementar campañas sobre "el mes del mantenimiento de puentes" en avisos en los periódicos	Tiempo	3	1.000	3.000	MOPTICONAVI	
2-1-h	Planear visitas de prensa a mantenimiento de puentes				0	MOPTICONAVI	
2-1-i	Implementar visitas de prensa a mantenimiento de puentes	Tiempo	1	1.000	1.000	MOPTICONAVI	
2-1-j	Planear la incorporación de videos sobre mantenimiento de puentes				0	MOPTICONAVI	
2-1-k	Introducir videos de mantenimiento de puentes	Set	1	3.000	3.000	MOPTICONAVI	
2-1-l	Televisar videos de mantenimiento de puentes en programas de televisión	Tiempo	12	500	6.000	MOPTICONAVI	
Tarea 2-2: Apoyar usuarios de puentes con reglas de seguridad							
2-2-a	Hacer folletos de regulaciones de seguridad para los usuarios de puentes	Set	1	1.000	1.000	MOPTICONAVI	
2-2-b	Distribuir folletos a los usuarios de puentes sobre regulaciones de seguridad				0	MOPTICONAVI	
2-2-c	Utilizar folletos para campañas sore "semana de seguridad vial"				0	MOPTICONAVI	
Tarea 2-3: Educar a los estudiantes sobre la importancia del mantenimiento de puentes							
2-3-a	Planear "competencias de fotos de puentes" en escuelas seleccionadas				0	MOPTICONAVI	
2-3-b	Implementar "competencias de fotos de puentes" en escuelas seleccionadas	Tiempo	1	1	1.000	MOPTICONAVI	

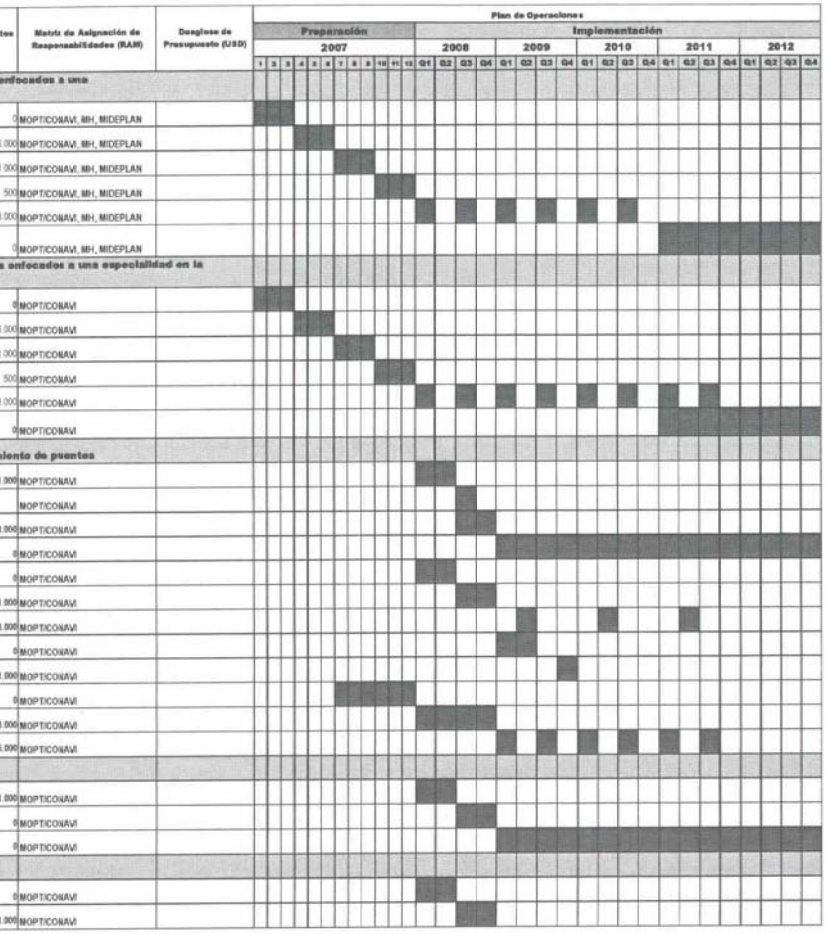


Figura 6.2.5. Plan de Operaciones Preliminar para el Proyecto Modular 5

6.3 Reforma Institucional y Arreglo Presupuestario como Pre-condiciones para el Desarrollo de Capacidad

6.3.1 Conceptos Básicos para la Reforma Institucional

La reforma institucional par alas organizaciones relacionadas a los puentes del MOPT y CONAVI son una parte integral de las precondiciones para el desarrollo de capacidad y la reforma se incluye en la reforma modular 2 (MP-2). La evaluación de la diferencia de capacidad comenzó en lo que se conoce como ***"punto de ingreso"*** el cual es el objetivo inicial para la evaluación, impulsando para cambiar la institución actual. Un punto dc ingreso típico se puede encontrar frecuentemente a nivel organizacional, cuando la evaluación de la diferencia de capacidad se realiza. El punto de ingreso en este estudio es el departamento de diseño de puentes del MOPT el que está sujeto a ser promovido a Dirección de Puentes. Hay dos conceptos básicos para la reforma institucional; ***"acercamiento"*** y ***"alejamiento"*** desde el punto de ingreso.

El Acercamiento desde el punto de ingreso permite que los involucrados estén más cercanos a las dimensiones de capacidad de organizaciones existentes, por lo tanto se concentran en la reforma institucional de la dirección de puentes del MOPT al mismo tiempo que al nuevo departamento relacionado con puentes de CONAVI. El examen de acercamiento de estas organizaciones existentes proveerá el estrato básico para el desarrollo de capacidad. Por otra parte ***el alejamiento*** desde el punto de ingreso cambiaría de exámenes estrechos a una colaboración amplia para crear una base institucional para el GCMP.

6.3.2 Reforma Institucional de Organizaciones relacionadas a puentes del MOPT y CONAVI.

Se reconoce teóricamente que existen 3 modelos de organización tales como ***organización funcional***, ***organización de tipo proyecto*** y ***organización de tipo matriz***. Estos modelos se refieren a estructuras organizacionales prototipo de la recién establecida dirección de puentes del MOPT y el departamento de construcción de puentes del CONAVI, cuando se planifiquen las reformas institucionales de estas organizaciones.

Una ***organización funcional*** es un modelo de organización jerárquica en el cual las misiones y las áreas se dividen entre los grupos con diferentes administradores funcionales quienes se concentran en sus campos de destrezas. En este modelo, la responsabilidad se comparte entre los diferentes administradores funcionales.

Por otra parte, una ***organización tipo proyecto*** es la antítesis de una organización funcional. Una organización tipo proyecto en el campo del mantenimiento de puentes se define como un equipo compuesto de miembros con fuerza en sus tareas, bajo un administrador de proyectos, encargado de cubrir la administración, la inspección, la planificación, el diseño, la administración de sistemas, la construcción y otras áreas. Ya que el equipo de trabajo bajo la organización tipo proyecto se puede concentrar en su equipo, es posible responder a los requisitos cambiantes justo a tiempo. Los costos de los recursos son generalmente mayores para una organización tipo proyecto ya que la organización deberá tener suficientes destrezas para asignar a tiempo completo diferentes proyectos simultáneamente.

La organización tipo matriz combina el concepto de una organización funcional con la organización tipo proyecto. La mayoría de organizaciones se encuentran entre funcionalmente completa y la estructura organizacional tipo proyecto completa.

Se debe de observar que el Departamento actual de Diseño de Puentes del MOPT esta sujeto a una actualización para convertirse en una nueva Dirección de Puentes a partir del año fiscal del 2007, y este impulso institucional se debe de utilizar al máximo para obtener grandes recursos financieros y de personal. Por otro lado, CONAVI planea implementar un nuevo departamento relacionado con puentes a pesar de que su estructura organizacional detallada no este muy clara..

La meta final de la reforma institucional es el establecer un sistema de mantenimiento regular y apropiado en todo el país para los 1350 puentes de la red vial nacional, al racionalizar las funciones del MOPT y CONAVI y seleccionar el modelo organizacional adecuado. Para alcanzar esta meta final, la estructura organizacional ideal para mantener apropiadamente el número actual de puentes basado en las siguientes condiciones.

(i) El nivel organizacional ideal deberá ser logrado en 5 años basados en las mejorías paso a paso de la estructura organizacional actual.
(ii) Las funciones de las prácticas de mantenimiento de puentes son racionalizadas entre el MOPT y CONAVI.
(iii) La Dirección de Puentes del MOPT será responsable del mantenimiento del puente tal como la inspección y la rehabilitación, mientras que el Departamento de Construcción de Puentes propuesto de CONAVI será el responsable de ejecutar las reparaciones y las rehabilitaciones.
(iv) La inspección programada de los 350 puentes en la red vial a nivel primario o secundario será conducida cada 5 años de manera rotativa. (La Figura 6.3.1 indica el número de puentes que se quiere inspeccionar por año).
(v) La inspección detallada y la rehabilitación y reforzamiento de 50 puentes será realizada cada 5 años.
(vi) Los puentes que están muy dañados y que necesitan ser rehabilitados urgentemente serán atendidos en 5 años.

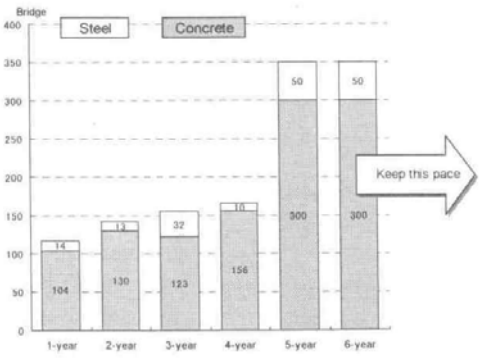


Figura 6.3.1. Número de Puentes Objetivo por ser inspeccionados periódicamente

Como resultado a continuación se proponen, el equipo de trabajo y la organización requerida para las nuevas organizaciones relacionadas a los puentes del MOPT y CONAVI.

a) Dirección de Puentes del MOPT

Como un punto de ingreso primario de la evaluación de la diferencia de capacidad y los miembros principales del GCMP, el departamento de diseño de puentes del MOPT está sujeto a ser promovido para convertirse en una dirección de puentes a partir del año fiscal 2007. Aprovechando este impulso, se estima la estructura organizacional ideal y el número de

miembros requeridos para la organización propuesta. Se propone una organización tipo proyecto, la cual consiste de 6 departamentos y oficinas regionales encabezadas por un director. El número total de miembros y trabajadores requeridos es de 36 personas para el año fiscal 2008 y de 58 para el año fiscal 2012. La lista de miembros requeridos para la Dirección de Puentes del MOPT se encuentra en la Tabla 6.3.1 y la estructura organizacional propuesta se ilustra de la Figura 6.3.2 a la Figura 6.3.4, respectivamente.

Tabla 6.3.1. Personal Requerido para la Direccion de Puentes del MOPT

Organización / Posición		FY 2008	FY 2009	FY 2010	FY 2011	FY 2012
Director		1	1	1	1	1
Sub Director		0	0	1	1	1
Departamento Administrativo	Administrador	0	1	1	1	1
	Secretaria	0	1	1	1	1
	Personal	0	0	1	1	2
	Sub Total	0	2	3	3	4
Departamento de Planificación	Administrador	0	1	1	1	1
	Jefe de Planificación	0	0	1	1	1
	Presupuestista	0	1	1	1	2
	Coordinador	0	1	1	1	2
	Relacionista Público	0	0	0	1	1
	Sub Total	0	3	4	5	7
Departamento de Diseño	Administrador	1	1	1	1	1
	Jefe de Ingeniería	0	0	1	2	2
	Ingenieros	3	4	4	4	6
	Operadores de CAD	2	2	2	2	2
	Otros	11	11	11	11	11
	Sub Total	17	18	19	20	22
Departamento de Inspección	Administrador	1	1	1	1	1
	Jefe Inspector	0	0	0	1	1
	Inspector	1	1	1	1	2
	Personal Técnico	0	0	1	1	1
	Sub Total	2	2	3	4	5
Departamento de Sistemas	Administrador	1	1	1	1	1
	Jefe de Ingeniería en Sistemas	0	0	0	1	1
	Ingeniero en Sistemas	1	1	1	1	1
	Personal	0	0	1	1	2
	Sub Total	2	2	3	4	5
Departamento de Construcción de Puentes	Administrados	1	1	1	1	1
	Jefe de Ingeniería	2	2	2	2	2
	Ingeniero	5	5	5	5	5
	Sub Total	8	8	8	8	8
Total Oficinas Centrales	Total	29	35	40	44	51
Total Oficinas Regionales	Personal Técnico	7	7	7	7	7
	Sub Total	7	7	7	7	7
Gran Total MOPT	Gran Total	36	42	47	51	58

Figura 6.3.2 Estructura Organizacional del Departamento de Puentes Actual del MOPT en 2006

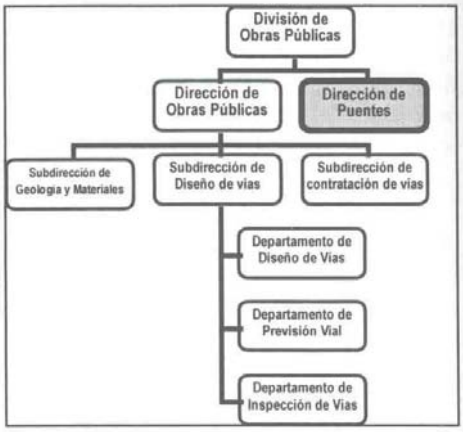


Figura 6.3.3 Estructura Organizacional de la Mejorada Direccion de Puentes en el 2007

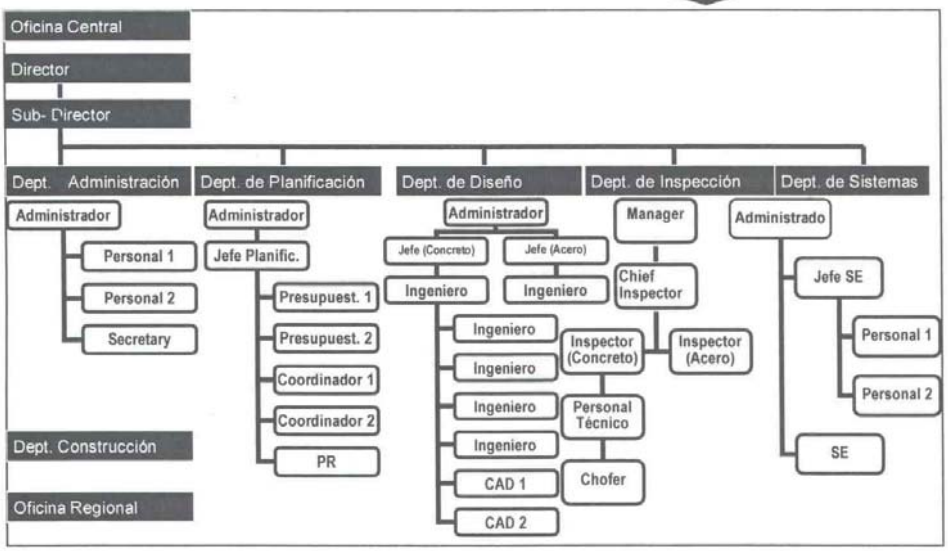


Figura 6.3.4. Propuesta de Estructura Organizacional de la Dirección de Puentes del MOPT

b) Nuevo Departamento de construcción de Puentes de CONAVI

Junto con la Dirección de Puentes del MOPT, se estima la estructura organizacional ideal lo mismo que el número de miembros que se requiere para el Departamento propuesto de Construcción de Puentes de CONAVI y sus oficinas regionales. El número total de miembros requeridos deberá ser de 14 en el año fiscal 2008 y de 38 en el año fiscal 2012. La lista de miembros que se necesitan se encuentra en la Tabla 6.3.2, y la estructura organizacional

propuesta para el nuevo Departamento de Construcción de Puentes del CONAVI aparece de la Figura 6.3.5 a la Figura 6.3.7.

Tabla 6.3.2. Personal Requerido para el Departamento de Construcción de Puentes del CONAVI

Organización / Posición		FY 2008	FY 2009	FY 2010	FY 2011	FY 2012
Departamento de Construcción de Puentes	Administrador	1	1	1	1	1
	Jefe de Presupuestación	0	0	1	1	1
	Jefe de Planificación de Obra	0	0	1	1	1
	Jefe de Procuraduría	1	1	1	1	1
	Jefe Supervisor	0	1	1	1	1
	Presupuestista	1	1	1	1	1
	Programador de Obra	0	1	1	1	1
	Personal	1	1	1	1	2
	Personal Técnico	0	0	1	1	1
	Sub Total	4	6	9	9	10
Total de Oficina Regional	Supervisor	7	7	10	12	14
	Personal	3	5	7	10	14
	Sub Total	10	12	17	22	28
Gran Total	Gran Total	14	18	26	31	38

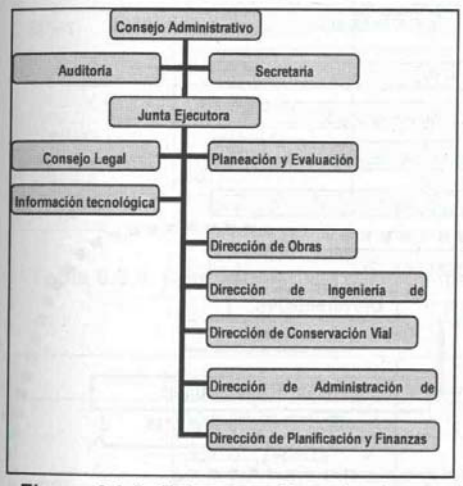


Figura 6.3.5. Estructura Organizacional Actual del CONAVI en 2006

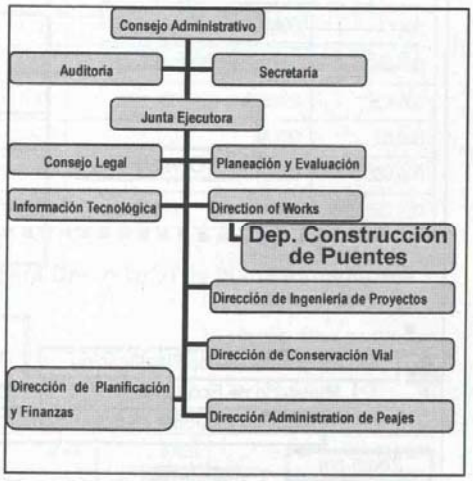


Figura 6.3.6. Estructura Organizacional del CONAVI en 2007

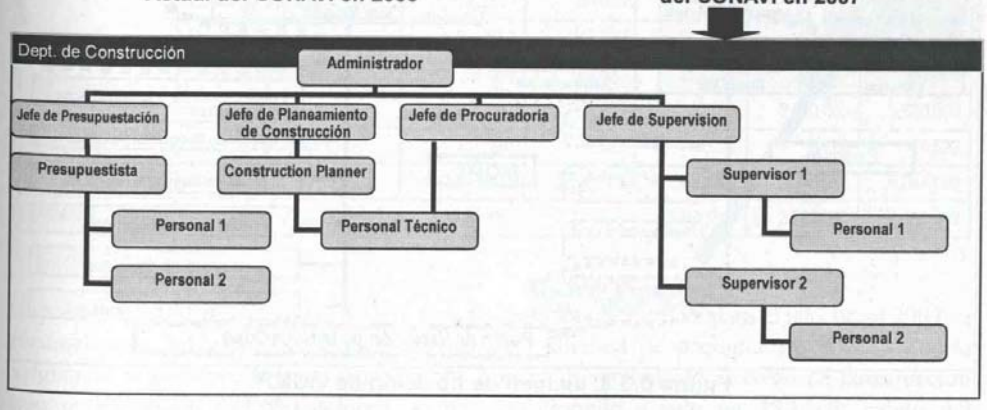


Figura 6.3.7. Propuesta de Estructura Organizacional del Nuevo Departamento de Construcción de Puentes del CONAVI

6.3.3 Construcción Institucional del GCMP

Los miembros del GCMP juegan un papel importante para la planificación a gran escala y la implementación de los proyectos modulares identificados. En general, para establecer un grupo consultivo de multi-miembros como lo es el GCMP, se establece un nuevo proyecto de oficina el cual está compuesto de una gran variedad de oficiales del proyecto. Sin embargo, a diferencia de la estructura organizacional de la Dirección de Puentes del MOPT y el Departamento planeado de Construcción de Puentes de CONAVI, el GCMP necesita de una ***organización tipo matriz*** donde todos los miembros se reportan al secretariado del GCMP y a los administradores de cada organización. Mientras los miembros del GCMP se comprometen normalmente en los trabajos originales de las organizaciones de las cuales son miembros, las organizaciones miembros del GCMP requieren prestar servicios al GCMP.

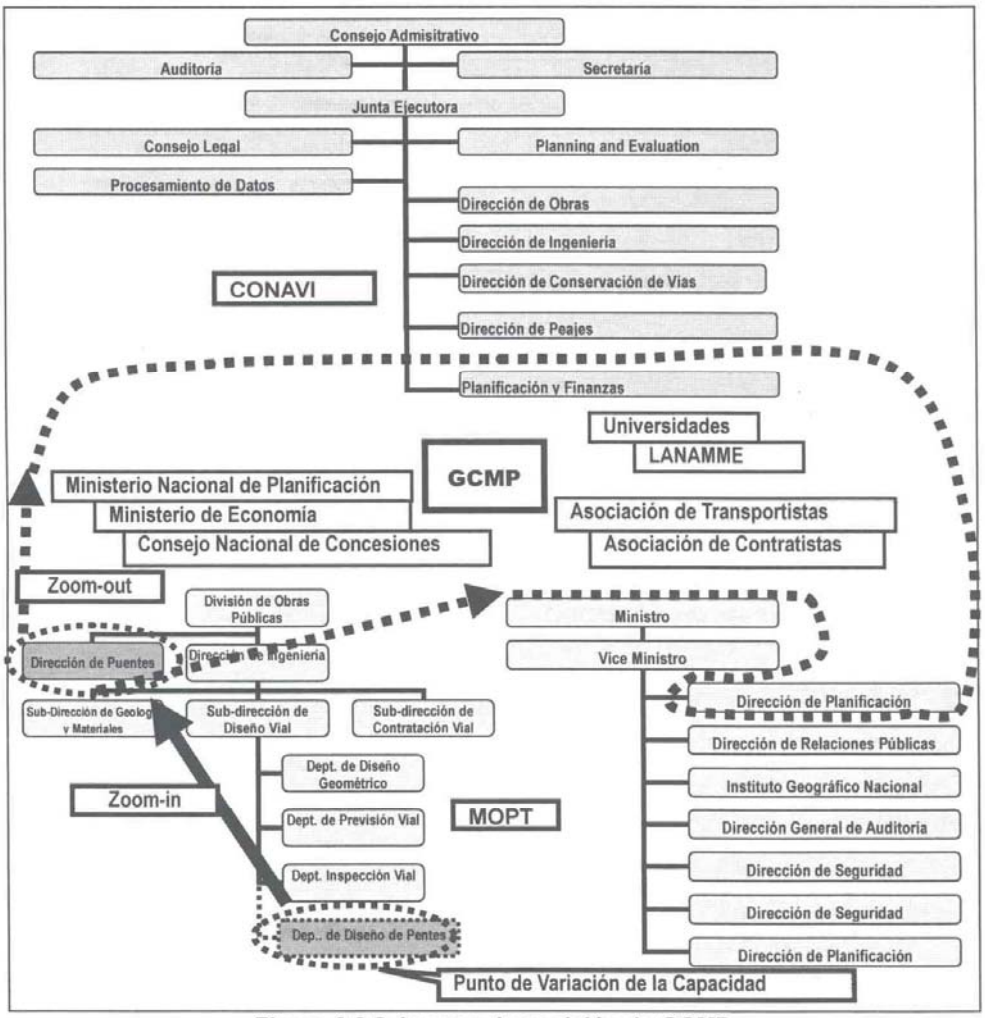


Figure 6.3.8. Imagen de posición de GCMP

6.3.4 Acuerdo Presupuestario

Con base en el número de miembros y la estructura organizacional propuesta, el presupuesto requerido para la dirección de puentes del MOPT y el departamento que se propone para la construcción de puentes de CONAVI se estima para verificarse es financieramente sostenible. El presupuesto total que se necesita para la operación general básica de la dirección de puentes del MOPT se estima en 369,650 colones para el año fiscal 2008. Por otra parte, el presupuesto total para el costo de operación organizacional para el nuevo departamento de construcción de puentes se estima en 2,257,900 colones para el año fiscal 2008. Estos costos se relacionan a la implementación del proyecto modular 2 (PM-2).

Tabla 6.3.3. Requerimientos de Presupuesto para el Costo Organizacional de Mantenimiento de Puentes

(Unidad: Miles de Colones)

Costo del Ítem / Año Fiscal		AF 2008	AF 2009	AF 2010	AF 2011	AF 2012
MOPT	Costos Directos	151,200	173,900	192,900	209,400	236,100
	Costos Indirectos	30,240	34,780	38,580	41,880	47,220
	Sub Total	181,440	208,680	231,480	251,280	283,320
CONAVI	Costos Directos	112,400	137,900	194,100	233,600	283,000
	Costos Indirectos	22,480	27,580	38,820	46,720	56,600
	Sub Total	134,880	165,480	232,920	280,320	339,600
TOTAL		316,320	374,160	464,400	531,600	622,920

Tabla 6.3.4. Requerimientos de Presupuesto para Costo Total de Mantenimiento de Puentes

(Unidad: Miles de Colones)

Costo del Ítem / Año Fiscal		AF 2008	AF 2009	AF 2010	AF 2011	AF 2012
MOPT	Costo de Organización	181,440	208,680	231,480	251,280	283,320
	Inspección Periódica	3,658	4,433	4,805	5,146	10,850
	Inspección Detallada	4,032	4,536	6,552	6,552	8,400
	Equipo y Facilidades	180,520	30,020	19,520	20,520	48,270
	Sub Total	369,650	247,669	262,357	283,498	350,840
CONAVI	Costo de Organización	134,880	165,480	232,920	280,320	339,600
	Trabajos de Rehabilitación	1,895,000	1,895,000	2,220,000	2,220,000	3,630,000
	Equipo y Facilidades	228,020	5,520	46,020	6,270	118,520
	Sub Total	2,257,900	2,066,000	2,498,940	2,506,590	4,088,120
TOTAL		2,627,550	2,313,669	2,761,297	2,790,088	4,438,960

El presupuesto solicitado por el MOPT para la dirección de puentes para el año fiscal 2007 se resume en la Tabla 6.3.5. De acuerdo con esta solicitud de presupuesto, el MOPT está asignando el presupuesto total del costo de operación excluyendo el costo de construcción que se estima en 277,690 colones, lo que corresponde a solo un 75.1 por ciento del presupuesto total solicitado para la operación organizacional básica de la dirección de puentes

del MOPT. Existen varias opciones para llenar la diferencia tal como: i) disminuir el objetivo de mantenimiento de puentes, ii) posponer el año meta, iii) solicitar el apoyo de donantes, etc.

Tabla 6.3.5. Presupuesto Buscado para la Dirección de Puentes del MOPT para el Año Fiscal 2007

(Unidad: Miles de Colones)

Ítem de Costo	Presupuesto Buscado para la Dirección de Puentes del MOPT para el 2007	Descripción
Costo de Personal	96,000	19 Personeros
Costos Administrativos	5,590	
Costo de Diseño y Asistencia Técnica	120,600	
Costo de Inspección Detallada	24,900	Inspección Detallada y Periódicas
Facilidades y equipo	30,600	
Costo Total de Operación excluyendo Construcción	277,690	

Por otro lado, el presupuesto solicitado para CONAVI para el año fiscal 2007 se resume en la Tabla 6.3.6. Ya que aproximadamente el 9.0 por ciento de la construcción de carreteras y el presupuesto de conservación se asigna actualmente para la construcción, mantenimiento y rehabilitación de puentes en la red vial nacional, la asignación estimada para puentes en el año fiscal 2007 será estimada en 6,331,250 colones. Sin embargo, la mayor parte de esa cantidad es para nuevas construcciones de puentes lo que no incluye suficiente presupuesto para el mantenimiento y rehabilitación de puentes. Por lo tanto, el presupuesto actual no satisface el presupuesto solicitado que se estima en 4, 438,960 colones en el año fiscal 2012.

Tabla 6.3.6. Presupuesto Buscado para CONAVI para el Año Fiscal 2007

(Unidad: Miles de Colones)

Ítem	Total	Administración	Conservación de vías	Construcción de vías	Costos de Inversión e Inversión
Remuneraciones	1,794,860	791,573	60,107	620,226	322,954
Servicios	37,847,687	805,749	30,653,550	2,942,313	3,446,075
Materiales y Suministros	2,150,796	153,121	1,836,333	83,196	78,146
Intereses y Comisiones	0	0	0	0	0
Bienes de consumo duraderos	34,488,801	363,586	2,137,240	30,498,650	1,489,325
Transferencias	54,000	12,000	3,000	30,000	9,000
Transferencias de Capital	1,482,606	0	1,482,606	0	0
Total	77,818,750	2,126,029	36,172,836	34,174,385	5,345,500

6.4 Monitoreo y Evaluación del Desarrollo de Capacidad

6.4.1 Conceptos Básicos para el Monitoreo y la Evaluación

Los resultados del desarrollo de capacidad a través de la implementación de 5 proyectos modulares integrados requieren que constantemente se den respuestas al MOPT y CONAVI para asegurar que el proceso esta encaminado y alcanzando resultados. El proceso deberá también ser totalmente transparente para todos los involucrados para que los resultados de las actividades de monitoreo se reflejen en el proceso del desarrollo de capacidad.

El monitoreo y la evaluación son una evaluación complicada de capacidades que involucran indicadores de rendimiento más cualitativos que cuantitativos. Los puntos de referencia como indicadores de rendimiento para el monitoreo y la evaluación serán desarrollados para las respuestas continuas a las actividades de desarrollo de capacidad. Es decir, ya que el desarrollo de capacidad es un proceso continuo desde ***aprender haciendo***, se requiere absolutamente de la evaluación y la revaloración de las capacidades.

6.4.2 Monitoreo para las actividades durante el periodo de estudio

Los resultados del monitoreo inicial en cada proyecto modular durante el periodo de estudio junto con los indicadores de rendimiento relevante se muestran en la Tabla 6.4.1. La evaluación en estos indicadores de rendimiento se evalúan en los siguientes puntos y los resultados de la evaluación en las etapas primeras del desarrollo de capacidad son satisfactorias en términos del nivel de capacidad individual. Ya que el aporte durante el periodo de estudio se enfoca en el desarrollo de recursos humanos, especialmente aportes críticos tales como la evaluación comprensiva basada en las actividades de desarrollo de recursos humanos, el monitoreo y la evaluación se relacionan principalmente al nivel de capacidad individual.

a) Las actividades de desarrollo de recursos humanos a través de 4 talleres de desarrollo de capacidad y 4 seminarios técnicos sobre tecnologías de mantenimiento de puentes se han impartido durante el transcurso del estudio, y la mayoría de los participantes comprenden plenamente los contenidos de los talleres y seminarios.
b) El entrenamiento de 4 oficiales a través de la misión a Chile y el entrenamiento de 2 oficiales en Japón contribuye grandemente a la base del desarrollo de capacidad que apunta a los oficiales del MOPT y CONAVI quienes son puntos de ingreso de la evaluación de la diferencia de capacidad.
c) A través de las actividades de redacción del borrador de los manuales y lineamientos, el grado de comprensión de los oficiales del MOPT y CONAVI son considerablemente satisfactorias a pesar de que todavía hayan requisitos para el mejoramiento de habilidades operacionales basadas en una manera más práctica de oportunidades más prácticas de entrenamiento en el sitio de trabajo.
d) Desde el punto de vista del PPP el seminario regional funcionará como un compromiso a las actividades de desarrollo de capacidad del MOPT y CONAVI, los resultados del seminario profundizarán el nivel de capacidad individual de los participantes del MOPT y CONAVI.
e) Una gran gama de actividades de relaciones públicas se realizarán y el consenso en la importancia del mantenimiento de puentes se ha mejorado, por lo tanto, los

contribuyentes estarán dispuestos a pagar por los recursos financieros.

Tabla 6.4.1. Indicadores de Desempeño y Monitoreo

Proyecto Modular	Indicador de Desempeño	Notas Explicatorios para Indicadores de Desempeño	Logro de Objetivos	
			Objetivos de Desempeño	Resultados
MP-1	Seminario Técnico	a) Teoría y práctica de inventario de puentes e inspección regular	Los participantes incluidos 4 ingenieros del departamento de puentes del MOPT entenderán los contenidos del seminario	Satisfactorio
		b) Teoría y práctica de planeamiento de Rehabilitación y Refuerzo	Los participantes incluidos 4 ingenieros del departamento de puentes del MOPT entenderán los contenidos del seminario	Satisfactorio
		c) Teoría y práctica de Diseño de Rehabilitación y Refuerzo	Los participantes incluidos 4 ingenieros del departamento de puentes del MOPT entenderán los contenidos del seminario	Satisfactorio
		d) Teoría y práctica de Operación del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP)	Los participantes incluidos 4 ingenieros del departamento de puentes del MOPT entenderán los contenidos del seminario	Satisfactorio
	Entrenamiento en Chile	a) Teoría y práctica de inventario de puentes e inspección regular	4 personeros entenderán los contenidos del entrenamiento.	Sobreentendido por 4 personeros
	Entrenamiento en Japón	a) Teoría y práctica de inventario de puentes e inspección regular	2 personeros entenderán los contenidos del entrenamiento.	Sobreentendido por 2 personeros
MP-2	Institución de Construcción del MOPT	a) Organigrama	Se redacta el organigrama de la dirección de puentes	Reclutado
	Institución de Construcción del CONAVI	a) Organigrama	Se redacta el organigrama del nuevo departamento de construcción de puentes	Reclutado
	Manuales y Guías	a) Manual de Inspección	Drafted, 4 engineers of the bridge design department fully understand the outline of the manual	Completo
		b) Manual de Operación del SAEP	4 ingenieros del departamento de diseño de puentes entenderán los resultados del manual	Completo
		c) Manual de AHP para Selección de Priorización	4 ingenieros del departamento de diseño de puentes entenderán los resultados del manual	Completo
		d) Guía de Planeamiento de Rehabilitación e Implementación	4 ingenieros del departamento de diseño de puentes entenderán los resultados de las guías	Completo
MP-3	Seminario Regional	a) Seminarios de Región del PPP	50 participante incluyendo 14 personeros de los otros países miembros del PPP comprenderán los contenidos del seminario	Está sobreentendido
MP-4	Listado de Leyes, Regulaciones y Estándares	a) Estándares Técnicos	Listas de 4 estándares técnicos.	Listado
		b) Adquisición de Regulaciones	Listas de 3 regulaciones.	Listado
		c) Regulaciones de Seguridad Vial y Estándares	Lista de regulaciones y estándares	Listado
MP-5	Relaciones Públicas	a) Creación de un Web Site para Relaciones Públicas	Se crea el web site del estudio.	Creado
		b) Comunicado de Prensa para el Seminario del PPP	Se preparan 70 comunicados de prensa para el seminario del PPP	Preparado

6.4.3 Monitoreo del Nivel Institucional durante el Periodo de Estudio

Los niveles institucionales del desarrollo de capacidad se describe a continuacion, la Figura 6.4.1 muestra la imagen de cada nivel objetivo

(a) *El Nivel 1* es el nivel institucional en el cual la organización depende de las capacidades individuales de los miembros y los empleados.

(b) *El Nivel 2* es el nivel institucional en el cual el flujo de trabajo de la organización se

estandariza al recopilar manuales, por lo que la eficiencia de la organización mejora significativamente.

(c) *El Nivel 3* es el nivel institucional en el cual cada proyecto modular se administra bajo el concepto de administración de proyectos.

(d) *El Nivel 4* es el nivel institucional en el cual cada proyecto modular se administra comprensivamente bajo el concepto de administración de programas.

(e) *El Nivel 5* es el nivel institucional en el cual todos los involucrados comprenden completamente la misión, los proyectos modulares, los MDP, y los EDT bajo el concepto de administración de programas.

Con base en los anteriores puntos de referencia para el nivel de capacidad institucional y las observaciones que se ven a continuación, el nivel institucional actual se evalúa entre el Objetivo 1 y el Objetivo 2, lo que refleja el impulso actual hacia una reforma institucional del MOPT y CONAVI.

i) El departamento de diseño de puentes del MOPT está sujeto a ser promovido a dirección de puentes para el año fiscal 2007 y hay un impulso en donde el mantenimiento de puentes no dependerá solo en capacidades individuales pero podrá ser administrado a través de la capacidad institucional sistemática. El estudio propone los detalles de la dirección de puentes del MOPT.

ii) A pesar de que CONAVI está plancando establecer el departamento relacionado a puentes, los detalles de este permanecen sin ser especificados por CONAVI. El estudio propone los detalles del departamento de la dirección de puentes del MOPT.

iii) Una gran cantidad de manuales y lineamientos en el campo del mantenimiento de puentes se están redactando para estandarizar el flujo de trabajo del MOPT y CONAVI.

iv) El GCMP se está estableciendo como una institución consultora clave para crear un efecto de sinergia al integrar las capacidades individuales de las organizaciones relevantes.

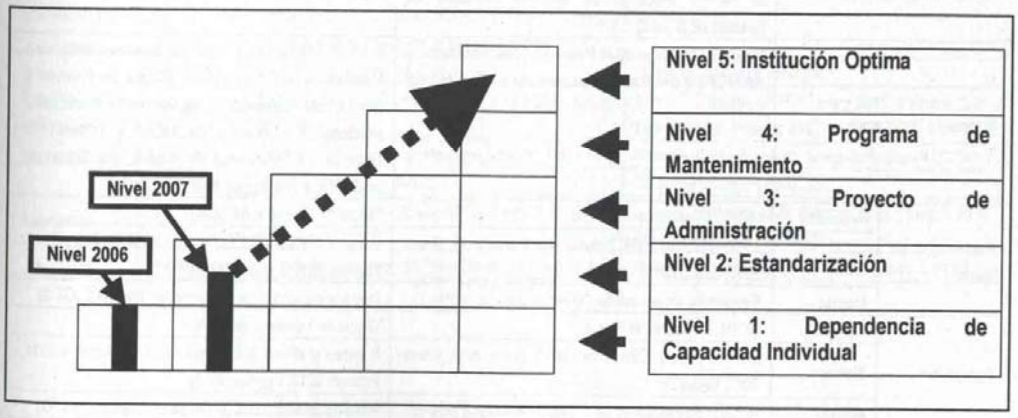


Figura 6.4.1. Nivel Objetico Institucional de Desarrollo de Capacidad

6.4.4 Monitoreo durante la Implementación del Desarrollo de Capacidad

Durante la implementación del desarrollo de capacidades se realizarán actividades de monitoreo y evaluación para cada uno de los 5 proyectos modulares integrados. Todos los proyectos serán monitoreados bajo el sistema de gran escala. De la Tabla 6.4.2 a la Tabla 6.4.6 se indican los planes de monitoreo para los 5 proyectos modulares integrados.

Tabla 6.4.2. Plan de Monitoreo de Proyecto Modular 1

Monitoreo de Actividades		Proyecto Propuesto	Salida
Indicadores de Verificación de Objetivos		Para el final del año fiscal 2012, todos los puentes de la red vial nacional deben ser mantenidos y reparados por el personal calificado del MOPT y CONAVI que tienen experiencia en: 1. Inspección de puentes, 2. Administración del SAEP, 3. Diagnóstico y selección de prioridad, 4. Planeamiento de reparación, 5. Obras de reparación. El número requerido de personal calificado se muestra en la Tabla 6.1.1.	Para el final del año fiscal 2012, el personal calificado requerido del MOPT y CONAVI serán entrenados de acuerdo con el plan de operaciones en: 1. Inspección de puentes, 2. Administración del SAEP, 3. Diagnóstico y selección de prioridad, 4. Planeamiento de reparación, 5. Obras de reparación El número requerido de personal calificado se muestra en la Tabla 6.1.1.
Manera de Verificación		Registros de Inspección y de Reparación de Puentes	Registros de Trabajo y Reportes de Progreso de los Grupos de Trabajo 1 (GT-1)
Recolección de Datos	Recolector	MOPT, Dirección de Puentes	Grupo de Trabajo 1 de GCMP
	Tiempo	5 veces (Enero 2009, Enero 2010, Enero 2011, Enero 2012, Enero 2013)	5 veces (Febrero 2009, Febrero 2010, Febrero 2011, Febrero 2012, Febrero 2013)
	Método	Reporte de monitoreo de Proyecto Modular 1 (PM-1)	Reporte de Monitoreo de Grupo de Trabajo 1 (GT-1)
Agregación	Agregador	MOPT, Dirección de Puentes	Grupo de Trabajo 1 de GCMP
	Tiempo	5 veces (Enero 2009, Enero 2010, Enero 2011, Enero 2012, Enero 2013)	5 veces (Febrero 2009, Febrero 2010, Febrero 2011, Febrero 2012, Febrero 2013)
	Método	Reporte de monitoreo de Proyecto Modular 1 (PM-1)	Reporte de Monitoreo de Grupo de Trabajo 1 (GT-1)

Tabla 6.4.3. Plan de Monitoreo de Proyecto Modular 2

Monitoreo de Actividades		Proyecto Propuesto	Salida
Indicadores de Verificación de Objetivos		Para el final del año fiscal 2012, todos los puentes de la red vial nacional deben ser mantenidos y reparados por el personal calificado del MOPT y CONAVI que tienen experiencia en: 1. Inspección de puentes, 2. Administración del SAEP, 3. Diagnóstico y selección de prioridad, 4. Planeamiento de reparación, 5. Obras de reparación. El número requerido de personal calificado se muestra en la Tabla 6.1.1.	Para el final del año fiscal del 2007, la definición y aclaración los flujos de trabajo del Nuevo departamento relacionado a puentes del MOPT y CONAVI serán completados así como la aplicación del personal y presupuesto óptimo.
Manera de Verificación		Registros de Obras de la Nueva Dirección de Puentes del MOPT y del Nuevo departamento de Puentes del CONAVI	1. Organigrama de las Organizaciones relacionadas a Puentes del MOPT y CONAVI, 2. Lista del Personal y términos de referencia de las nuevas organizaciones relacionadas a Puentes del MOPT y CONAVI, 3. Documentos Presupuest de nuevas organizaciones relacionas a puentes de MOPT y CONAVI
Recolección de Datos	Recolector	MOPT, Dirección de Puentes	Grupo de Trabajo 2 de GCMP
	Tiempo	5 veces (Enero 2009, Enero 2010, Enero 2011, Enero 2012, Enero 2013)	5 veces (Febrero 2009, Febrero 2010, Febrero 2011, Febrero 2012, Febrero 2013)
	Método	Reporte de monitoreo de Proyecto Modular 1 (PM-1)	Reporte de Monitoreo de Grupo de Trabajo 2 (GT-2)
Agregación	Agregador	MOPT, Dirección de Puentes	Grupo de Trabajo 2 de GCMP
	Tiempo	5 veces (Enero 2009, Enero 2010, Enero 2011, Enero 2012, Enero 2013)	5 veces (Febrero 2009, Febrero 2010, Febrero 2011, Febrero 2012, Febrero 2013)
	Método	Reporte de monitoreo de Proyecto Modular 2 (PM-2)	Reporte de Monitoreo de Grupo de Trabajo 2 (GT-2)

Tabla 6.4.4. Plan de Monitoreo de Proyecto Modular 3

Monitoreo de Actividades		Proyecto Propuesto	Salida
Indicadores de Verificación de Objetivos		1. Para el fin del año fiscal 2012, tres universidades de Costa Rica tendrán 10 graduados en el campo de construcción y mantenimiento de puentes. 2. Para el fin del año fiscal 2012 más del 80 por ciento de la nueva información técnica será intercambiada y compartida entre círculos públicos-privados-académicos. 3. Para el fin del año fiscal 2012 más del 80 por ciento de la nueva información técnica será intercambiada y compartida entre los países miembros del PPP.	1. Para el fin del año fiscal 2012, tres universidades tendrán nuevos cursos en el campo de la construcción y mantenimiento de puentes. 2. Desde el año fiscal 2008 al 2012, por lo menos se deberá realizar anualmente una reunión tipo seminario entre el círculo público-privado-académico para compartir conocimiento. 3. Desde el año fiscal 2008 al 2012, por lo menos se deberá realizar anualmente una reunión tipo seminario entre los países miembros del PPP para compartir conocimiento.
Manera de Verificación		1. Lista de Graduados de Nuevos Cursos de las Universidades. 2. Base de datos de Información Tecnológica compartida entre el círculo público-privado-académico. 3. Base de datos de la información tecnológica compartida entre los países miembros del PPP	1. Lista de Cursos en universidades. 2. Reportes de progreso y registros de obras de seminarios públicos-privados-académicos. 3. Reportes de progresos y registro de trabajos de seminarios de PPP
Recolección de Datos	Recolector	MOPT, Dirección de Puentes	Grupo de Trabajo 3 de GCMP
	Tiempo	5 veces (Enero 2009, Enero 2010, Enero 2011, Enero 2012, Enero 2013)	5 veces (Febrero 2009, Febrero 2010, Febrero 2011, Febrero 2012, Febrero 2013)
	Método	Reporte de monitoreo de Proyecto Modular 3 (PM-3)	Reporte de Monitoreo de Grupo de Trabajo 3 (GT-3)
Agregación	Agregador	MOPT, Dirección de Puentes	Grupo de Trabajo 3 de GCMP
	Tiempo	5 veces (Enero 2009, Enero 2010, Enero 2011, Enero 2012, Enero 2013)	5 veces (Febrero 2009, Febrero 2010, Febrero 2011, Febrero 2012, Febrero 2013)
	Método	Reporte de monitoreo de Proyecto Modular 3 (PM-3)	Reporte de Monitoreo de Grupo de Trabajo 3 (GT-3)

Tabla 6.4.5. Plan de Monitoreo de Proyecto Modular 4

Monitoreo de Actividades		Proyecto Propuesto	Salida
Indicadores de Verificación de Objetivos		Para el final del año fiscal del 2012, el 100 por ciento de las guías, estándares, regulaciones, manuales relacionados a mantenimiento de puentes, procedimientos y medidas de seguridad, junto a sus aplicaciones y operación se habrán mejorado a nivel internacional.	Para el final del año fiscal del 2012, los siguientes documentos estarán preparados de acuerdo con el plan de operaciones. 1. Manual de Inspección de Puentes. 2. Manual de Operación del SAP. 3. Lineamientos para el Mantenimiento de Puentes. 4. Estándares de Diseño de Puentes. 5. Regulaciones para el Mantenimiento de Puentes. 6. Guía de procedimientos del MOPT, CONAVI y CNC. 7. Regulaciones de Seguridad Vial sobre Puentes
Manera de Verificación		Lista de guías, Regulaciones, Estándares y Manuales relacionados al mantenimiento de puentes, Procedimientos y Seguridad Vial en Puentes	Registro de Obras y reportes de Progreso del Grupo de Trabajo 4 (GT-4)
Recolección de Datos	Recolector	MOPT, Dirección de Puentes	Grupo de Trabajo 4 de GCMP
	Tiempo	5 veces (Enero 2009, Enero 2010, Enero 2011, Enero 2012, Enero 2013)	5 veces (Febrero 2009, Febrero 2010, Febrero 2011, Febrero 2012, Febrero 2013)
	Método	Reporte de monitoreo de Proyecto Modular 4 (PM-4)	Reporte de Monitoreo de Grupo de Trabajo 4 (GT-4)
Agregación	Agregador	MOPT, Dirección de Puentes	Grupo de Trabajo 4 de GCMP
	Tiempo	5 veces (Enero 2009, Enero 2010, Enero 2011, Enero 2012, Enero 2013)	5 veces (Febrero 2009, Febrero 2010, Febrero 2011, Febrero 2012, Febrero 2013)
	Método	Reporte de monitoreo de Proyecto Modular 4 (PM-4)	Reporte de Monitoreo de Grupo de Trabajo 4 (GT-4)

Tabla 6.4.6. Plan de Monitoreo de Proyecto Modular 5

Monitoreo de Actividades		Proyecto Propuesto	Salida
Indicadores de Verificación de Objetivos		1. Para el final del año fiscal del 2012, el 80 por ciento de normas financieras y de planificación de los ministerios como MOPT/CONAVI entenderán la importancia de la administración de activos. 2. Para el final del año fiscal del 2012, el 80 por ciento de los usuarios de puentes así como de contribuyentes entenderán la importancia del mantenimiento de puentes	1. Para el final del año fiscal del 2012, los personeros del Ministerio de Economía y del Ministerio de planificación participaran anualmente de una serie de seminarios de administración de activos. 2. Para el final del año fiscal del 2012 un considerable número de usuarios de puentes y contribuyentes estarán continuamente protegidos a través del gran rango de actividades de relaciones públicas en el campo de mantenimiento de puentes.
Manera de Verificación		1. Hacer reconocimiento en el entendimiento en directivas de Economía y planificación 2. Hacer reconocimiento en el entendimiento en usuarios de puentes y contribuyentes	1. Lista de asistencia a seminarios. 2. Número y lista de objetivos de las actividades de relaciones públicas
Recolección de Datos	Recolector	MOPT, Dirección de Puentes	Grupo de Trabajo 5 de GCMP
	Tiempo	5 veces (Enero 2009, Enero 2010, Enero 2011, Enero 2012, Enero 2013)	5 veces (Febrero 2009, Febrero 2010, Febrero 2011, Febrero 2012, Febrero 2013)
	Método	Reporte de monitoreo de Proyecto Modular 5 (PM-5)	Reporte de Monitoreo de Grupo de Trabajo 5 (GT-5)
Agregación	Agregador	MOPT, Dirección de Puentes	Grupo de Trabajo 5 de GCMP
	Tiempo	5 veces (Enero 2009, Enero 2010, Enero 2011, Enero 2012, Enero 2013)	5 veces (Febrero 2009, Febrero 2010, Febrero 2011, Febrero 2012, Febrero 2013)
	Método	Reporte de monitoreo de Proyecto Modular 5 (PM-5)	Reporte de Monitoreo de Grupo de Trabajo 5 (GT-5)

El desarrollo de capacidad es un cambio o transformación a través de un proceso de incremento acumulado del conocimiento del proyecto. Los impactos y cambios del desarrollo de capacidad afectan a una gran variedad de individuos y organizaciones en términos de cambios de incremento del conocimiento y transformación, la evaluación durante la etapa de implementación de los proyectos modulares integrados cubrirán las siguientes dimensiones de evaluación a gran escala con base en el sistema de monitoreo anterior.

a) Relevancia: El grado en el cual el proyecto modular puede ser justificado en términos de prioridades de desarrollo nacional.

b) Efectividad: La extensión en el cual los propósitos de los proyectos modulares han sido logrados.

c) Eficiencia: Como convertir los aportes económicos de los proyectos modulares en producciones.

d) Impacto: Cambios positivos y negativos en los cuales los aportes de los proyectos modulares son entregados a los beneficiarios.

e) Sostenible: La extensión en la cual los efectos positivos de los proyectos modulares continuarán incluso después de que el estudio este completado.

6.5 Relaciones Públicas para el Desarrollo de Capacidad

6.5.1 Relaciones Públicas Locales

Para lograr la extensión local de los resultados del desarrollo de capacidad la mayor cantidad de involucrados en la sociedad, se han realizado y planeado varias actividades de relaciones públicas en el campo del mantenimiento de puentes para ser implementadas al utilizar los medios disponibles para relaciones públicas. Los objetivos principales para las relaciones públicas son los grupos de contribuyentes y los usuarios de puentes también se incluyen, los oficiales de gobierno. Debido a los recursos financieros limitados del MOPT y CONAVI, una serie de campañas a gran escala en varios medios de comunicación tales como campañas de programas de televisión para apelar a la importancia del mantenimiento de puentes no es realista. La Tabla 6.5.1 muestra la lista de actividades de relaciones públicas a ser conducidas durante el estudio y planeadas después del estudio.

Tabla 6.5.1. Variedad de Actividades de Relaciones Públicas Locales

Actividad	Objetivo Principal	Frecuencia	Periodo	Canal
Taller sobre Desarrollo de Capacidad	Administrativos e Ingenieros	4 veces	Durante el Estudio	Taller
Seminario Técnico sobre Tecnologías de Mantenimiento de Puentes	Ingenieros	4 veces	Durante el Estudio	Seminario Técnico
Creación de un sitio de internet adjunto a la página del MOPT	Contribuyentes	Una vez	Durante el Estudio	Sitio internet
Comunicado de Prense Sobre el Seminario del PPP	Contribuyentes	Depende del Presupuesto	Durante el Estudio	Periódicos
Panfletos para Contribuyentes sobre el entendimiento en Mantenimiento de Puentes	Contribuyentes	Depende del Presupuesto	Después del Estudio (PM-5 incluido)	Documentos
Panfletos para Usuarios de Puentes sobre el entendimiento en Mantenimiento de Puentes	Usuarios de Puentes	Depende del Presupuesto	Después del Estudio (PM-5 incluido)	Documentos
Ruedas de prensa para la campaña de mantenimiento de puentes en los periódicos	Contribuyentes y usuarios de puentes	Una vez	Después del Estudio (PM-5 incluido)	Periodico
Proveer materiales de Videos de Relaciones Públicos en programas de Televisión	Contribuyentes y usuarios de puentes	Depende del Presupuesto	Después del Estudio (PM-5 incluido)	Programas de Televisión
Implementación de Concursos de Fotos de Puentes	Estudiantes	2 veces	Después del Estudio (PM-5 incluido)	Competencia de Fotos

6.5.2 Extensión de los Países Miembros del PPP

Costa Rica es uno de los países miembros del PPP y actualmente es responsable de la comisión técnica del PPP en red de vías. Para extender los resultados de las actividades de desarrollo de capacidad en el campo de mantenimiento de puentes, el seminario regional del PPP sobre el desarrollo de capacidad será impartido en Diciembre del 2006 a tiempo para presentar el borrador del informe final. Como uno de los componentes cruciales del proyecto modular 3 (PM-3), la oportunidad para el seminario regional PPP se considera como un compromiso internacional por el MOPT y CONAVI y el programa del seminario se divide en dos partes que constan del desarrollo de capacidad y tecnologías de mantenimiento de

puentes.

6.6 Estrategia de salida después de terminado el estudio

Ya que el trabajo de campo de este estudio finalizará en Diciembre del 2006, una ***"estrategia de salida"*** se requiere para mantener de manera sostenible el desarrollo de capacidad incluso después de terminado el estudio. Una estrategia de salida se define como un plan de retiro que cubre acciones a ser tomadas por la contraparte y los donantes hacia el final del ciclo del proyecto, cuando el apoyo de los donantes se termine gradualmente. Cuando se entiende que la estrategia permite a los donantes el salir en tiempo debido sin poner en peligro el aspecto sostenible del desarrollo de capacidad, en el sentido más amplio, es una estrategia para el planeamiento, implementación y finalización del apoyo externo de manera consistente con el objetivo del desarrollo de capacidad.

En general, el desligarse es un proceso usualmente delicado el cual requiere habilidades individuales y organizacionales para una estrategia de salida. También se debe entender que los pasos cruciales hacia esta salida y el aspecto sostenible son aquellos tomados al principio del proceso. Los siguientes factores deberán especialmente ser considerados cuando se formula la estrategia de salida.

a) Los mecanismos de respuesta que impulsan el aprendizaje continuo, externa e internamente del GCMP, que deberá ser incluida en la estrategia de salida para asegurar que la curva de la respuesta esté unida a la revisión continúa de la implementación de los 5 proyectos modulares integrados.

b) Se debe evitar el apoyo consiguiente de los donantes que puede ignorar las capacidades, al proveer simplemente apoyo directo o al llenar la diferencia sin apuntar al desarrollo de capacidad.

c) No se deberá de proveer la introducción ilimitada del apoyo de donantes después de terminado el estudio sin tener derechos que conlleven a dificultades al atraer reformas institucionales que sean difíciles de alcanzar.

CAPÍTULO 7 DESARROLLO DE RECURSOS HUMANOS

7.1 Concepto Básico

El desarrollo del recurso humano es generalmente comprender un perfeccionamiento en la competencia individual, que comprende tres capacidades fundamentales las cuales son el conocimiento, las habilidades y las actitudes. Con una regeneración de los soportes técnicos experimentados y/o el traslado técnico en el pasado. Ciertamente, se ha reconocido que reforzar la competencia individual apenas sería un requisito no una condición suficiente para los requisitos de de construcción de capacidad del personal del país.

Del capítulo anterior tenemos que bajo el concepto de desarrollo de capacidad, el desarrollo del recurso humano juega parte del rol del programa de desarrolla de capacidad (descrito después como "el programa de DC") a nivel individual. El programa de DC, denominado Programa de Mejora Total para Mantenimiento y Administración de Puentes, indica a la competencia individual a estar concentrada en el fortalecimiento técnico para la rehabilitación y el mantenimiento de puentes ligado con lo organizativo y la competencia institucional, requisitos esenciales para complementar la efectividad, influencias y esfuerzos propios del desarrollo de aptitud tanto propia como de los países vecinos.

En este estudio, un componente inicial del desarrollo de recursos humanos inicia con las actividades de entrenamiento técnico antes de establecer el programa de DC. Esas actividades iniciales llamadas módulos de proyecto son una intensión del programa y entran en vigencia en el proceso del estudio, para comenzar a desarrollarse a fondo con el desarrollo del recurso humano bajo el Programa-Proyecto-Mantenimiento que deberá continuar en el futuro.

7.2 Plan de Implementación para el Desarrollo del Recurso Humano

7.2.1 Plan Básico

Consecuentemente, ese entrenamiento técnico es estructurado y ofrecido como parte del programa de DC en los módulos de proyecto, con base en el estudio de flujo de trabajo, se diseña preliminarmente un programa de entrenamiento que es conducido en las etapas tempranas del estudio. Al principio del estudio, las actividades del entrenamiento técnico han sido dirigidas a las contrapartes especializadas considerando los módulos de proyectos y sus marcos, los cuales son examinados para abrir la implementación en medio de niveles de rangos altos como una parte del programa de DC.

Salidas y/o resultados de los entrenamientos son presentados regionalmente por los 7 países vecinos, que conformen el Plan Puebla-Panamá, a través de un seminario al final del estudio.

1) Metodología

Las actividades de entrenamiento son practicadas a fondo, con el fin de multiplicar el efecto de aprendizaje, de manera de Entrenamiento-En-Trabajo (EET) y seminarios técnicos con el fin de realzar el conocimiento, habilidades y actitud.

Además, se llevaron a cabo las giras de estudio al extranjero desarrolladas en el proyecto, las cuales se realizaron con el fin de ser complementar y amplificar los efectos de los entrenamientos técnicos y de la propagación.

Resumen de los métodos clave empleados en el entrenamiento:

i) Entrenamiento En-el-Trabajo (EET) se involucra estrechamente el trabajo con el personal de Costa Rica responsable de producir y diseminar los resultados. Se proporcionan experiencias prácticas de 4 pilares técnicos la inspección, planificación y diseño y la administración.

ii) Seminario de entrenamiento técnico será contemplado en la consecuencia con el ejercicio de EET, respectivamente. El seminario es para ayudar, repasar y aprender acerca de conocimientos según las experiencias, conocimientos y habilidades del EET. Es de notar que cada seminario resume la regeneración debidamente con la explicación técnica de EET de una manera de práctica. Esto funcionará tanto como un lugar en donde compartir esas experiencias y los ejercicios de una manera participativa con el aprendiz, así como también una oportunidad para que el aprendiz pueda repasar rendimientos que serán adquiridos del EET de manera de conferencia técnica.

iii) Seminario internacional puestos en fases al final del estudio para la propagación regional. El seminario también rendirá efectos para habilitar al entrenador a propagar las salidas y/o resultados del entrenamiento de los 7 países vecinos en Norte y Centroamérica, los cuales componen el Plan Puebla-Panamá.

iv) Giras de estudio al extranjero: deben ser contempladas como parte del programa, del cual se espera acrecentar la experiencia, los objetivos y las metas para el estudio de mantenimiento de puentes.

- Visita a Chile (un reporte de estudio se detalla adelante en la siguiente sección) para observar el sistema de mantenimiento y administración existente similar al que ha sido implementado durante esta fase.
- Programa de entrenamiento de la contraparte MOPT en Japón un reporte de estudio se detalla adelante en la siguiente sección para adquirir y experimentar conocimiento técnico dado por prácticas de mantenimiento de puentes en Japón.

2) Programa de Entrenamiento Técnico

Extendiéndose a lo largo del período del estudio, el entrenamiento técnico es en lo que se enfocó la atención para mejorar una competencia a nivel individual. En armonía con lo anteriormente citado, las actividades de entrenamiento fueron introducidas por etapas para lograr dos salidas esenciales como la rehabilitación-refuerzo-mejora y diseño de puentes así como también el sistema de administración de puentes.

Los programas de entrenamientos técnicos componen 4 pilares en la rehabilitación y administración. Los siguientes estatutos detallan para cada pilar una serie de componentes a ser organizados en las prácticas del estudio.

Tabla 7.2.1. Programa de Entrenamiento Técnico

Pilares Técnicos		Detalle de Programas		
		Meta/Objetivo	Componentes	Método
1	Entrenamiento en: ***Teoría y práctica para las inspecciones de inventario y de rutina*** Dirigido a: ***29 Puentes***	Enfocado a: - Métodos básicos de experiencia. - Obtener conocimientos y habilidades básicas. - Obtener entendimiento, motivación sobre la importancia del mantenimiento Objetivo a entrenar: - Personal responsable del mantenimiento de puentes. - Ingenieros civiles locales	i) Concepto de comprensión Teoría e importancia de la inspección de puentes. ii) Implementación de **la inspección preliminar y/o periódica**. iii) Preparación de las hojas de inspección y registros de campo. iv) Evaluación de resultados de campo. v) **Diagnóstico** deficiencia/deterioro en el puente. vi) **Manual & explicación técnica provisional** para su uso particular.	- Basado en EET - Basado en Seminario - Estudio Extranjero *1: C/P Programa de entrenamiento en Japón
2	Entrenamiento en: ***Teoría y práctica para la planificación de la rehabilitación/ refuerzo/ mejora*** Dirigido a: ***10 Puentes seleccionados***	Enfocado a: - Métodos experimentales avanzados. - Obtener conocimientos y habilidades avanzadas Objetivo a entrenar: - Personal responsable del mantenimiento de puentes. - Ingenieros civiles locales	i) **Evaluación de deficiencia/ deterioro del puente** basado en el Proceso de Análisis de Jerarquías (PAJ). ii) **Priorización** en la rehabilitación/ refuerzo/ mejora basado en la evaluación del deterioro. iii) Implementación de **inspección detallada.** iv) **Análisis estructural.** v) **Pruebas de carga** vi) **Identificación de los mecanismos de deterioro** vii) Selección y **planeamiento de la rehabilitación/ refuerzo/ mejora** por elemento estructural ej. losa, viga, subestructura.	- Basado en EET - Basado en Seminario - Estudio Extranjero *1: C/P Programa de entrenamiento en Japón

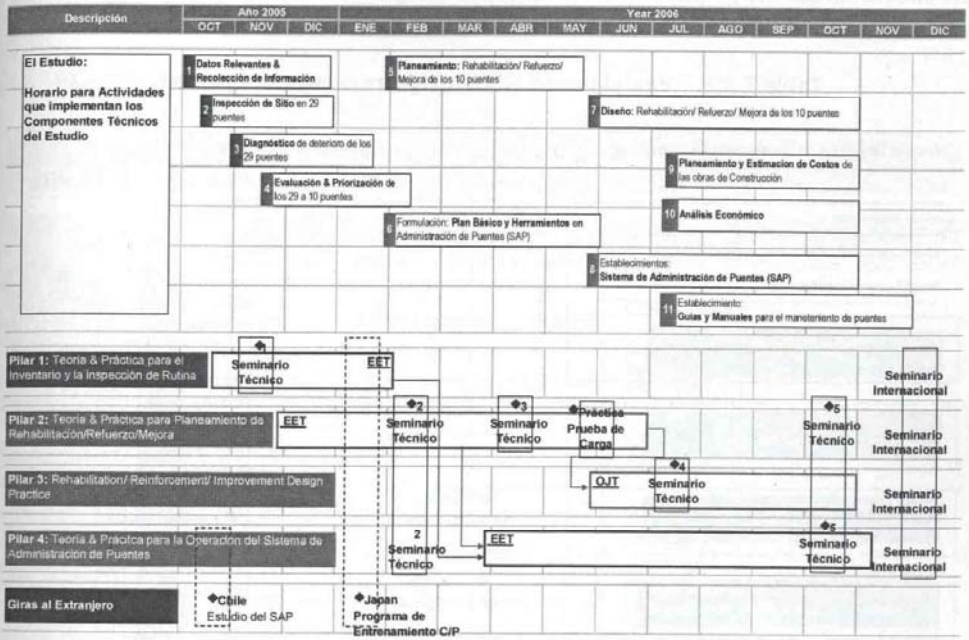
			viii) Estimación de costos ix) Análisis económico x) Proveer las **guías y explicaciones técnicas** para su uso particular.	
3	Entrenamiento en: ***Practica de diseño de rehabilitación/ refuerzo/ mejora*** Dirigido a: ***10 Puentes seleccionados***	Enfocado a: - Experiencia en habilidades básicas - Obtener conocimiento básico. Objetivo a entrenar: - Personal responsable del mantenimiento de puentes. - Ingenieros civiles locales	i) **Diseño preliminar** para la rehabilitacion/ refuerzo/ mejora basado en la planificación. ii) **Planificación de la construcción** iii) Proveer un **manual & explicación técnica** para su uso práctico	- Basado en EET - Basado en Seminario

Pilares Técnicos	Detalle de Programas		
	Meta/Objetivo	**Componentes**	**Método**
4	Entrenamiento en: ***Teoría y práctica para la operación del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP)*** Dirigido a: ***29 Puentes***	Enfocado a: - Métodos avanzados - Obtener conocimiento y habilidades avanzadas Objetivo a entrenar: - Personal responsable del mantenimiento de puentes. - Ingenieros civiles locales	i) **Evaluación del SAP Chileno** ii) Obtener información sobre la estructura organizacional chilena relacionada con el mantenimiento de puentes. iii) Interactuar con el personal Chileno iv) **Almacenamiento de datos y actualización** del inventario y condiciones de puentes por inspecciones. v) **Evaluar la metodología de evaluación y priorización.** vi) **Establecer el sistema de administración de puentes.** vii) **Operación y mantenimiento** del establecimiento del SAEP. viii) Proveer un **manual & explicación técnica** para su uso práctico	- Estudio Extranjero *1: C/P Programa de entrenamiento en Japón *2: SAP estudio de Chile - Basado en EET - Basado en Seminario

3) Planificación del Programa

Los 4 pilares técnicos del programa de entrenamiento serán estructurados en fases para la implementación de la planificación en el estudio como se muestra a continuación.

Tabla 7.2.2. Planificación del Programa de Entrenamiento Técnico



7.2.2 Módulos de Proyecto para la Mejora de la Competencia Individual

Los siguientes módulos de proyecto son declarados para mejorar y/o asegurar la calidad del recurso humano a nivel individual:

- Módulo de Proyecto 1-a: mejorar las competencias en la Inspección y Diagnóstico de Puentes
- Módulo de Proyecto 1-b: mejorar las competencias en el Sistema de Administración de Puentes
- Módulo de Proyecto 1-c: mejorar las competencias en la Rehabilitación/Refuerzo/Mejora de Planificación y Diseño
- Módulo de Proyecto 1-d: asegurar las oportunidades de entrenamiento en el campo de Ingeniería y Mantenimiento de Puentes.

Como parte del Programa-Proyecto-Administración, estos cuatro módulos a nivel individual son incorporados dentro de proyectos integrados, nombrados Proyecto 1 y Proyecto 3 interpretados por grupos de trabajo formulados bajo las direcciones del núcleo del grupo de

administración de puentes. Estos alcanzan integrar totalmente 5 proyectos, los cuales cuentan con más de 13 módulos mencionados abajo.

Los demás detalles para los planes de implementación de los proyectos integrados son indicados en capítulos anteriores. La vinculación y la coherencia entre pilares especializados del entrenamiento del programa y los 5 proyectos integrados del Programa de Desarrollo de Capacidad están resumidos en la siguiente Tabla.

Tabla 7.2.3. Vínculos con Módulos y Proyectos Integrados

Niveles Objetivos del Desarrollo de Capacidad	Proyectos Integrados				
	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5
Nivel Individual	●		Módulo 1-d		
Nivel Organizacional		●	●		
Nivel Social e Institucional			●	●	●
Pilar 1: Inventario e Inspección de Rutina Teoría/Práctica	Módulo1-a como Pre-Criterio			Manual de Inspección de Puentes	
Pilar 2: Plan de Rehabilitación/Refuerzo/Mejora	Módulo 1-c como Pre-Criterio			Guía de Mantenimiento de Puentes	
Pilar 3: Diseños prácticos para Rehabilitación/Refuerzo/Mejora/	Módulo 1-c como Pre-Criterio			Guía de Mantenimiento de Puentes	
Pilar 4: Teoría y Práctica en Operación del Sistema de Administración de Puentes SAP	Módulo 1-b como Pre-Criterio			Manual de Operción del SAP	

Cada módulo de proyecto identifica sus actividades detalladas, sus salidas y entradas necesarias y señalizadores verificables en estructuras lógicas. Las flujos de trabajo lógicos teóricamente suministrarán dos efectos.

En primer lugar, posibilita continuamente desarrollo del programa de entrenamiento técnico citado anteriormente, integrando esos 4 pilares en los módulos de proyectos.

Y en segundo lugar, realza el desarrollo del recurso humano en una amplia gama de términos, propagándose la competencia especializada (por ejemplo, la ampliación de los empleados de blanco, formulación de lo informativo y/o las plataformas comunicativas) y combinándose con más módulos de proyecto, lo cual compone el Programa de Desarrollo de Capacidad, mejorar lo organizativo y los niveles institucionales simultáneamente con el nivel individual.

7.3 Implementación de Actividades para el Desarrollo del Recurso Humano

Basado en el plan de implementación, el programa de entrenamiento técnico con los 4 pilares ha sido llevado a través del período del Estudio. Los detalles de las actividades de los entrenamientos y sus logros se describen adelante.

7.3.1 Pilar Técnico-1

1) Planificación Implementada y Actividades Claves

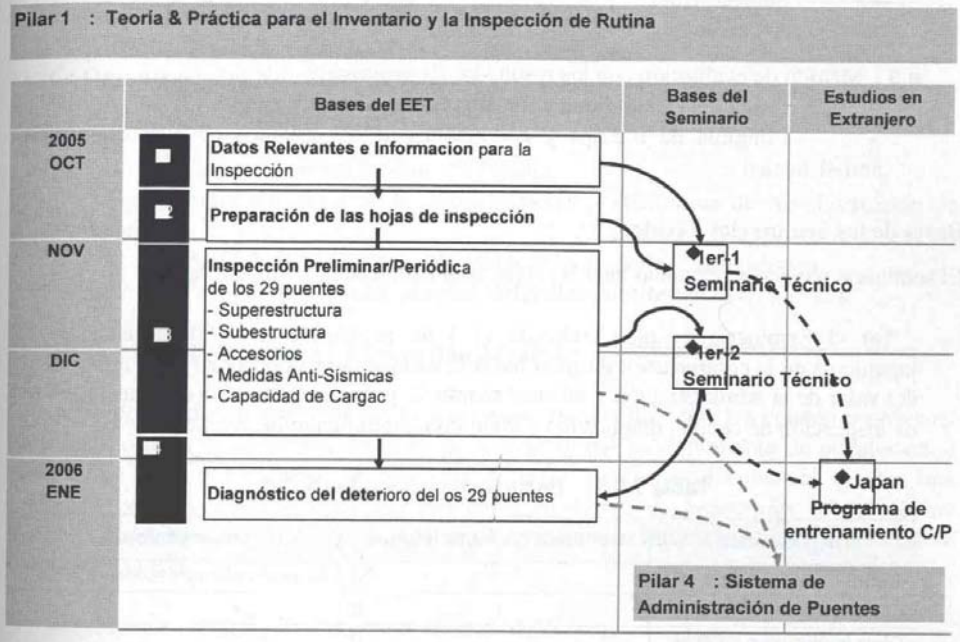


Figura 7.3.1. Actividades Clave : Pilar-1

2) Componentes del Entrenamiento

Bases del Entrenamiento En Trabajo (EET)

El entrenamiento técnico se extendió bajo las siguientes habilidades y conocimientos:

- **1** Recolección de datos necesarios antes de las inspecciones de los 29 puentes preliminar y/o periódica, ej. planos, inventario del puente, record histórico de reparaciones, volumen de tráfico, mapa topográfico, condiciones del río en el sitio.
- **2** Preparación de una "lista de chequeo" para la inspección visual y hojas/registro de inspección
- **3** Método de inspección preliminar y/o periódica para los 29 puentes con las

herramientas de inspección como medidor de grietas, binoculares, calibradores, martillo Schmith para:

- Superestructura
- Subestructura
- Accesorios
- Medidas anti-sísmicas
- Capacidad de carga

■ **4** Metodología de diagnóstico del deterioro de los 29 puentes:

- Superestructura
- Subestructura
- Accesorios

■ **5** Método de evaluación con los resultados de inspección

- Carga viva y condiciones de la losa (capacidad de carga)
- Longitud de traslape y condiciones de los asientos de puente (medidas anti-sísmicas)

Bases de los Seminarios Técnicos

El seminario técnico se extendió bajo las siguientes habilidades y conocimientos:

1er -1 Seminario Técnico realizado el 3 de noviembre del 2005 (asistencia: 33 ingenieros de la contraparte): dirigido hacia la comprensión conceptual de la importancia del valor de la administración y mantenimiento de puentes, ilustración de la metodología de inspección de campo, diagnóstico y rehabilitación/refuerzo de puentes.

Tabla 7.3.1. Participación: Seminario1-1

Organización	Cantidad de Participantes	Observaciones
MOPT	28	Dirección de Puentes/Planificación
CONAVI	5	
Otras instituciones públicas	0	
Sector académico	0	Laboratorio Nacional, Universidad
Sector privado	0	Consultores, constructores
Total	**33**	

Tema:

- Perfil del Mantenimiento de Puentes.
- Perfil del Valor de la Administración y el Sistema de Administración de Puentes.
- Perfil de la Metodología de Inspección de Campo, Diagnóstico.
- Perfil de la Metodología para Rehabilitación/Refuerzo de Puentes.

1er -2 Seminario Técnico realizado el 30 de noviembre del 2005 (asistencia: 71 ingenieros de contraparte y locales): estuvo enfocado en la inspección, diagnóstico, métodos y evaluación de las deficiencias del puente. Hubo presentaciones técnicas por dos ingenieros de la contraparte MOPT sobre los resultados de la inspección de campo,

ej. clasificación, severidad del deterioro observado.

Tabla 7.3.2. Participación: Seminario1-2

Organización	Cantidad de Participantes	Observaciones
MOPT	23	Dirección de Puentes/Planificación
CONAVI	8	
Otras instituciones públicas	17	
Sector académico	2	Laboratorio Nacional, Universidad
Sector privado y ONG	21	Consultores, constructores y ONG
Total	**71**	

ONG: Organizaciones No Gubernamentales

Tema:

- Perfil del Mantenimiento de Puentes.
- Perfil del Valor de la Administración y el Sistema de Administración de Puentes.
- Perfil de la Metodología de Inspección de Campo, Diagnóstico.
- Perfil de la Metodología para Rehabilitación/Refuerzo de puentes.

3) Disposición de Manuales y Explicación Técnica

El equipo de estudio en conjunto con la contraparte técnica del MOPT a editado un Manual de Inspección con el fin de sea utilizado en la práctica del mantenimiento de puentes en el futuro, que es lo que pretende el programa de DC. Las metas del manual son ser una referencia práctica y educacional para referencia de trabajo de inspectores de puentes no limitados a la ingeniería de puentes. Los siguientes son contenidos del manual, el cual se describe en el capítulo 15.

- Términos Técnicos y Conceptos Básicos de Puentes
- Metodología de Inspección
- Hojas de Inspección
- Criterios de Evaluación para el Deterioro de Puentes.

7.3.2 Pilar Técnico-2

1) Planificación Implementada y Actividades Claves

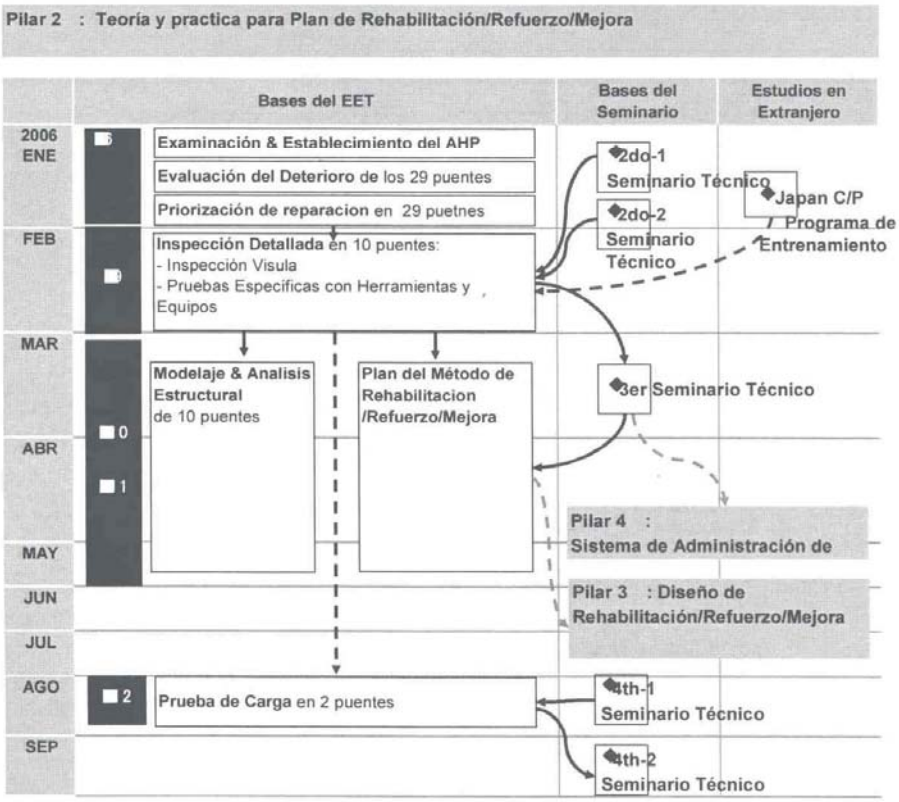


Figura 7.3.2. Actividades Clave: Pilar-2

2) Componentes del Entrenamiento

Bases del Entrenamiento En Trabajo (EET)

El entrenamiento técnico se extendió bajo las siguientes habilidades y conocimientos:

- **6** Evaluación y establecimiento del Proceso de Análisis de Jerarquías (PAJ) por medio de pesos de daños y/o deterioros para cada parte del puente.
- **7** Método de evaluación y establecimiento del rango de deficiencia de los 29 puentes con el PAJ.
- **8** Método de sondeo de los 10 puentes prioritarios para la habilitación/refuerzo/mejora basado en las evaluaciones del deterioro.
- **9** Práctica del método de inspección detallada de 10 puentes con las

herramientas/equipos para:

- Carbonatación
  - Carbonatación con el método de la Fenoftaleína
- Resistencia
  - Resistencia del concreto con el método del Martillo Schmidt
  - Pruebas de núcleos de concreto

■ **10** Práctica del Análisis Estructural de los 10 puentes

■ **11** Evaluación, selección y planeamiento del método de rehabilitación/refuerzo/mejora de:

- Losa
- Vigas principales
- Subestructura
- Pilas y fundaciones

■ **12** Práctica y teoría de las pruebas de carga en el Río Chirripó de la Ruta 32 y en el Río Chirripó de la Ruta 4, realizadas del 29 al 31 de agosto,

- Pruebas de carga estática en ambos puentes
  - Medida de deflexión y esfuerzo
- Prueba de carga dinámica en Río Chirripó de Ruta 32
  - Medida de la frecuencia de esfuerzo con el volumen actual de tráfico
  - Medida del esfuerzo con prueba de carga dinámica
- Análisis y evaluación de resultados
- Aplicaciones para el planeamiento de mantenimiento de puentes
- Control de tráfico y medidas de seguridad

Bases sobre el Seminario Técnico

El entrenamiento técnico se extendió bajo las siguientes habilidades y conocimientos:

◆ **2do -1** Seminario Técnico realizado el 6 de enero del 2006 (asistencia: 10 ingenieros de la contraparte) estuvo enfocado en la metodología de la inspección detallada. El procedimiento general de inspección, se visualizó la metodología detallada para estructuras de concreto y de acero:

Tabla 7.3.3. Participación: Seminario2-1

Organización	Cantidad de Participantes	Observaciones
MOPT	10	Dirección de Puentes/Planificación
CONAVI	0	
Otras instituciones públicas	0	
Sector académico	0	Laboratorio Nacional, Universidad
Sector privado	0	Consultores, constructores
Total	**10**	

Tema:

- Procedimiento General para Inspección
- Detalle de Metodología para Estructuras de Concreto y Acero
- Mecanismos de Deterioro
  - Carbonatación
  - Corrosión por sal
  - Reacción de Agregados Alcalinos
  - Resistencia del Concreto

2do -2 Seminario Técnico realizado el 12 de enero del 2006 (asistencia: 10 ingenieros de la contraparte) estuvo enfocado en la metodología de la inspección detallada al igual que en el seminario anterior, pero dirigido particularmente a la parte práctica, en el uso de las herramientas y equipo. Se estudiaron métodos de análisis/evaluación con resultados de inspección. Los siguientes métodos de inspección fueron introducidos y practicados con los instrumentos:

Tabla 7.3.4. Participación: Seminario2-2

Organización	Cantidad de Participantes	Observaciones
MOPT	10	Dirección de Puentes/Planificación
CONAVI	0	
Otras instituciones públicas	0	
Sector académico	0	Laboratorio Nacional, Universidad
Sector privado	0	Consultores, constructores
Total	**10**	

Tema:

- Inspección Visual
- Carbonatación con el Método de la Pfenoftaleína
- Resistencia del Concreto con el Método del Martillo Schmidt, Pruebas de Núcleo de Concreto
- Búsqueda de Varillas con el "Profómetro" para detectar la ubicación del acero de refuerzo y el recubrimiento.

3er Seminario Técnico realizado el 7 de marzo del 2006 (asistencia: 48 ingenieros de la contraparte y locales) fue tratado el tema de la problemática en el mantenimiento de puentes en Costa Rica, desde el punto de vista técnico del equipo de estudio JICA y la estrategia de mantenimiento de puentes a futuro.

Tabla 7.3.5. Participación: Seminario3

Organización	Cantidad de Participantes	Observaciones
MOPT	19	Dirección de Puentes/Planificación
CONAVI	3	
Otras instituciones públicas	9	
Sector académico	1	Laboratorio Nacional, Universidad
Sector privado	16	Consultores, constructores
Total	**48**	

Tema:

- Encontrar las Condiciones Actuales de los Puentes en Costa Rica
- Notas y Tareas Importantes sobre el Estado Actual de los Puentes
- Mayores Problemas en el Mantenimiento de Puentes

4to -1 Seminario Técnico realizado en agosto (asistencia: 10 ingenieros de la contraparte x 2 veces) enfocado a las pruebas de carga de los puentes. Explicación general de las pruebas, metodología y procedimientos.

Tabla 7.3.6. Participación: Seminario4-1

Organización	Cantidad de Participantes	Observaciones
MOPT	7	Dirección de Puentes/Planificación
CONAVI	0	
Otras instituciones públicas	0	
Sector académico	3	Laboratorio Nacional, Universidad
Sector privado	10	Consultores, constructores
Total	**10**	

Tema:

- Introducción a las Pruebas de Carga de Puentes
- Explicación General de la Prueba
  - Metodología de la Prueba
  - Procedimientos de la Prueba
- Utilización de Materiales, Equipos y Dispositivos de Medición

4to -2 Seminario Técnico realizado el 29 de septiembre del 2006 (asistencia: 52 ingenieros de la contraparte y locales) al igual que el anterior, estuvo enfocado en las pruebas de carga de puentes pero se incluyeron los resultados de la evaluación, las cuales son tomadas en cuenta para la planificación de la rehabilitación/refuerzo/mejora. Se practicó con las herramientas y los equipos así como también se introdujo el tema de los métodos de análisis/evaluación.

Tabla 7.3.7. Participación Seminario4-2

Organización	Cantidad de Participantes	Observaciones
MOPT	12	Dirección de Puentes/Planificación
CONAVI	1	
Otras instituciones públicas	19	
Sector académico	0	Laboratorio Nacional, Universidad
Sector privado	21	Consultores, constructores
Total	**52**	

Tema:

- Introducción a las Pruebas de Carga de Puentes
- Conceptos y Criterios Técnicos Aplicados
  - Capacidad de Carga
  - Durabilidad por Fatiga
- Descripción Técnica de Materiales, Equipo y Dispositivos de Medida
- Metodología de la Prueba
  - Prueba de Carga Estática en ambos puentes
    - Medida de Deflexión y Resistencia
  - Prueba de Carga Dinámica en Río Chirripó Ruta 32
    - Medida de Frecuencia de Esfuerzo con Volumen Actual de Tráfico
    - Medida de Esfuerzo con Carga Dinámica
- Procedimientos de la Prueba
- Análisis y Evaluación de Resultados de la Prueba
- Resultados y Conclusiones

3) Manual y Explicaciones Técnicas Provisionales

El "Manual de Mantenimiento de Puentes" ha sido editado por el equipo de Estudio con base en el AASHTO y aplicando criterios derivados de la experiencia en mantenimiento de puentes japonesa, con el fin de que la contraparte lo utilice en la práctica del mantenimiento de puentes futuro, lo cual forma parte de los objetivos del programa de DC.

Los lineamientos apuntan realizar prácticas y trabajos educativos para establecer referencias para ingenieros de puentes, así como también a estudiantes que serán ingenieros de puentes. Los siguientes contenidos de los lineamientos en detalle están descritos en el capítulo 15.

- Introducción
  - Objetivos
  - Alcance
- Entorno del Manual
- Sistema de Administración de Puentes
- Identificación del Deterioro
  - Clasificaciones
  - Causas y Mecanismos
- Inspección Detallada
  - Método y Clasificación de Inspección Detallada
- Investigación sobre Capacidad de Carga
  - Método Analítico
  - Prueba de Carga
- Diseño de Trabajos de Reparación y Método de Construcción
- Medidas de Seguridad

7.3.3 Pilar Técnico-3

1) Planificación Implementada y Actividades Claves

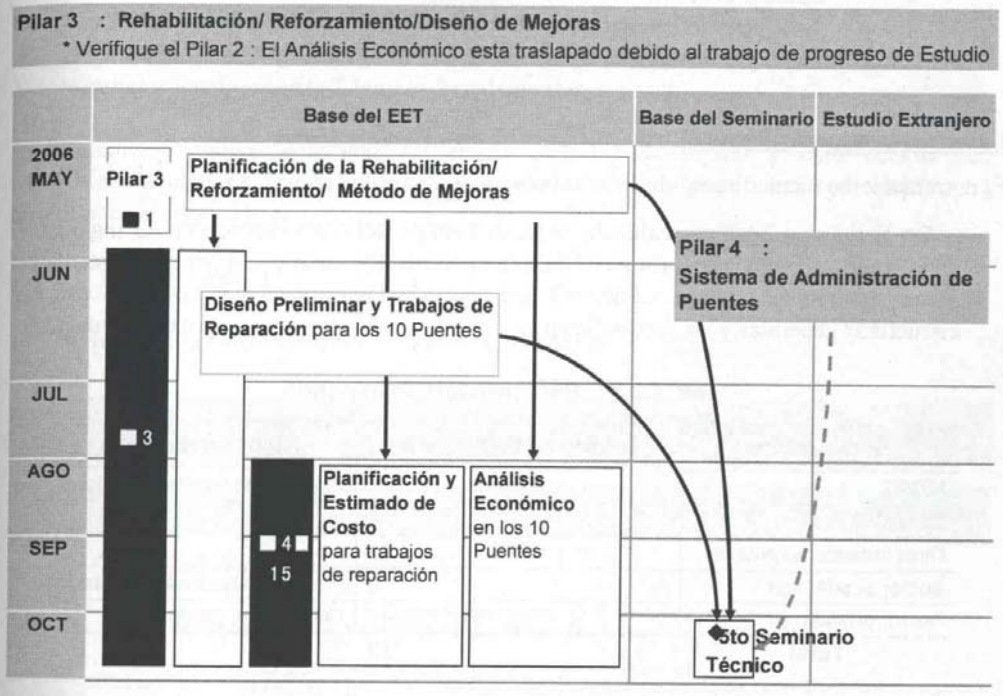


Figure 7.3.3. Actividades Clave: Pilar -3

2) Componentes del Entrenamiento

Bases del Entrenamiento En Trabajo (EET)

El entrenamiento técnico se extendió bajo las siguientes habilidades y conocimientos:

- **■13** Diseño preliminar de 10 puentes
- **■14** Planeamiento y estimación de costos de reparación de 10 puentes
  - # 2 Río Aranjuez
  - # 3 Río Abangares
  - # 7 Río Azufrado
  - #12 Río Puerto Nuevo
  - #16 Río Nuevo
  - #17 Río Chirripó
  - #18 Río Sarapiquí
  - #20 Río Sucio
  - #26 Río Chirripó
  - #29 Río Torres

■15 Análisis económico

- Estimación de volumen de tráfico
- Costo de Operación de Vehículos (COV) y Costo de Tiempo de Viaje (CTV)
- Cálculo del costo social de los 10 puentes

Escenario del deterioro y deficiencia para los 10 puentes sin el caso de mantenimiento y/o trabajos de reparación.

Bases del Seminario Técnico)

El entrenamiento técnico se extendió bajo las siguientes habilidades y conocimientos:

5to Seminario Técnico realizado el 18 de octubre del 2006 (asistencia: 33 ingenieros de la contraparte y locales) estuvo enfocado en la planificación y el diseño del sistema de administración de puentes. Fueron presentados los lineamientos y manuales con las estructuras generales y las secuencias para las actividades de mantenimiento de puentes:

Tabla 7.3.8. Participación: Seminario5

Organización	Cantidad de Participantes	Observaciones
MOPT	5	Dirección de Puentes/Planificación
CONAVI	4	
Otras instituciones públicas	19	
Sector académico	0	Laboratorio Nacional, Universidad
Sector privado	15	Consultores, constructores
Total	**33**	

Tema:

- Planificación: Rehabilitación/Refuerzo/Mejora de Puentes
  - Principios básicos del Mantenimiento de Puentes
  - Mecanismos de Deterioro
  - Inspección Detallada
  - Medidas Correctivas
    - Tipo de Medida Correctiva
    - Métodos de Reparación
    - Métodos de Refuerzo
    - Ejemplos
- Diseño: Rehabilitación/Refuerzo/Mejora de puentes
  - Ejemplos de Diseño y Cálculos
  - Losa
  - Viga principal
  - Subestructura
  - Pilas y fundación
- Trabajos de Refuerzo/Reparación
  - Losa
  - Viga principal

- Manual de Mantenimiento de Puentes para Ingenieros
  - Entorno del Manual
  - Componentes del Manual
- Manual de Inspección para Inspectores
- Sistema de Administración de Estructuras de Puentes

3) Manual y Explicaciones Técnicas Provisionales

El manual en etapas tempranas contempló métodos de diseño y construcción para rehabilitación/refuerzo/mejora sumado a los componentes de planificación detallados y y descritos en el capítulo 15.

7.3.4 Pilar Técnico-4

1) Planificación Implementada y Actividades Claves

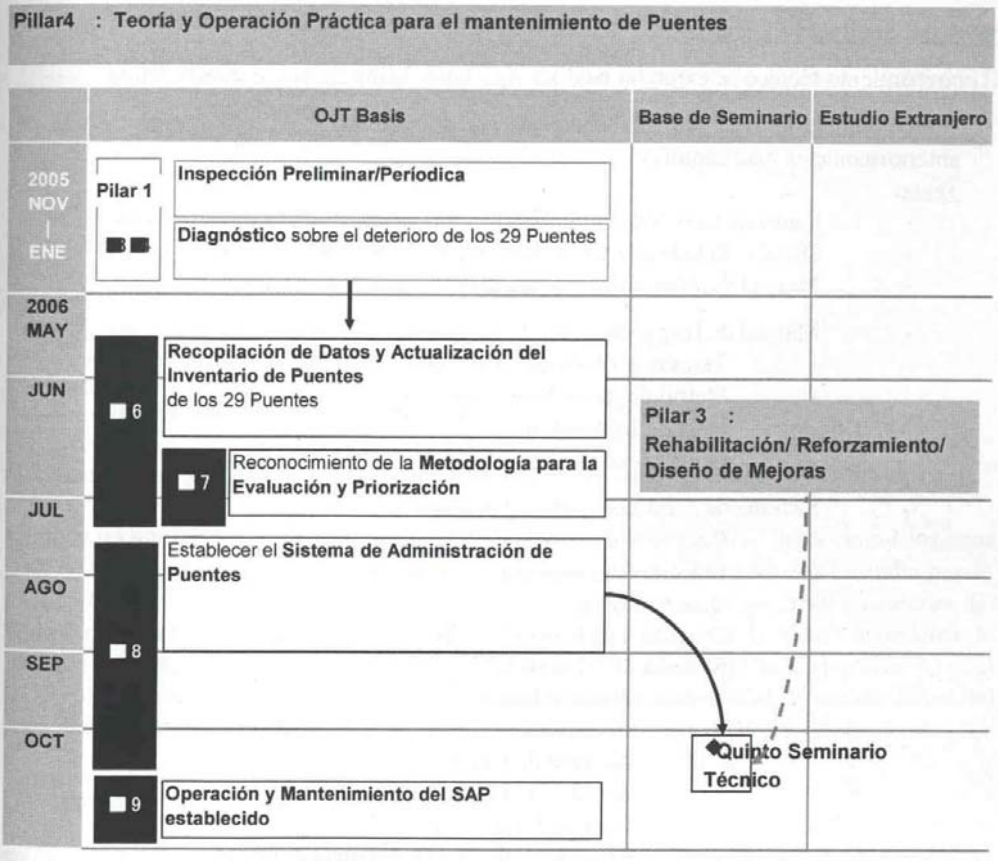


Figure 7.3.4. Actividades Clave: Pilar -4

2) Componentes del Entrenamiento

Bases del Entrenamiento En Trabajo (EET)

El entrenamiento técnico se extendió bajo las siguientes habilidades y conocimientos:

- **16** Almacenamiento de datos y actualización del inventario de los 29 puentes
- **17** Metodologías de evaluación para la priorización.
- **18** Establecimiento del sistema de administración de puentes.
  - Estructura de la base de datos del SAEP
  - Establecimiento del sistema ambiental
  - Establecimiento del grupo/personal para mantenimiento y operación
  - Desarrollo de rango de deficiencia, priorización y sistema de estimación de costos
- **19** Operación y mantenimiento del SAEP.

Bases del Seminario Técnico)

El entrenamiento técnico se extendió bajo las siguientes habilidades y conocimientos:

5to Seminario Técnico realizado el 18 de octubre del 2006 como se indicó anteriormente en este capítulo

Tema:

- Planeamiento: Rehabilitación/Refuerzo/Mejora de Puentes (Pilar-3)
- Diseño: Rehabilitación/Refuerzo/Mejora de Puentes (Pilar-3)
- Manual de Mantenimiento de Puentes para Ingenieros (Pillar-3)
- Manual de Inspección para Inspectores
  - Términos Técnicos y Conceptos Básicos de Puentes
  - Metodología de Inspección
  - Hoja de Inspección
  - Criterios de Evaluación del Deterioro de Puentes
- Sistema de Administración de Puentes
  - Concepto de Diseño de Sistema
  - Entorno del Esquema del Sistema
  - Base de Datos
  - Diagrama de Procesamiento de Datos
  - Sistema de Demostración
    - Función Buscar
    - Inventario del Puente y Hoja de Inventario
    - Archivo de Fotos
    - Archivo de Planos
    - Hoja de Inspección
    - Lista de Rango de Deficiencia del Puente
    - Lista de Rango de Priorización de Reparación
    - Sistema de Estimación de Costos

3) Manual y Explicaciones Técnicas Provisionales

Se editó un manual del sistema por el equipo del Estudio en conjunto con la contraparte técnica del MOPT, con el fin de que sea utilizado en la práctica del mantenimiento de puentes a futuro, lo cual es objetivo del programa de DC.

El Manual apunta a realizar práctica y un trabajo educativo estableciendo referencias para ingenieros de puentes y los operadores del sistema de administración. Los siguientes contenidos del manual están descritos en el capítulo 15.

- Introducción
  - Objetivo
  - Concepto
  - Componentes del Sistema
  - Herramientas del Desarrollo del Sistema
  - Sistema de Operación Ambiental
  - Sistema de Operación
  - Proceso de Registro de Datos
- Operación del Sistema
  - Presentación
  - Flujo de Operación del Sistema
  - Introducción para Operación
- Administración del Sistema de Datos
  - Estructura de Datos
  - Registro de Datos y actualización , Renovación
  - Administración de Datos

7.3.5 Gira de Estudio en el Extranjero:

Búsqueda de Antecedentes, Estudio del Sistema de Administración de Puentes en Chile

Un estudio similar a éste fue implementado en Chile con la ayuda de Japón entre los años 1991 y 1993. Con el propósito de lograr mayor ventaja de los resultados del estudio previo y de promover un entendimiento común entre los participantes y los cinco miembros del equipo de estudio incluyendo un intérprete, seis personeros incluyendo cuatro ingenieros de puentes del MOPT y CONAVI del lado de Costa Rica, y el Director Ejecutivo a.i. del CONAVI costeándose su viaje, realizaron una visita a Chile para evaluar el estado actual del mencionado estudio, su puesta en práctica y de cómo se han ocupado del asunto, etc.

(1) Participantes y Cronograma del Estudio

El cronograma y los participantes del estudio son mostrados en la Tabla 6.3.1 y 6.3.2 y en la Tabla 6.3.3 son mostradas las contrapartes por parte de Chile.

Tabla 7.3.9. Cronograma del Estudio en Chile

Fecha		Actividades
10/16	Dom	Partida de Costa Rica a Chile
10/17	Lun	Reunión en el Departamento de Puentes, Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Telecomunicaciones (MOPTT), Chile
		- Explicación de los contenidos del Estudio JICA en Costa Rica y el propósito de la visita a Chile - Contorno del mantenimiento y administración de puentes en Costa Rica - Contorno del mantenimiento y administración de puentes en Chile - Explicación del Sistema de Administración de Puentes en Chile - Preguntas y Respuestas,
10/18	Mar	Inspección de puente (Ruta Nacional 5, lado Sur, Aprox. 300km)
10/19	Mié	Inspección de puente (Ruta Nacional 5, lado Sur, Aprox. 210km)
	Jue	- Reunión en el Departamento de Puentes, MOPTT, Chile - Concesión para el proyecto de mantenimiento y administración de puentes - Inspección de puente (Carretera local en área montañosa)
10/21	Vie	- Visita a las oficinas centrales del Sistema de Administración de Puentes SAP - Situación operativa del SAP en Chile. - Preguntas y respuestas e intercambio de opiniones Reunión en la oficina de Representación de JICA Chile - Explicación de los resultados acerca del Estudio en Chile
10/22	Sab	Partida de Chile a Costa Rica (los miembros de Costa Rica regresaron el 23.)

Tabla 7.3.10. Participantes de Costa Rica para el Estudio del SAP en Chile

Participantes	Puesto
Ing. Alejandro Molina Solís	Director Ejecutivo a.i, CONAVI
Ing. Maria Ramírez González	Jefe, Depart. de Diseño de Puentes, MOPT
Ing. Mario Loria Galagarza	Ingeniero, Depart. Diseño Puentes, MOPT
Ing. Gabriela Muñoz Peralta	Ingeniera, Depart. Diseño Puentes, MOPT
Ing. Andrea Soto Rojas	Director, Planificación y Control, CONAVI
MBA. Rafael Hernán Vasquez Astorga	Jefe, Sector de Planificación, MOPT

Tabla 7.3.11. Contraparte de Chile para el Estudio del SAP

Participantes	Puesto
Ing. Walter Wilson	Jefe, Depart. de Diseño de Puentes, MOPTT
Ing. Manuel Cariacedo	Contador, Jefe del Sistema Adm. Puentes
Ing. Karime Darwiche	Departamento de Puentes, MOPTT
Ing. Zeus Aguilera	Departamento de Puentes, MOPTT

(2) Condiciones Actuales de los Puentes en Chile

1) Condiciones Generales de las Carreteras en Chile

Chile está localizado al sureste de Sur América, entre las latitudes 18° y 56°, el terreno es una franja delgada que varía de 80-150 km y se extiende 4.270 km de norte a sur y está constituida por doce regiones. Tiene una población de 15 millones de habitantes en un área de 750.000 km^2. Las Regiones I, II y III en la parte norte del país están localizadas en una zona desértica con ricos recursos mineros que son los principales soportes de la economía nacional. Las Regiones IV y VII tienen climas templados con moderadas precipitaciones y se encuentran localizadas en las zonas centrales del país. La industria y la población se encuentran concentradas en estas regiones y la región de Santiago con seis millones de habitantes, la cual es la Región V. Las Regiones de la VIII a la X son muy lluviosas y son la mayor fuente de productos agrícolas. Las Regiones XI y XII están localizadas en el área glaciar y son ricas en bosques y lagos.

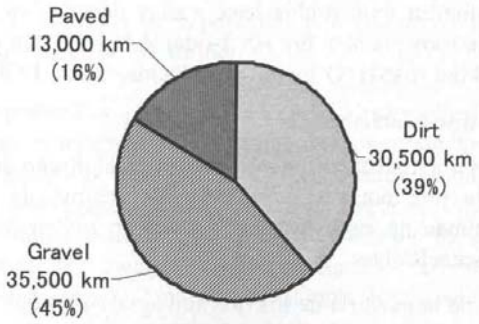
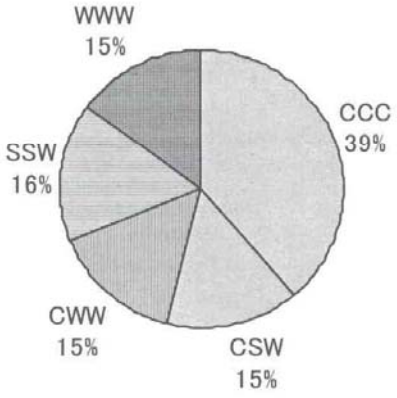


Figura 7.3.5. Condición de la Red Vial en Chile

2) Condición General de los Puentes en Chile

Se han estimado alrededor de 10,000 puentes en Chile y 8,000 han sido introducidos en el Sistema de Administración de Puentes, con un total de 180,000 metros lineales de puente. Los datos de las estructuras, las cuales fueron construídas bajo contrato por concesión de obra pública durante la última década, acaban de ser registradas en el sistema, esto debido a que los datos exactos no fueron presentados por los contratistas.

Los puentes se clasifican por el material de sus principales componentes, por ejemplo: **CAM** significa, subestructura hecha en **C**oncreto, las vigas están hechas en **A**cero y la losa esta hecha en **M**adera, respectivamente, los porcentajes de distribución por tipo son los siguientes:



Legenda

	Subestructura	Superestructura	Losa
CCC	Concreto	Concreto	Concreto
CAM	Concreto	Acero	Madera
CMM	Concreto	Madera	Madera
AAM	Acero	Acero	Madera
MMM	Madera	Madera	Madera

Figura 7.3.6. Clasificación de los Puentes por Material en Chile

3) Aplicaciones Importantes en los Puentes Existentes en Chile

Aplicaciones importantes en los puentes existentes en servicio en Chile son las siguientes:

1. Deficiencias en capacidad de soporte de los puentes

   Muchos puentes fueron construidos hace varias décadas en el último siglo. La carga de diseño de esos puentes fue HS 14 del AASHTO. La carga viva de diseño estándar HS 20-44 del AASHTO fueron introducidas desde 1970.

2. Deficiencias en el diseño antisísmico

   El método de diseño antisísmico fue introducido en el diseño de puentes debido a la alta frecuencia de terremotos con períodos de retorno de 20 años. El mayor terremoto en el mundo fue registrado en Valdivia en 1960 y tuvo una intensidad de 9,2 grados en la escala Richter.

3. Las inclinaciones de la mayoría de los ríos son agudas, porque el relieve del terreno esta 5.000 m sobre nivel del mar y la longitud de los ríos están dentro del 120 km con mucha precipitación, más el agua por deshielo en la época de primavera.

(4) Sistema de Mantenimiento de Puentes en Chile

"El proyecto de rehabilitación y la conservación de puentes en la República de Chile "fue puesto en ejecución por el equipo de Estudio de la Agencia Internacional de Cooperación de Japón (JICA) con la cooperación del departamento de conservación de puentes del MOPTT en Chile a partir de 1991 hasta 1993, El propósito era establecer metodologías para la administración del mantenimiento, un método de inspección de puentes y la modernización de un inventario de puentes de 250 puentes en la ruta No5.

1. La inspección de todos los puentes de la ruta No.5 (Autopista Inter-Americana) entre la ciudad de Serena y el puerto de Mont, con una longitud aproximada de 1.500km y especialmente, los 10 puentes seleccionados. La encuesta incluye la determinación de la resistencia del concreto, calidad del acero estructural, detección del acero del refuerzo, carbonatación del concreto, la deformación estructural, parámetros evaluados para los 10 puentes como proyectos modelo.
2. Preparar un manual de inspección para el mantenimiento de puentes.
3. Establecer un sistema de mantenimiento de puentes con MS-DOS Ver. 5.0. MS-C Ver 7.0 y una base de datos III PLUS Ver 1.1. El sistema no se utiliza debido al desarrollo de un sistema de operación en Microsoft Windows y lenguajes más versátiles como el Visual Basic.

Bajo estas circunstancias, el subdepartamento de conservación de puentes a cargo del Ing. Manuel Carracedo Contador y con recursos chilenos, ha desarrollado su propio sistema de administración en un lenguaje básico denominado "De Pontibus", para el departamento de puentes y estructuras. El sistema mantiene el formato de base de datos que elaboró el equipo de estudio de JICA en 1993, pero mejorado con nuevas tecnologías, por ejemplo, la introducción de fotografías, videos, archivos de reparación e información del estado del puente anteriormente cuando este ha sido substituído.

El sistema de mantenimiento de puentes "De Pontibus" salva los datos investigados del puente dañado así como la información del puente, tal como nombre de la estructura, tipo, localización (ruta, kilómetro, nombre del río etc.), geometría (camino, longitud, plantilla, pendiente del puente), descripción técnica (número de largueros y su longitud, cantidad de vigas, espesor de losa), tráfico promedio diario, carga viva de diseño, que entrelazan con toda la información existente, por ejemplo videos, fotografías, dibujos de funcionamiento, reparaciones y otras. El cuadro 7.3.7 muestra un ejemplo de una salida de datos.

Figura 7.3.7. Salida Visual del SAP en Chile

(5) Lecciones Aprendidas del Estudio en Chile

Existen muchas lecciones que se aprendieron del estudio en Chile, las cuales pueden ser utilizadas adecuadamente en la mejora del manejo y mantenimiento de los puentes en Costa Rica.

✓ **Fuerte Compromiso Político Para el Mantenimiento de Puentes.**

Incluso en casos donde el Ministerio de Obras Públicas y Transporte de Chile, donde el mantenimiento de puentes depende totalmente de la capacidad individual del ingeniero director, el cual fue contraparte oficial del estudio desarrollado por JICA. Un compromiso político más fuerte fue absolutamente necesario, fue así como los oficiales mayores atendieron los conceptos de mantenimiento total de puentes tales como "Evaluación del entrenamiento" y "Costo del Ciclo de Vida" los cuales son también requeridos.

✓ **Desarrollo Comprensivo del Recurso Humano y Asignación de Presupuesto para el Mantenimiento de Puentes**

Las inspecciones de los puentes en Chile están siendo puestas en ejecución por la capacidad individual de un ingeniero director y su red de trabajadores, así como un recurso humano más comprensivo y sistemático, tal como la asignación presupuestaria, que esta asegurada para las actividades de mantenimiento de los puentes.

✓ **Sistema Sostenible de Mantenimiento de Puentes**

En Chile, el sistema de mantenimiento de puentes ha sido modificado en su versión original para hacer el sistema de uso fácil y flexible a más largo plazo. Sin embargo, puede ser difícil mantener el sistema operando, si el ingeniero director, quien es individualmente capaz de mantener el sistema, sea retirado de su posición. En este sentido, es crítico crear un sistema sostenible de mantenimiento de puentes el cual pueda ser adaptado en cada país

✓ **Mantenimiento de Puentes Bajo Concesión**

La construcción de caminos y puentes bajo concesión ha sido adoptada a escala nacional en Chile, las prácticas de mantenimiento de puentes tales como los reportes de las inspecciones bajo concesión son extremadamente insatisfactorias y pueden provocar problemas serios en un futuro cercano. Incluso en casos donde puentes construidos bajo concesión, los requisitos básicos para el mantenimiento siguen siendo iguales bajo la construcción convencional.

✓ **Conocimiento Gerencial en Mantenimiento de Puentes**

Es necesario para compartir e intercambiar la información y el conocimiento en el mantenimiento de puentes, promover un amplio rango de cooperación en el campo del f desarrollo de recursos humanos y entrenamiento entre los países del PPP, así como entre Costa Rica y Chile. Esto ha sido ofrecido por el gobierno de Chile, que esta listo para ampliar la cooperación a Costa Rica en el campo de mantenimiento de puentes como una

de las actividades de cooperación Sur-Sur.

✓ **Otros Factores Relacionados con el Mantenimiento de Puentes**

El mantenimiento apropiado de puentes no se puede realizar solamente por ingenieros bien calificados en puentes. Por ejemplo, hay varios asuntos que no pueden ser solucionados por el departamento de puentes del ministerio. Esos asuntos incluyen i) la inestabilidad en las bases de puentes en canales bajos, ii) posibilidad de colisiones de vehículos en los puentes, debido a la falta de separaciones horizontales, iii) impactos en los puentes por los trabajos de reparación de los ríos, iv) daños de puentes por vehículos sobrecargados, etc. Se requiere tomar una gama amplia de contramedidas sociales y fronterizas.

✓ **Consideración del Ambiente Natural Único de Costa Rica**

Mientras casi todas las regiones de Chile pertenecen a zonas áridas y semi-áridas, en Costa Rica, existe una alta precipitación. Las actividades de mantenimiento de puentes son frecuentemente afectadas por las condiciones ambientales de cada región, por lo que el ambiente natural único de Costa Rica debe ser considerado cuando se estudia apropiadamente el mantenimiento de un puente.

✓ **Gerencia Total a Través de SAP**

Los funcionarios de Costa Rica y de Chile tienden a mal entender que la función del SAP es simplemente la salida de datos de las computadoras. Es importante entender que el SAP es una herramienta para la gerencia total de los datos del mantenimiento de puentes procesada por: computadoras.

7.3.6 Programa de Entrenamiento de la Contraparte JICA en Japón

1) Antecedentes

La contraparte del MOPT tomó un entrenamiento como parte de este estudio, el cual da un aprendizaje factible del mantenimiento de puentes en Japón. Está dirigido a obtener los efectos suplementarios y amplificar la efectividad en el entrenamiento técnico y diseminación de transferencia técnica.

Se nombraron dos ingenieros del departamento de diseño de puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes para participar en el programa de entrenamiento. JICA diseñó los volúmenes técnicos del programa de entrenamiento "Planificación de la Rehabilitación, Mantenimiento y Administración de Puentes", en conjunto con el equipo de Estudio. El entrenamiento fue realizado del pasado 16 de enero al 3 de febrero de 2006.

2) Programa de Entrenamiento

El programa de curso comprendió una variedad de conceptos de la administración, particularmente el mantenimiento de puentes, hasta un estudio de casos específico del

trabajo de rehabilitación/refuerzo del puente, de cómo entrenarse adecuadamente para el uso práctico de instrumentos de inspección, experimentando visitas al sitio. Los programas fueron implementados a todo lo largo del período de capacitación dando conferencias y la base práctica " de participación activa ". Los ingenieros fueron debidamente certificados y concluyeron el programa en su totalidad.

Los programas y sus componentes fueron presentados en la tabla siguiente y las lecturas son:

- Ministerio de Suelos, Infraestructura y Transporte.
- Instituto Nacional para Mantenimiento de Suelos e Infraestructura: NILIM.
- Instituto de Investigación de Obras Públicas: PWRI.
- Oficina del Desarrollo Regional Kanto
- Gobierno Metropolitano de Tokio Oficina de Construcción División de Mantenimiento de Vías.
- Metropolitan Expressway Company Limited.
- Hanshin Expressway Company Limited.
- Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited
- Oriental Consultants Co., Ltd.

Tabla 7.3.12. Programa de entrenamiento de la Contraparte de JICA

Programa de entrenamiento	Esencia del entrenamiento y aplicación	Lectura
Aprender: *La estructura organizacional del mantenimiento de puentes Japonesa*	- Conceptos comprensión: evaluación de administración y mantenimiento de puentes - Introducción de las autoridades relevantes y su jurisdicción y rol en el mantenimiento de calles nacionales, calles regionales y carreteras - Estructura organizacional para el mantenimiento de calles nacionales, calles regionales y carreteras	- Ministerio de Terreno, Infraestructura y Transporte. - Instituto Nacional de Terreno y Mantenimiento de Infraestructura; INTMI. - Instituto de Investigación de Trabajos Públicos IITP. - Oficina de Desarrollo Regional de Kanto. - Gobierno Metropolitano de Tokyo. Oficina de Construcción. División de Mantenimiento de Vías. Sección de Mantenimiento. - Autopistas Metropolitanas Compañía Limitada. - Autopistas Hanshin Compañía Limitada. - Puentes de Autopistas Honshu-Shikoku Compañía Limitada - Oriental Consultants Co., Ltd.
Aprender: *Actividades detalladas para las prácticas de mantenimiento de puentes*	- Introducción a las inspecciones periódicas / emergencia - Introducción de los manuales prácticas, guías de inspección, etc. para ilustrar el deterioro de los puentes - Introducción al sistema de administración de puentes.	
Aprender tecnologías específicas para la rehabilitación, refuerzo y mantenimiento de puentes	- Introducción de la tecnología básica y avanzada de la inspección y diagnóstico de puentes - Observación y práctica de la inspección de puentes - Introducción al refuerzo sísmico con ilustraciones de rehabilitaciones de puentes	

7.3.7 Seminario Internacional Plan-Puebla-Panamá

(1) Plan Puebla-Panamá

El Plan Puebla Panamá (PPP) es una serie de mega-proyectos de desarrollo industrial propuestos a través de México y Centro América para proveer una infraestructura laboral requerida para el Acuerdo de Libre Comercio Centroamericano (CAFTA) y últimamente, el Acuerdo de Libre Comercio de las Americas (FTAA) este uniría Norte, Centro y Sur América. El Plan Puebla Panamá fue lanzado desde el 2001, preparando el camino para integrar transporte e infraestructura eléctrica entre México, Belice, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Panamá y Costa Rica, 8 iniciativas que cubren 8 sectores diferentes se formaron para contener y emprender el Plan. Costa Rica es un país de la secretaría en la Iniciativa de Integración Vial con llevar a hombros al Comité Técnico del sector preocupado.

La participación de países que han adoptado en la propuesta de red vial, la cual es llamada RED DE CARRETERAS MESOAMERICANAS (RICAM), como parte de la Iniciativa de

Integración Vial del PPP. La integración del RICAM será bajo construcción y desarrollo de vías de importancia internacional del PPP, las cuales serán tomadas del marco de trabajo para el programa de cada país.

(2) Seminario Internacional

1) Trasfondo

MOPT/CONAVI/JICA están enterados de la importancia del Plan Puebla Panamá (PPP) para el desarrollo de estrategias, eso permite la modificación y actualización de los ocho países incluidos en el Plan, a través de esta iniciativa que contribuirá a la integración y al desarrollo sostenible de la Región Mesoamericana, esto a sido considerado apropiado para la organización del Seminario Internacional, lo cual es el principal objetivo por dar a conocer y buscar los mecanismos del cálculo de los resultados del Estudio que contribuyan al desarrollo de las capacidades de planificación, rehabilitación, mantenimiento y administración de puentes de los países del PPP.

2) Entorno del Seminario Técnico

Participantes

Los 8 países del PPP participan en este Seminario. Cada país aporta a dos personeros que están a cargo de los servicios de infraestructura vial y del mantenimiento y planificación, inclusive. La experiencia de los ingenieros de puentes no limitada al mantenimiento de puentes requiere de un personero técnico y la experiencia en la planificación es para otro personero administrativo.

Además, serán invitados representantes de organizaciones relevantes del sector académico, privado y público, los cuales son miembros del "Núcleo del Grupo de Administración de Puentes (BMCG)". Se espera la presencia de agencias de cooperación y donantes del PPP y/o programas de mejora de infraestructura.

Tabla 7.3.13. Participantes en Seminario PPP

País	Participantes	Posición
Belice: Ministerio de Obras Públicas	Ing. Graciano Medina	Ingeniero Jefe Regional
	Ing. Esmond Segura	Ingeniero Ejecutivo
Colombia	Representante del Comité Técnico por confirmar	
El Salvador: Ministerio de Obras Públicas	Ing. Carlos Ruiz	Representante del PPP
	Ing. José Ángel Meléndez	Jefe de Diseño, Unidad de Planificación
Guatemala: Ministerio de Comunicación, Infraestructura y Vivienda	Ing. Miguel Alberto López Estrada	Unidad de Concesión de Consejo Tecnológico
	Ing. Luis Humberto Leiva Prea	
Honduras: Secretaría de Obras Públicas, Transporte y Vivienda	Ing. Jose Ángel Diaz	
	Ing. Oscar Amando Arriaga Rivera	
Mexico: Secretaría de Comunicación y Transporte	Ing. Hector Daniel Devesa Varas	Director de Adquisición de Proyectos
	Ing. Eduardo Verasco Santana	Sub-Director de Estructuras
Nicaragua: Ministerio de Transportes	Ing. José Ernesto Tellez Castellón	Director de Planificación
	Ing. Manuel Antonio Guido Ayerdis	Jefe de Oficina de Puentes
Panamá: Ministerio de Obras Públicas	Ing. Asdrúbal Terreros	Jefe de Departamento de Puentes
	Ing. Lionel Moreno	Ingeniero Estructural

Costa Rica	
MOPT:	Ministerio de Obras Públicas y Transportes
CONAVI:	Consejo Nacional de Vialidad
CNC	Consejo Nacional de Concesiones
MIDEPLAN	Ministerio de Planificación Nacional
MH	Ministerio de Hacienda
CIC	Colegio de Ingenieros Civiles
UCR	Universidad de Costa Rica
LANAMME	Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Entidades Nacionales	
IDB	Banco de Desarrollo Inter-americano
CABEI	Banco Centroamericano de Integración Económica
CAF	Cooperación Andina de Fomento

Programa del Seminario

El seminario está enfocado en dos temas principales que constan del programa del DC que la contraparte utilizará en el futuro y los aspectos técnicos de administración de puentes. Una sesión con presentaciones bases esta tomada y un taller se combina con la sesión. Todas las sesiones son, inicialmente, bajo la dirección de los ingenieros y personeros de la contraparte a fin de que el equipo de Estudio realice un papel de consejeros técnicos. El seminario fue

realizado el 11 de diciembre 2006, en San José, Costa Rica. Lo siguiente indica un programa global del taller práctico enfocado a una especialidad y detalles de sesiones en los asuntos especializados.

Tabla 7.3.14. Programa de Seminario Internacional del PPP

Time Tabla	Contents
8:00-8:30	Comentarios de Apertura: MOPT
	Comentarios de Apertura: Embajada de Japón / JICA
8:30-9:45	**Presentación: Programa de Desarrollo de Capacidad** Resumen de Plan de Mejora para el Mantenimiento de Puentes
	Preguntas & Respuestas
9:45-10:00	Receso
10:00-12:00	**Presentación : Asuntos Técnicos 1:**
	Preguntas & Respuestas
12:00-13:30	Almuerzo
13:30-16:15	**Presentación : Asuntos Técnicos 2:**
	Receso
	Preguntas & Respuestas. Intercambio de puntos de vista
16:15-17:30	**Taller: Programa de Desarrollo de Capacidad** Metodología del Programa de Administración para la mejora del Mantenimiento de Puentes
	Preguntas & Respuestas. Intercambio de puntos de vista
17:30-17:45	Cierre de la Sesión: CONAVI

◆**Presentacion** Asuntos Técnicos 1:

Tema: Experiencia en la Administración de Puentes en el Estudio

- Introducción a la sesión
- Entorno del Sistema de Administración de Puentes
- Experiencias y Resultados de las Pruebas de Carga en los Puentes
- Introducción a los Métodos de Rehabilitación/Refuerzo
- Reporte de Administración de Puentes de Japón basado en el Programa de Entrenamiento JICA

◆**Presentación** Asuntos Técnicos 2:

Tema: Estudio de Caso de Trabajos de Reparación en el Puente "Río Puerto Nuevo"

- Introducción a la Sesión
- Inspección de Inventario y Valoración del Estado Actual
- Evaluación del Deterioro del Puente; deficiencia
- Inspección Detallada e Identificación de Causas de Deterioro
- Selección del Método de Reparación
- Diseño para Trabajos de Reparación y Estimación de Costos

CAPÍTULO 8 INSPECCIÓN Y CONDICIONES EXISTENTES DE 29 PUENTES

8.1 Condiciones Actuales de los Puentes

8.1.1 Condición de la Ruta en Estudio

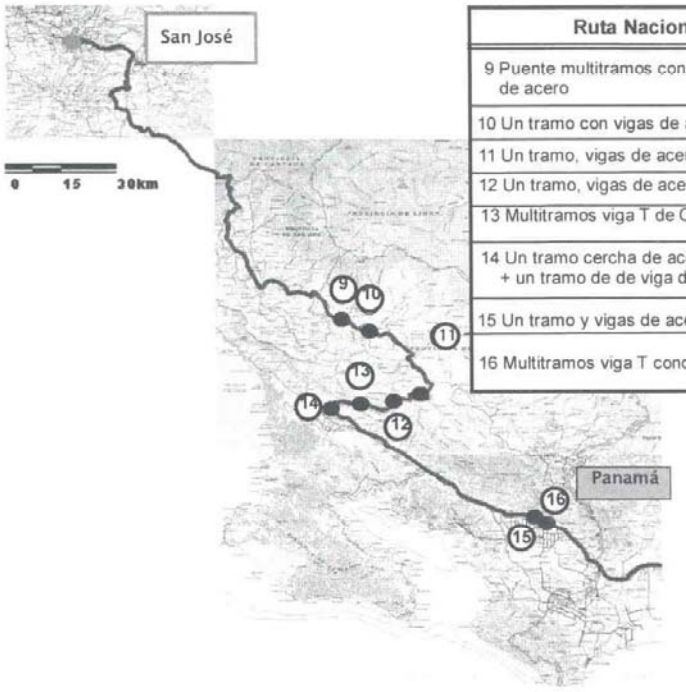
Los 29 estudios de los puentes están localizados en las Rutas 1, 2, 4,32 y 218 como lo muestran las figuras 8.1.1, 8.1.2, 8.1.3, 8.1.4 y la tabla 8.1.1. Aunque existen mucho más puentes en las Rutas descritas, solo 29 han sido requeridos por el MOPT.

Tabla 8.1.1. Trazo de la Ruta en Estudio

Ruta No.	Trazo de Ruta
1	- Esta ruta es la autopista Interamericana la cual fue construida en 1950 - Un descenso suave continúa de San Ramón hasta el centro de San José a través del aeropuerto internacional. (Parte de vía de 6 carriles.) - Descenso escarpado, dos carriles y un camino con curvas agudas hasta Barranca, esta lindera con el Océano Pacífico desde San Ramón. - Una vía angosta continua hasta la frontera con Nicaragua. - Es una carretera de cuatro vías localizada en el norte de San José.
2	- El camino de cuatro carriles continua desde San José a Cartago. - Carretera escalada y con curvas agudas en montaña continúa desde Cartago hasta San Isidro. - A penas existe un Puente desde San José hasta San Isidro, debido a que el camino fue construido a través del risco de una montaña que excede los 2.000 m de altitud. - El camino pasa a través de una colina suave desde San Isidro hasta Buenos Aires. Existen campos de Caña de Azúcar y Piña. - Desde Buenos Aires hasta la frontera con Panamá el camino se localiza sobre un terreno plano.
4	- El set de puentes en objeto de investigación se sitúa entre los 30km desde Santa Clara hasta la intersección de la Ruta 32 y de la Ruta 4. - Este camino se construyó en un terreno plano. - Productos agrícolas como la caña de azúcar y la piña son transportados hasta San José por la Ruta 4
32	- Este camino conecta con Limón, la única ciudad portuaria del mar Caribe. Por otra parte, este camino es plano como el camino a Pueblo Panamá en el lado del mar Caribe. - Este camino pasa a través del parque nacional Braulio Carrillo. Este es un camino de montaña con pendientes escalonadas y curvas agudas el cual continúa desde Carrillo hasta Limón sobre un terreno plano.
218 & San José	- Esta ubicada en los suburbios de San José centro., el puente en objeto fue construido cuando la Ruta nacional 218 se amplio a cuatro carriles. - Aunque existe mucho tráfico en esta vía, las pilas del Puente en estudio son extremadamente delgadas, y el socavación es intenso. Por lo tanto, la posibilidad de que ocurra un daño severo es alta. - La congestión de tráfico es remarcada en el tronco del camino en el cual la parte central se conecta con un área residencial.

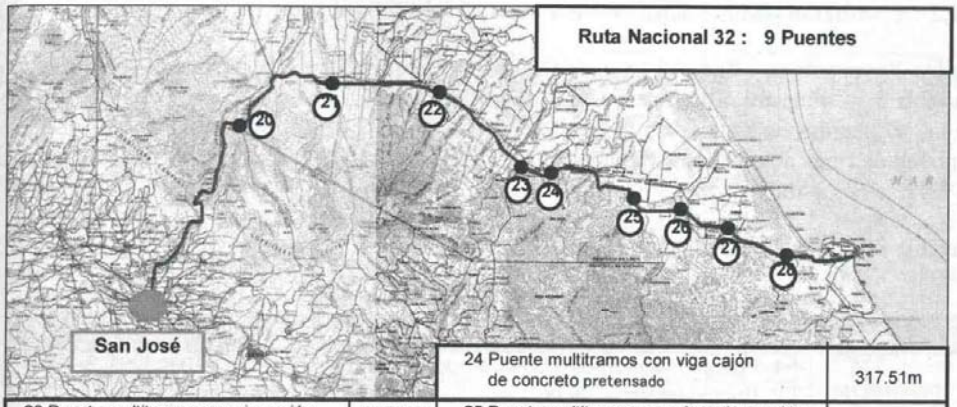
Ruta 1: 8 Puentes	
1 Loza tipo Suspendida Puente de concreto Pre-estresado	204,00m
2 Puente multitramos con cechas de acero	87,78m
3 Puente de un tramo con cechas de acero	100,00m
4 Puente multitramos vigas T de CP	55,47m
5 Puente tipo arco de concreto reforzado	52,00m
6 Puente de un tramo con cercha de acero	91,50m
7 Puente marco rigido de concreto reforzado	31,40m
8 Puente multitramos con viga de acero,	71,22m

Figura 8.1.1. Ubicación de los Puentes en Estudio (Ruta 1)



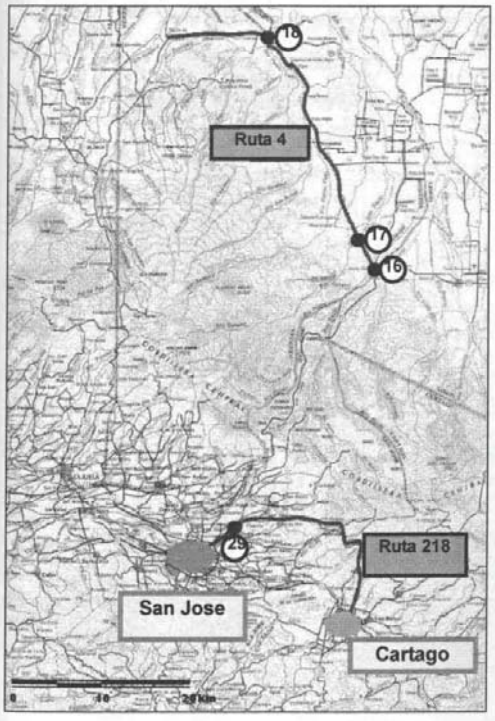
Ruta Nacional 2 : 8 Puentes	
9 Puente multitramos con cerchas de acero	77,00m
10 Un tramo con vigas de acero	132,35m
11 Un tramo, vigas de acero	104,60m
12 Un tramo, vigas de acero	104,89m
13 Multitramos viga T de CP	55,47m
14 Un tramo cercha de acero + un tramo de de viga de acero	341,00m
15 Un tramo y vigas de acero	71,32m
16 Multitramos viga T concreto reforzado	55,47m

Figura 8.1.2. Ubicación de los Puentes en Estudio (Ruta 2)



20 Puente multitramos con viga cajón de concreto pretensado	187.25m	24 Puente multitramos con viga cajón de concreto pretensado	317.51m
21 Puente multitramos con viga cajón de concreto pretensado	258.60m	25 Puente multitramos con vigas de sección I de concreto pretensado	100.00m
22 Puente de un tramo con vigas de sección I de concreto pretensado	106.00m	26 Puente multitramos con vigas de acero	415.04m
23 Puente multitramos con viga cajón de concreto pretensado	341.40m	27 Puente de un tramo con vigas de sección I de concreto pretensado	68.60m
		28 Puente de un tramo con vigas de sección I de concreto pretensado	58.90m

Figura 8.1.3. Ubicación de Puentes en Estudio (Ruta 32)



Ruta Nacional 4: 3 Puentes	
17. Puente multitramos viga cajón de concreto pretensado	175.80m
18. Puente un tramo Viga I de concreto pretensado	40.50m
19. Puente multitramos vigas de acero	100.96m

Ruta Nacional 218 : 1 Puente	
29. Un tramo con Viga I de concreto pretensado	65.85m

Figura 8.1.4. Ubicación de Puentes en Estudio (Ruta 4,218)

8.1.2 Condición de los Puentes en Estudio

De los 29 puentes en estudio, 17 son de vigas de concreto y 12 son puentes con vigas de acero. La tabla 8.1.2 muestra el tipo de puentes de los 29 puentes estudiados. Sin embargo, algunos de los 29 puentes en estudio no se han combinado con el mismo tipo de puente, por lo que la cantidad de tipos de puentes estudiados es de 38. En la Tabla 8.1.2 existen 11 tipos de puentes de las rutas en estudio.

La tabla 8.1.3 muestra el inventario de los 29 puentes en estudio.

Tabla 8.1.2. Tipo de Puentes

	Tipo	Número
Puentes de Concreto	1. Puente multitramos arco invertido de concreto pretensado	3
	2. Puente un tramo de arco invertido de concreto pretensado	2
	3. Puente Multitramos de viga cajón	4
	4. Puente un tramo viga I concreto pretensado	5
	5. Puente multitramos viga I concreto pretensado	5
	6. Puente de arco de concreto reforzado	2
	7. Puente de marco rígido de concreto reforzado	1
	8. Puente de Loza de tipo Suspendida	1
Puentes de Acero	9. Puente de un tramo cerchas de acero	4
	10. Puente multitramo cerchas de acero	1
	11. Puente un tramo viga I	5
	12. Puente multitramos viga I	4
	13. Puente tipo Gerber	1

Tabla 8.1.3. Inventario de los 29 Puentes en Estudio

N°	Puente	Ruta	Km	Largo Total (m)	Ancho del Camino (m)	# Tramo	Superestructura	Losa t (cm)	Losa Material	Fecha de diseño	Fin de Costrucción
1	Río Colorado	1	36.6	203.50	8.50	9	Puente un tramo viga suspendida + 4 tramos CIP Concreto (15+25+108+25+15m)	15 (Central) 20 (para 15 & 25 m)	Concreto	Julio 1968	1970
2	Río Aranjuez	1	112.3	87.78	7.30	3	3 tramos continuos armadura de acero (24.38 + 39.01+ 24.38m)	18	Concreto	Setiembre 1944	1955
3	Río Abangares	1	143.3	100.00	8.54	2	Armadura de acero de dos tramos simples (40 + 60 m)	16.5	Concreto	Febrero 1952	1953
4	Río Piedras	1	189.8	55.47	7.31	3	3 tramos,vigas de concreto continuas CIP (17.07+31.33=17.07) (Sección Variable)	18	Concreto	Setiembre 1952	1959
5	Río Colorado	1	222.0	52.00	7.31	5	2 tramos,vigas de concreto continuas CIP + Arco de concreto simple + 2 tramos,vigas de concreto continuas CIP (4.72 + 6.02+ 30.48+ 6.02 + 4.72m)	25	Concreto	Agosto 1955	1959
6	Río Ahogados	1	232.5	91.50	7.31	3	Armadura de acero simple + 2 tramos,vigas de acero simple (61m + 2x15.25m)	16,50 (Centro)	Concreto	Octobre 1951	1954
7	Río Azufrado	1	239.8	31.40	7.31	3	3 Tramos continuos, Marco rigido viga de concreto reforzado (5.79 + 19.81 +5.79m) (Sección Variable)	16.5	Concreto	Setiembre 1953	1955
8	Río Tempisquito	1	240.2	71.22	7.30	3	3 tramos simples viga I de acero (22.11 +27.0 + 22.11m)	18	Concreto	Mayo 1905	N/D
9	Río Volcán	2	181.8	77.00	7.31	3	Viga I concreto postensado + Armadura simple de acero + Viga I concreto postensado (18.29 + 45.72 + 12.19m)	18	Concreto	Diciembre 1957	1961
10	Río Ceibo	2	189.6	132.35	7.31	5	5 tramos simples viga I de acero (24.54 + 3 x 30.80 +15.40 m)	18	Concreto	Enero 1958	1961
11	Río Currè	2	229.4	104.60	7.31	4	4 tramos simples viga I de acero (21.50+ 30.80 + 30.80 + 21.50m)	17.75	Concreto	Enero 1958	1961
12	Río Puerto Nuevo	2	234.4	104.89	7.31	5	5 tramos simples viga I de acero (21.41+ 2 x 21.65 + 24.73 + 15.43m)	17.75	Concreto	Enero 1958	1961
13	Río Zapote	2	248.4	55.47	7.31	3	3 tramos continuos viga I concreto postensado (17.06 + 21.33 + 17.06m) Sección Variable			-	1961
14	Río Terraba	2	256.1	341.00	7.31	7	4 tramos simples viga I de acero + 3 Tramos simples armadura de acero (4 x 27.43 + 3 x 76.20 m)	20	Concreto	Mayo 1956	1960
15	Río Caracol	2	323.3	71.32	7.31	3	3 tramos continuos viga I de acero (21.95 + 27.43 + 21.95m)	18	Concreto	Diciembre 1957	1961
16	Río Nuevo	2	327.2	55.47	7.31	3	3 tramos continuos viga I concreto postensado (17.06 + 21.33 + 17.06m) Sección Variable	18	Concreto	Diciembre 1957	1961
17	Río Chiripó	4	0.5	175.80	10.90	3	3 Tramos continuos, viga cajón de concreto preesforzado (45.50 + 82.50 + 45.5 m) Altura variable		Concreto	Enero 1974	1978
18	Río San José	4	4.1	40.50	10.00	2	2 Tramos Conectados, viga I concreto preesforzado (2 x 20.0 m)		Concreto	Mayo 1905	1978
19	Río Sarapiquí	4	30.8	97.90	7.30	3	3 Tramos Viga I acero puente tipo Gerber (22.30 + 55.0 +22.30 m) Tramo gerber 37 m		Concreto	Mayo 1905	1978
20	Río Sucio	32	39.8	172.65	9.75	3	3 4 tramos continuos viga cajón concreto preesforzado (55.20 + 102.0 + 30.0 m) Altura variable	18	Concreto	N/D	N/D
21	Río Toro Amarillo	32	59.7	260.00	10.10	4	4 tramos continuos viga cajón concreto preesforzado (46.5 + 2 x 82.8 +46.5 m) altura variable		Concreto	N/D	N/D
22	Río Parismina	32	78.7	106.00	10.10	3	3 tramos simples viga I de concreto preesforzado (3 x 35 m)	16	Concreto	Noviembre 1974	N/D
23	Río Reventazón	32	95.1	341.40	10.10	5	5 tramos continuos viga cajón concreto preesforzado (46.50 + 3 x 82.8 + 46.50 m) Altura variable	20	Concreto	Marzo 1975	N/D
24	Río Pacuare	32	100.4	317.51	8.50	10	10 tramos conectados concreto preesforzado I viga (9 x 32.67 + 17.0 m)	19	Concreto	Marzo 1969	N/D
25	Río Berbilla	32	116.4	100.00	8.50	3	3 tramos conectados concreto preesforzado I viga (32.89 + 32.70 +32.89m)	19	Concreto	Setiembre 1958	N/D
26	Río Chirripó	32	126.2	431.86	8.50	8	Viga I simple acero + 6 tramos continuos Viga I simple acero + Viga I simple acero (15.88 + 59.39 + 67.0 + 2 x 73.2 + 67.0 + 59.39 + 15.88m) altura variable	17	Concreto	Julio 1969	1974 - 1978
27	Río Cuba	32	134.9	68.60	8.50	3	3 tramos simples viga I de concreto preesforzado (3 x 22.0m) puente sesgado	16	Concreto	Julio 1968	N/D
28	Río Blanco	32	148.2	58.90	8.50	3	3 tramos simples viga I de concreto preesforzado (17 .0 + 22.0 + 17.0 m) Puente sesgado	16	Concreto	Setiembre 1967	N/D
29	Río Torres	218	1.2	66.46	7.00	3	3 tramos simples viga I de concreto preesforzado (30 .0 + 2 x 17.0 m) Puente Curva	18	Concreto	Noviembre 1980	N/D

8.2 Método de Inspección

1) Estudio de la Documentación Después de la Inspección de los Sitios

Antes de realizar la inspección los documentos relacionados con: el inventario de los puentes en el MOPT, dibujos, historial de reparaciones, volumen de tráfico, mapas topográficos e información del Río son recolectados para entender la condición de cada puente.

Este estudio es importante para hacer un plan para la inspección de los 29 puentes del estudio. Los puntos principales del documento en estudio antes de la inspección de sitio se demuestran abajo.

- Condición topográfica
- Especificaciones de diseño (carga viva, material)
- Dimensión y tipo de estructura
- Condición del río

2) Hacer un Plan Para las Inspecciones en Sitio

a) Hoja de Inspección

Dado que los ítems de inspección como, partes de la estructura a inspeccionar y la evaluación del daño no difieren para cada inspector, se realizó una hoja de inspección general, que se muestra en la tabla 8.2.1, para el equipo de inspección y el MOPT. Cada ítem y parte de la hoja de inspección deben corresponder a los usados en la evaluación del daño que se realizará a los puentes.

Por otra parte, las características de los puentes en Costa Rica deben tomarse en cuenta dentro de la hoja de inspección, el equipo de estudio y el MOPT discutieron con respecto a los ítems de la hoja de inspección realizada.

b) Hoja de Inspección Para Medir las Dimensiones

En caso de que no se recolectaron las suficientes dimensiones del Puente, estas serán recolectadas por los inspectores para remarcar los dibujos, los cuales se mantendrán en la base de datos del SAEP. En resumen, los inspectores tendrán que usar las mismas hojas de inspección, que se muestra en la Figura 8.2.1 para evitar diferencias en la información.

En el caso de los 29 puentes estudiados, los principales dibujos los mantendrá el MOPT. Sin embargo, se pueden medir partes del Puente que se requieran para hacer un plan para reparar cualquier parte dañada con una inspección detallada

c) Instrucción Fotográfica

Ya que algunas fotos de partes del Puente pueden ser información útil para evaluaciones o hacer planes de reparación, estas fotos se pueden mantener en el servidor de datos del SAEP. Se debe marcar el punto o el ángulo de la fotografía como lo muestra la Figura 8.2.2.

- Vista general para entender la estructura del puente.
- Condición de la superficie del Puente.

- Tomar una foto de cada parte importante del Puente: viga, losa, arriostres, bastiones, Pilas etc.
- Parte dañada y condición

d) Hacer una Película del Puente

Puesto que la película es una medida más eficaz de entender la condición general o daño del Puente que la fotografía, esta se puede mantener dentro de los datos del servidor del SAEP.

e) Ejecución de la Inspección de los 29 Puentes en Estudio

La inspección en sitio de los puentes en estudio debe ser ejecutada para cada tipo de superestructura en el puente. Es una inspección visual usando la hoja de inspección antes dicha.

Los resultados de la inspección serán la base de datos del SAEP.

3) Resultados de la Inspección

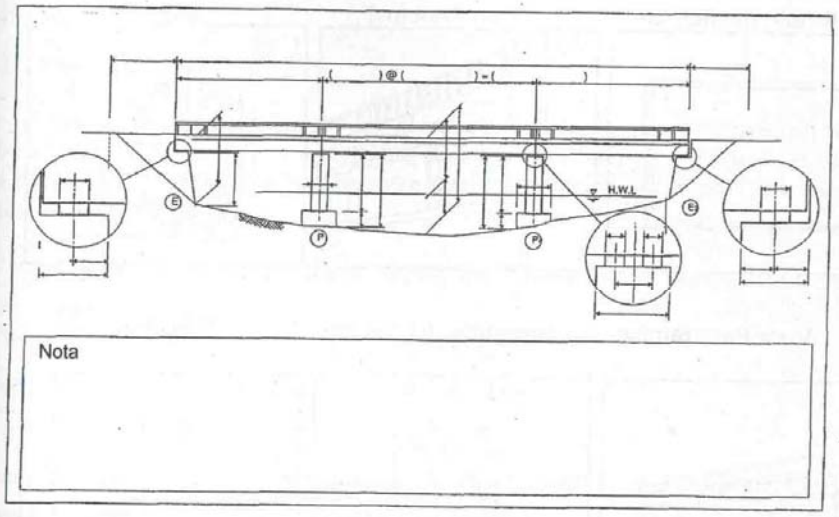
En el orden de evaluar la categoría del daño., así como la condición del daño en cada Puente, como resultado de la inspección del sitio se siguen los siguientes pasos:

a) Condición actual de cada puente con respecto a la estructura, el daño y al mantenimiento
b) Examinar la causa del daño
c) Hacer un inventario de los 29 puentes en estudio.
d) Tabla de evaluación para la condición del daño.

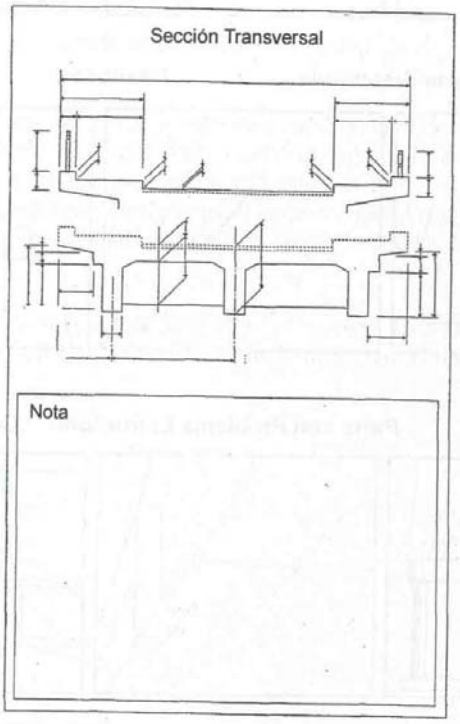
Tabla 8.2.1. Hoja de Inspección de Puentes

	TIPO DE DAÑO Y EVALUACIÓN DEL GRADO DEL DAÑO						
1. PAVIMENTO	ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES		
	EVALUACIÓN						
2. BARANDA (ACERO)	ITEM	1. DEFORMACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. CORROSIÓN	4. FALTANTE		
	EVALUACIÓN						
3. BARANDA (CONCRETO)	ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	3. FALTANTE			
	EVALUACIÓN						
4. JUNTA DE EXPANSIÓN	ITEM	1. SONIDO EXTRAÑO	2. FILTRACIÓN DE AGUAS	3. FALTANTE OR DEFORMACIÓN	4. MOVIMIENTO VERTICAL	5. JUNTAS OBSTRUIDAS	6. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO
	EVALUACIÓN						
5. LOSA	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
	ITEM	7. SOBRECAPAS DE ASFALTO	8. AGUJEROS				
	EVALUACIÓN						
6. SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	ITEM	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. ROTURA EN UNIONES	5. ROTURA DE ELEMENTOS	
	EVALUACIÓN						
7. VIGA PRINCIPAL DE ACERO	ITEM	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. PERDIDA DE PERNOS	5. GRIETAS EN SOLDADURA O PLACA	
	EVALUACIÓN						
8. VIGA DIAFRAGMA CONCRETO	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
9. VIGA PRINCIPAL CONCRETO	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
10. APOYOS	ITEM	1. ROTURA DE APOYOS	2. DEFORMACIÓN EXTRAÑA	3. REQUIERE LIMPIEZA			
	EVALUACIÓN						
11. PARED CABEZAL Y ALETONES (BASTIÓN)	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
12. CUERPO PRINCIPAL (BASTIÓN)	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
	ITEM	7. DERRUMBE DE TALUD	8. INCLINACIÓN	9. SOCAVACIÓN			
	EVALUACIÓN						
13. VIGA (PILA)	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
14. CUERPO PRINCIPAL (PILA)	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
	ITEM	7. INCLINACIÓN	8. SOCAVACIÓN				
	EVALUACIÓN						
15. PINTURA	ITEM	1. DECOLORACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. AMPOLLAS	4. DESCASCARAMIENTO		
	EVALUACIÓN						

EVALUACIÓN	GRADO DE DAÑO	SOCAVACIÓN
1	No se observa ningún daño	No hay socavación
2	Algunas partes	Tendencia a la socavación
3	Muchas partes	No hay socavación peligrosa
4	Menos de la Mitad de toda la parte	Socavación Peligrosa
5	Casi toda la parte	Condición de Emergencia



Vista de lado



Sección Transversal

Figura 8.2.1. Ejemplo de la Hoja de Medición para las Dimensiones del Puente

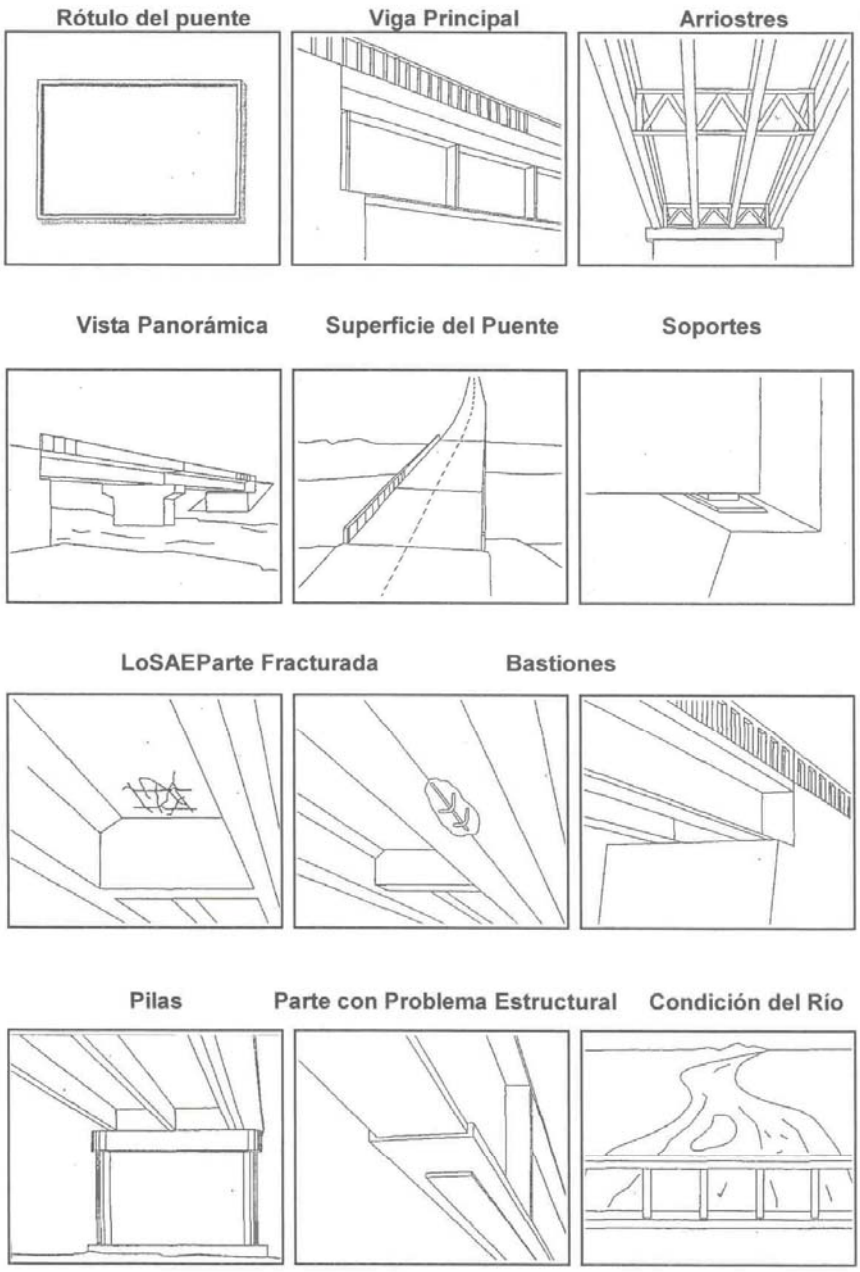


Figura 8.2.2. Estándar de Puntos de Vista

8.3 Resultados

8.3.1 Daños en Puentes

Una inspección de campo realizada por el equipo de estudio y su contraparte (MOPT & CONAVI) de los 29 puentes en estudio fue realizada para categorizar el nivel de daño para cada puente. Los resultados de la inspección fueron concluidos con respecto a los siguientes puntos:

1) Evaluación de la condición actual del Puente en al parte estructural y el mantenimiento.
2) Establecimiento de un inventario del puente.
3) Examinación y evaluación de la causa del daño.
4) Evaluación de la categoría del nivel de daño.

Durante la inspección de los sitios el equipo de estudio instruyó a su contraparte en técnicas de inspección de puentes como se muestra a continuación.

- Propósito de la inspección
- Punto de vista de la evaluación del daño
- Fabricación de una entrada en la hoja de inspección

Todos los 29 puentes en estudio fueron construidos en el periodo de 1955-1980, de los cuales 23 tienen más de 50 años de existencia. Por lo tanto el daño es causado por el cumplimiento del ciclo de vida, falta de mantenimiento, incremento del tráfico vehicular, aumento de la carga viva y los desastres naturales (terremotos e inundaciones) los cuales se encontraron casi en todos los puentes durante las inspecciones. Los resultados de las inspecciones se muestran en la tabla 8.3.4.

Del resultado de la inspección la tendencia al daño se muestra en la tabla 8.3.2. La tabla 8.3.3 compara la tendencia con la Ruta y la tabla 8.3.4 la compara con el tipo de puente.

Tabla 8.3.1. Resultado de la Inspección de los 29 Puentes

No.	Puente	Tipo de Daño																											
		Pavimento		Baranda	Expansión	Loza					Acero				Concreto					Apoyos	Pared Cabezal (Bastión)		Cuerpo (Bastión)		Martillo (Pila)		Cuerpo (Pila)		Pintura
											Arriostriami		Viga		Viga		Viga Principal												
		a.	b.	c.	d.	b.	e.	f.	l.	m.	g.	k.	a.	k.	e.	f.	d.	e.	f.	g.	e.	f.	h.	i.	e.	f.	h.	i.	j.
1- 1	Río Colorado	△	△				△	△																					
2- 1	Río Aranjuez	X	X					△	△	△																		△	△
3- 1	Río Abangares	△	△			△	△	X	X	X	△																		△
4- 1	Río Piedras	△						△											△					△					
5- 1	Río Colorado	△	△					△																					
6- 1	Río Ahogados	△	△					△	△			△		△															△
6- 2	Río Ahogados	△	△					△	△	△		△		△															△
7- 1	Río Azufrado	△	△	△				△	△							△			△										
8- 1	Río Tempisquito	△	△					△	△															△					△
9- 1	Río Volcán	△					△																	△					
9- 2	Río Volcán	△			△						△																		△
10- 1	Río Ceibo							△	△																				△
11- 1	Río Curré																							△					
12- 2	Río Puerto Nuevo	△																						△					
12- 1	Río Puerto Nuevo	△																						X					
13- 1	Río Zapote																							△					
14- 2	Río Terraba	△					△					△		△															△
14- 1	Río Terraba	△																											
15- 1	Río Caracol		△											△										△				X	△
16- 1	Río Nuevo																							X				X	
17- 1	Río Chirripó		△		X												X							X					
18- 1	Río San José																							X					
19- 1	Río Sarapiquí			△				△	△			△		△										△				△	△
20- 1	Río Sucio		△		△												X	△						△					
21- 1	Río Toro Amarillo			△	△				△							△	X		△					△					
22- 1	Río Parismina																			△				△					
23- 1	Río Reventazón	△	△	△	△												X							△					
24- 1	Río Pacuare	△		△																				△				△	
25- 1	Río Barbilla	△		△																									
26- 1	Río Chirripó	△					△	△	△	△										X									
26- 2	Río Chirripó	△					△	△	△	△				△						△									△
27- 1	Río Cuba	△			X															X			X						
28- 1	Río Blanco	△			X				△											X			X	△				△	
29- 1	Río Torres	△		△																								△	

△ : 2 o 3
X : 4 o 5

a. Agretamiento
b. Agujeros
c. Faltante
d. Deformación
e. Reinfuerzos Expuestos
f. Eflorescencia
g. Rompimiento
h. Inclinación
i. Socavación
j. Oxidación
k. Corrosión
l. Grietas en una Dirección
m. Grietas en dos Direcciones

Tabla 8.3.2. Evaluación de Cada Ítem de los Resultados de Inspección

Parte	Condición de Daño	Puente No.
Pavimento	- En casi todos los puentes se observo daño en el pavimento	
	- Como el recubrimiento del pavimento se realizó sin corte del mismo, la carga de pavimento se incremento en muchos puentes - Por la sobreexpansión del pavimento, se abren huecos los cuales han sido obstáculo para los vehículos.	3,4,5,6,7,8,13, 15,16,17,19 20,21,26
Barandas	- Parte de las barandas se han perdido por actos humanos, tales como colisiones y robo. Especialmente se concentra en la Ruta 32	19,23,24,25,26
Juntas de expansión	- La filtración de agua fue observada en todos los puentes excepto el Puente No 7, esto por pérdida de tapajuntas y relleno premoldeado.	Casi todos puentes
	- La expansión de la Ruta 32 esta completamente quebrada, y algunas partes de los puentes se perdieron. - Se observa que el terremoto de 1991 es la causa del daño en los puentes No.27 y No.28.	17,20,21,23, 27,28
Losa	- Ruta1 planeada y construida en 1950, posee muchos daños en la losa - En los puentes de acero de la Ruta 1, se observan grietas en una dirección y dos direcciones acompañadas de florescencias. Pero en los puentes de concreto de la Ruta1 solamente se observan florescencias debido a una mala construcción de las juntas. - Los daños de losa en puentes con cerchas de acero es intensa, y en algunos casos la losa ha fallado (No.3).	Grietas una direcc :7,8 Grietas en dos direc:2,3,6 Junta en construcción: 1,4,5
	- Daños en la losa fueron observados en los puentes con cerchas de acero en las Rutas 4 y 32 - Se observa que el daño en los puentes con viga de cajón en concreto es por la mala construcción en la Ruta 32.	19,21,26
Puentes de acero Largueros	- Daños en los arrostramiento se observaron el la Ruta 1 No.3. La junta del larguero tiene una grieta y la perdida la cuerda.	3
	- Corrosión por falta de mantenimiento. Por ejemplo se observo falta de reparación en algunos puentes.	2,3,6,8,9,10,,14,15,19,26
	- Existen 4 puentes con corrosión `parcial la cual avanza. - Se observa que la causa de corrosión no es sólo el desgaste sino la falta de drenajes y el musgo en las cuerdas. - Además, estos se concentran en las Rutas 1 y 2.	6,14,19
	- Los daños por colisión en algunos puentes con cerchas fue comprobado por el estilo de la puerta	3,9
Viga principal de acero	- Existen muchos puentes herrumbrados debido a la falta de mantenimiento o reparación regular.	2,3,6,8,9,10,14,15,19,26
	- Los dos primeros puentes de cada Ruta se observaron con corrosión. - Se sabe que la causa de la corrosión se basa en un mal drenaje cerca de la base del soporte, se observa el musgo y el agua de lluvia.	6,14,15,19,26
Viga transversal de concreto	- Se observó eflorescencia en sólo 2 puentes (No.7 y No21) - En el puente No.7 se observó eflorescencia en grietas pequeñas, las cuales pueden ser por fatiga debido al tráfico pesado. - Eflorescencia en el puente No.21 al final de la viga transversal causado por la contracción del concreto en el tiempo de construcción.	7,21
Viga principal de concreto	- Deformación en las vigas se observa en los puentes con viga cajón - Esta razón puede ser el flujo lento del concreto en la viga principal.	17,20,21,23

	- En los puentes No27 y 28R la viga I se observa desplazada - Desplazamiento causado por el terremoto de 1991	27,28
	- Grietas en una dirección, Florescencias, hormigueros y fisuramiento se han observado en algunos puentes en las Rutas No1 y No 25 los cuales pueden ser causa de la fatiga por el pesado tráfico. - En el caso del puente No 21 puede ser causado por la misma razón de la deformación de la viga. - En los puentes No.25 y 28, los cuales pueden haber sido dañados por el terremoto en 1991, en el cual se observan fisuras y grietas en una dirección en la superficie de la viga.	4,7,21,25,28
Soportes	- Las bases de los soportes necesitan limpiarse e instalar un sistema de drenaje para mantener la base en condiciones secas. - Algunos soportes. - En la Ruta 32 los soportes de algunos puentes se dañaron durante el terremoto de 1991.	
Bastión	- El principal daño de la subestructura es el reflujo de tierra y arena de los bastiones. - También todos los bastiones de los puentes son del tipo pila-bastión y casi todos están dañados en la cara frente al talud debido a decrepitud y flujos de arena y tierra. - Estos se concentran en otros caminos de la Ruta 1.	4,8,9,11,12,13 ,15,16,17, 18,19,20,21,2 2,23,24,28
	- Los bastiones de los puentes No.28 y 27 de la Ruta 32 están dañados por el terremoto de 1991.	27,28
Pila	- Grandes modificaciones etc. no fueron observadas en las pilas de los puentes. Pero grietas en una dirección, descascaramiento y exposición de las barras de acero si fueron observadas.	1,4,5,6,9,17,2 0,26,27
	- Las pilas de las montañas que fueron dañadas por colisiones o piedras en inundaciones tiene expuestas las barras de acero.	17,20
	- Socavación de las bases de los puentes fueron revisadas en algunos puentes, especialmente el No 15 y 16 tienen proyectado una pila de fundación.	2,15,16,19,24, 28,29

Tabla 8.3.3. Evaluación de los Resultados de la Inspección en Cada Ruta

Ruta No	Daño
1	- Existen muchos daños en la losa, pavimento y el sistema de pisos. Florescencias se observaron en casi todos los puentes. - La causa de las Florescencias es la filtración de agua de la junta por grietas o mala construcción. - Los detalles de Florescencias son la siguientes: Grietas en una dirección: Puentes No. 7, 8 Grietas en dos direcciones: Puentes No. 2, 3, 6 Construcción de juntas : Puentes No. 1, 4, 5 - En el Puente No3 se observó un daño intenso, un hueco en la losa en la junta de la cuerda del sistema de piso. - Grietas y huecos se observaron en el pavimento de todos los puentes. - Existe una pequeña comparación a cerca de socavación de los bastiones y socavaciones pequeñas: Por bastiones: No.8, 4 Socavación de la pila por inundación.
2	- Los daños en el pavimento y la losa no son severos en la Ruta 1. - Daños en la losa y el sistema de pisos se observaron en las Rutas No. 9, 10 y 14. - Socavación cerca de los bastiones y colapso de los taludes se producen excepto el Puente No 14. - La fundación de las pilas de los puentes NO 15 y 16 cerca de la frontera con Panamá están socavados gravemente.
4,32,218	- La deformación de los bastiones, desplazamientos de las vigas, daños en las zapatas y grietas en las pilas fueron chequeadas en los puentes NO 27 y 28, causadas por el terremoto de 1991. - La deformación anormal en el centro de la luz se observa en todos los puentes con viga de cajón. - Existen muchos daños en el pavimento, barandas etc. - Existen daños en la losa y el sistema de piso de los puentes de acero. (No.19, 24). - La columna de la pila es muy delgada. - La Ruta 32 tiene muchos daños en los soportes comparada con las otras Rutas. - Especialmente 3 puentes (No.26, 27 y28) están quebrados por el terremoto. - El socavación de la pila del Puente No29 esta considerablemente en aumento.

Tabla 8.3.4. Evaluación del Tipo de Puente Según los Resultados de la Inspección

Tipo de puente		Daño	Puente No.
Puentes de concreto	1. Puente multitramos de arco invertido de concreto pretensado	Solo Florescencias se observan en la superestructura en el puente No.4	4,13,16
	2. Puente de un tramo de arco invertido de concreto pretensado	Sin daños en superestructura	9,12
	3. Puente multitramos de viga cajón concreto pretensado	Deformación de la viga principal	17,20,21, 23
	4. Puente un tramo de viga I concreto pretensado	Solo en el puente No.28, se observó una grieta en una dirección.	18,22,24, 27, 28
	5. Puente multitramos de viga I concreto pretensado	Sin daños en superestructura	24,25
	6. Puente de arco de concreto reforzado	Solo florescencias se observan en la losa.	5
	7. Puente de marco rígido de concreto reforzado	Florescencias y grietas en una dirección se observaron en la losa	7
	8. Otros tipos de puentes	Florescencias y pequeños daños se observan en la losa.	1
Puentes de acero	9. Puente de un tramo cerchas de acero	Muchos daños se observan en la losa. Se observa corrosión en los largueros y viga principal.	3,6,9,14,
	10. Puente multitramos con cerchas de acero	Se observan muchos daños en los largueros y la viga principal.	2
	11.Puente de un tramo viga tipo I	Se observaron algunos daños en la losa. La condición del daño es mejor que en los multitramos. En caso del puente No 26, las vigas se cayeron en el terremoto del 1991.	10,11,12, 14,26
	12. Puente multitramos con viga tipo I	Se observan muchos daños en la losa. Se observa corrosión en los largueros y viga principal.	6,8,15,26
	13. Puente tipo Gerber	Se observan muchos daños en los largueros y la viga principal.	19

Nota: Los Puentes con una línea debajo de sus números tienen diferentes tipos de superestructuras en el mismo Puente.

Del estudio anterior, se examinan las causas del daño así como su condición como muestra la Tabla 8.3.5, esta muestra la relación entre condición y causa del daño.

1) Superestructura

Se observaron daños en la losa en casi la mitad de los 29 puentes (14 puentes) especialmente, en los puentes de la Ruta No 1. Sin embargo, en la Ruta No 2 que fue construida en los años 60, casi con la misma edad de la Ruta No1, no se observaron daños en las losas. Esto concluye que el alto tráfico vehicular en la Ruta No1 es el causante del deterioro de la losa.

Los daños en la losa en los puentes con vigas de acero tienden a ser más serias que en los puentes con vigas de concreto y específicamente en los casos de los puentes con cerchas en donde las losas tienen daños más serios. Además daños en partes de las juntas entre la cuerda

y la viga transversal fueron observados. Se observa la falta de rigidez en los largueros, que es también una causa del daño de los mismos. El los casos de los puentes No.26, 27 y 28 en la Ruta 32 cerca de Limón, las vigas se desplazaron y los soportes están quebrados a causa del terremoto de 1991. La deformación en las vigas en puentes con vigas tipo cajón de concreto es causada por el Flujo lento del concreto.

2) Subestructura

En el caso de subestructuras, el colapso del talud alrededor de los bastiones es observado en casi todos los puentes y en algunos puentes el socavación de la fundación alrededor de las pilas es observado también. Especialmente en el caso del puente No. 16, con una condición muy grave en el cual la pila de la fundación se observa más de 2m.
En el caso de los puentes No. 27 y 28 en la Ruta 32 cerca de Limón, la fundación del bastión esta gravemente dañada por el terremoto de 1991.

3) Accesorios

En el orden de entrelazar los puntos del mantenimiento tales como soportes, juntas de expansión y barandas que están dañados en casi todos los puentes.

Tabla 8.3.5. Causa de Daños y Condición de Daños

Causa del daño	Condición del daño	Puente No.
1) Deterioro 2) Falta de mantenimiento	Herrumbre miembros de acero	6, 14, 15, 19, 26
	Daño de los soportes Obstrucción de la función	22,26,27,28
	Daño en la junta de expansión	9, 17, 20, 21, 23, 27, 28
3) Daño de la losa por el trafico pesado	Grietas en losa (1 direc)	2, 3, 6, 7, 8, 10, 19, 21, 26, 28
	Grietas en losa (2 direc)	2, 3, 6, 26
	Eflorescencias	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,8, 10 , 19, 26
	Acero de refuerzo expuesto	1, 3, 14 , 26
	Huecos	3
	Grietas o ondulación en el pavimento	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 23, 24, 25, 26, 27, 28
4) Colisión Vehículos	Daños en los brazos del portal en puentes con cerchas.	3, 9
	Caños del pasamanos	7, 19, 21, 23, 24, 25, 28
5) Socavación alrededor de la pila 6) Daño de la columna de la pila por piedras en las inundaciones	Colapso del talud alrededor bastión	4, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28
	Fundaciones expuestas Degradación de la estabilidad	2, 15, 16, 19, 24, 28, 29
	Daño de la columna de la pila por piedras en las inundaciones	17, 20
7) Daños en fundación o soportes 8) Desplazamiento de la viga principal	Desplazamiento de la viga	26, 27, 29
	Inclinación del bastión Falla cortante en pila fundación	27, 28
9) Construcción inferior	Hormiguero	2, 7, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 28
	Deformación viga principal	17, 20, 21, 23

8.3.2 Condición de Río en el Sitio del Puente

1) Condición actual de los Ríos en los 29 Puentes

La condición actual de los ríos en los 29 puentes se muestra en la tabla 8.3.6. La condición del flujo de los ríos en los puentes No. 10. 11. 12. 13.15. 16. 17. 18 y 29 han cambiado el canal y las condiciones de flujo también han cambiado de las condiciones iniciales cuando se construyeron.

Tabla 8.3.6. Condiciones Actuales de los Ríos en los 29 Puentes

Puente No / Nombre		Ruta No	Perfil del Río (%)	Cuenca (km^2)	Distancia al Océano (km)
1	Colorado	1	3.0	159,8	36,6
2	Aranjuez	1	1.0	158,6	112,3
3	Abangares	1	1.6	128,1	143,3
4	Piedras	1	0.5	158,2	189,8
5	Colorado	1	1.0	90,5	221,9
6	Ahogados	1	0.6	188,0	232,5
7	Azufrado	1	1.0	12,8	239,8
8	Tempisquito	1	0.5	184,4	240,2
9	Volcán	2	1.0	147,1	181,8
10	Ceibo	2	0.7	251,0	189,6
11	Curre	2	1.1	15,5	229,3
12	Puerto Nuevo	2	1.0	6,1	234,4
13	Zapote	2	0.5	4,4	248,4
14	Térraba	2	0.2	-	256,1
15	Caracol	2	0.3	22,2	323,3
16	Nuevo	2	1.2	11,9	327,2
17	Chirripó	4	1.5	392,2	45,0
18	San José	4	2.3	37,5	50,0
19	Sarapiquí	4	0.5	841,6	65,0
20	Sucio	32	2.4	194,9	39,7
21	Toro Amarillo	32	2.5	149,2	59,6
22	Parismina	32	1.8	39. 7	78,7
23	Reventazón	32	1.0	1.720,8	95,0
24	Pacuare	32	1.2	662,8	100,4
25	Barbilla	32	1.0	216,4	116,3
26	Chirripó	32	0.5	1.070,4	126,2
27	Cuba	32	0.2	22,0	134,8
28	Blanco	32	0.3	58,3	148,2
29	Torres	218	2.1	30,7	66,4

2) Estudio de la Condición del Puente para el Flujo del Río

Se muestra una evaluación para juzgar la estabilidad de la condición del Río y los factores que influyen sobre el flujo del Río en la tabla 8.3.7

Las ecuaciones para determinar el volumen máximo del flujo así como su velocidad se muestran en la tabla 8.3.8. El largo mínimo del tramo (Figura 8.3.1) y el espacio libre bajo la viga (Tabla 8.3.8) son examinadas conforme las leyes de mantenimiento de ríos en Japón.

Tabla 8.3.7. (1) Evaluación de la Estabilidad del Cauce del Río (Ruta1)

Puente No		1	2	3	4	5	6	7	8
Nombre del Rio		Río Colorado	Río Aranjuez	Río Abangares	Río Piedras	Río Colorado	Río Ahogados	Río Azufrado	Río Tempisquito
N.A.M (El. in m)		-	95,1	69,2	64,6	94,2	82,3	92	89,6
Profundidad N.A.M (m)		-	3,4	4,3	8,5	6,1	10,1	6,4	3,8
Ancho Promedio(B) (m)		-	67,1	83,8	55,5	28	91,7	23,8	57,9
Area de Flujo(A) (m2)		-	170	234	272	113	436	58	251
Grado Promedio		-	1	1,6	1,4	1,1	0,8	1	0,5
Coeficiente of rugosidad(n)		-	0,04	0,035	0,03	0,04	0,04	0,04	0,047
Espacio Libre		-	5,8	3	0,5	1,2	2	3,7	6,6
Longitud del Puente (m)		-	87,8	101,3	55,5	52	91,8	31,4	71,3
Numero de Tramos		-	3	2	3	1	3	2	3
Longitud de Tramos (m)	(MAX)	-	39	73,9	21,3	30,5	61	19,8	27,4
	(MIN)		24,4	46,7	17,1	-	15,2	5,8	21,9
Tipo de Pilas		Marco Rigido	Muro	Muro	Marco Rigido+Muro	Puente de Arco	Muro 5.0x1.6	Muro	Marco Rigido+Muro
Grado de Sesgo		-	-	15	-	20	10	10	0
R(A/B)		-	2,53	2,79	4,9	4,04	4,75	2,44	4,34
Velocidad de flujo(m/s)		-	4,64	7,16	11,38	6,65	6,32	4,53	4
Volumen de Flujo (m3)		-	788,8	1675,44	3095,36	751,45	2755,52	262,74	1004
Longitud de Tramo Necesario (m)		-	20	20	35	20	34	12,5	20
Espacio Libre Necesario (m)		-	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	0,8	1,0
Evaluación de Longitud de Tramo	Principal		BUENO	BUENO	FALLO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
	Lateral		BUENO	BUENO	FALLO	BUENO	FALLO	FALLO	BUENO
Evaluación de Espacio Libre			BUENO	BUENO	FALLO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

Tabla 8.3.7. (2) Evaluación de la Estabilidad del Cauce del Río (Ruta2)

Puente No.		9	10	11	12	13	14	15	16
Nombre de Rio		Río Volcán	Río Ceibo	Río Curré	Río Puerto Nuevo	Río Zapote	Río Terraba	Río Caracol	Río Nuevo
N.A.M (El. in m)		354,2	250,2	79,6	65,8	39	24,4	25,9	99,4
Profundidad N.A.M(m)		11,5	4,9	9,8	10,2	16	8,5	1,9	2
Ancho Promedio(B) (m)		54,9	109,7	83,4	85,3	61	310,9	71,3	20,7
Area de Flujo(A) (m2)		342	276	457	657	252	3299	95	29
Average Grade		1	0,7	3,45	7,5	12	0,5	2	1,2
Coeficiente de Rugosidad(n)		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,027	0,035	0,035
Espacio Libre		6,3	7,8	5,4	3,8	4,6	1,5	3	4,1
Longitud de Puente (m)		76,2	131,1	103,6	103,6	55,5	341,2	71,3	55,5
Numero de Tramos		3	5	4	5	3	7	3	3
Longitud de Tramos (m)	(MAX)	45,7	30,5	30,5	24,4	21,3	76,2	27,4	21,3
	(MIN)	12,2	15,2	21,3	15,2	17,1	27,4	21,9	17,1
Tipo de Pilas		Muro 4.3x0.85	Columna D=1.83m	Columna D=1.98m	Columna D=1.82m	Marco Rigido+Muro	Oval 584x244	Pila Circular Hueca D=5.20m	Muro
Grado de Sesgo		-	-	-	12	30	-	0	30
R(A/B)		6,23	2,52	5,48	7,7	4,13	10,61	1,33	1,4
Velocidad de Flujo(m/s)		8,46	3,87	14,43	26,7	22,29	12,65	4,89	3,92
Volumen de Flujo (m3)		2893,32	1068,12	6594,51	17541,9	5617,08	41732,35	464,55	113,68
Necesario Longitud de Tramos		34	20	53	108	48	229	15	12,5
Necesario Espacio Libre		1,2	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	0,8	0,6
Evaluación de Longitud de Tramos	Principal	BUENO	BUENO	FALLO	FALLO	FALLO	FALLO	BUENO	BUENO
	Lateral	FALLO	FALLO	FALLO	FALLO	FALLO	FALLO	BUENO	BUENO
Evaluación de Espacio Libre		BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

Tabla 8.3.7. (3) Evaluación de la Estabilidad del Cauce del Río (Ruta 4 & 218)

Bridge No		17	18	19	29
Nombre de Rio		Chirripó	San José	Sarapiquí	Torres
N.A.M (El. in m)		238	184	98,9	1261,683
Profundidad N.A.M (m)		11	5	20,3	4,15
Ancho Promedio(B) (m)		150	29	88	21,5
Area de Flujo(A) (m2)		567	101	197	52
Average Grade		1,5	1,5	0,5	2,7
Coeficiente de Rugosidad(n)		0,027	0,027	0,03	0,04
Espacio Libre		2,5	3	2,1	6
Longitud de Puente (m)		175,8	40,5	100,96	66,46
Numero de Tramos		3	2	3	3
Longitud de Tramos (m)	(MAX)	82,8	20	55	30
	(MIN)	46,5	20	22,28	17
Tipo de Pilas		Oval 520x200	Columna D=2.13m	Oval 300x100	Columna D=1.5m
Grado de Sesgo		-	20	-	30
R(A/B)		3,78	3,48	2,24	2,42
Velocidad de Flujo(m/s)		11,01	10,42	4,04	7,4
Volumen de Flujo (m3)		6242,67	1052,42	795,88	384,8
Necesario Longitud de Tramos (m)		51	20	20	12,5
Necesario Espacio Libre (m)		1,2	1,0	1,0	0,8
Evaluación de Longitud de Tramos	Principal	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
	Lateral	FALLO	BUENO	BUENO	BUENO
Evaluación de Espacio Libre		BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

Tabla 8.3.7. (4) Evaluación de la Estabilidad del Canal del Río (Ruta 32)

Puente No		20	21	22	23	24	25	26	27	28
Nombre de Rio		Rio Sucio	Rio Toro Amarillo	Rio Parismina	Rio Reventazon	Rio Pacuare	Rio Barbilla	Rio Chimpo	Rio Cuba	Rio Blanco
N.A.M (El. in m)		462	295	72	85,5	54	29,5	16,4	11,2	6
Profundidad N.A.M (m)		8,1	7	5	8	6,5	3,5	9,5	4,5	6,7
Ancho Promedio(B) (m)		100	225	93	330	285	80	405	59	47
Area de Flujo(A) (m2)		252	724	208	1688	785	337	1500	130	166
Average Grade		4,2	2,5	1,8	1	1,2	1	0,3	0,2	0,1
Coeficiente de Rugosidad(n)		0,05	0,05	0,04	0,04	0,033	0,035	0,027	0,027	0,027
Espacio Libre		19	3	2,2	4	4	4	6	2	1,6
Longitud de Puente (m)		187,25	258,6	106	341,4	317,5	100	415,04	68,6	58,9
Numero de Tramos		2	4	3	5	10	3	7	3	3
Longitud de Tramos (m)	(MAX)	102	82,8	35	82,8	32,67	32,78	73,2	22	22
	(MIN)	55,25	46,5	35	46,5	17	32,78	15,86	22	17
Tipo de Pilas		Pila Circular	Oval 520x200	Pila Hueca D=2.0m	Oval 520x200	Muro	Muro	Oval 400x160	Marco Rigido+Muro	Marco Rigido+Muro
Grado de Sesgo		-	40	0	10	(50)	(66)	-	(60)	(55)
R(A/B)		2,52	3,22	2,24	5,12	2,75	4,21	3,7	2,2	3,53
Velocidad de Flujo(m/s)		7,59	6,9	5,74	7,43	6,52	7,45	4,85	2,8	2,72
Volumen de Flujo (m3)		1912,68	4995,6	1193,92	12541,84	5118,2	2510,65	7275	364	451,52
Necesario Longitud de Tramos		20	45	20	83	46	33	56	15	15
Necesario Espacio Libre		1,0	1,2	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8
Evaluación de Longitud de Tramos	Principal	BUENO	BUENO	BUENO	FALLO	FALLO	FALLO	BUENO	BUENO	BUENO
	Lado	BUENO	BUENO	BUENO	FALLO	FALLO	FALLO	FALLO	BUENO	BUENO
Evaluación de Espacio Libre		BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

Tabla 8.3.8. Ecuaciones para Calcular el Volumen Máximo y su Velocidad

$Q = A \cdot V$

Q = Caudal Máximo

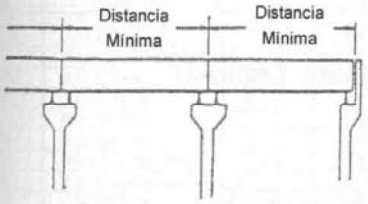
A =Sección transversal Hidráulica para calcular el nivel básico de N.A.M considerando las señales de la ultima inundación y datos obtenidos de los habitantes del lugar.

$V = \left(1/n\right) \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$

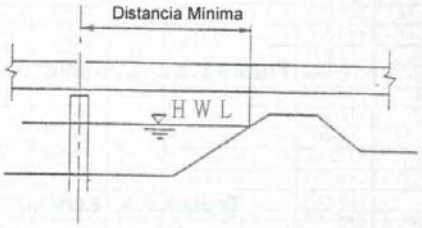
n =Coeficiente de Rugosidad. resuelto por medio de la inspección visual de las fotos e en sentido descendiente y ascendente. comparándolo con los del libro del profesor Chow.

R =A/B (B =Ancho del Río)

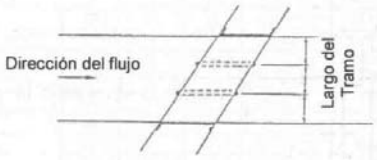
I = Pendiente promedio de la superficie del agua durante las inundaciones.



(a) Longitud del Tramo del Puente



(b) Longitud del tramo en casos donde el bastión se construyo sobre el banco del río o en un embarcadero.



(c) Longitud del Tramo en Casos de Puentes Sesgados

Nota: La longitud del tramo es la distancia entre el centro de las dos pilas vecinas y la longitud del tramo la cual será medida en el ángulo derecho del cauce del río.

Figura 8.3.1. Longitud de Tramo Mínima

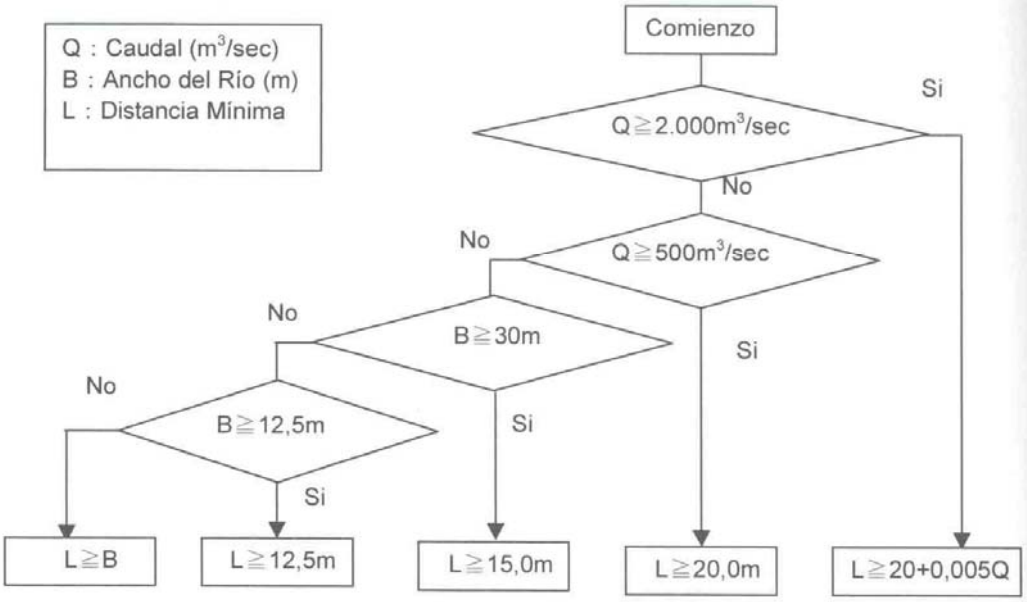
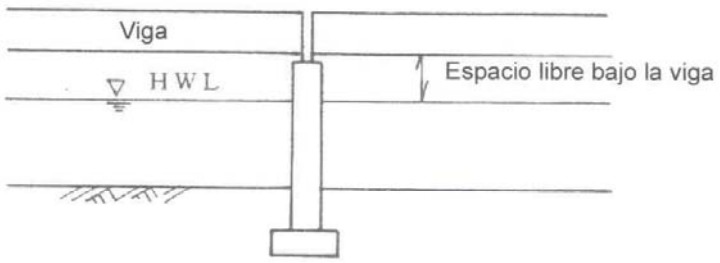


Figura 8.3.2. Longitud de Tramo Mínima Requerida.

Tabla 8.3.9. Espaciamiento Libre Requerido

Q (m^3/sec)	Q<200	200≦Q<500	500≦Q<2.000	2000≦Q<5.000
Espacio libre bajo la viga (m)	0.6	0.8	1.0	1.2



8.3.3 Otras Condiciones Relevantes en el Mantenimiento de Puentes

1) Carga Viva y Condición de la Losa

La tabla 8.3.10 muestra las especificaciones evaluadas de los 29 puentes. Todos los puentes de las Rutas 1 y 2 fueron diseñados con la carga viva H15-S12 excepto el puente No.1. las otras Rutas fueron diseñadas con la carga viva HS20-44.

Los espesores de las losas son menores de 20 cm en todos los puentes y el espesor mínimo es de sólo 16.5 cm. en el puente No.3. Esta evaluación se tomo de las inspecciones de los sitios.

Los puentes de las Rutas 1 y 2 fueron construídos en el período de 1953 a 1961y el puente más viejo en la Ruta 32 se construyó en 1970, el cual pasó con el tiempo de un puente de vigas de acero a vigas de concreto.

Tabla 8.3.10. Especificación del Funcionamiento del Estudio 29 Puentes

No.	Puente	Ruta	Tramos	Edad	Simple o Continuo	Material	TIPO	Tipo de Super Estructura	Carga Viva	Ancho de Loza
1-1	Río Colorado	1	5	1970	Simple	CP	8	Arco Invertido	H20-S16	15 o 20
2-1	Río Aranjuez	1	3	1955	Continuo	Acero	10	Cercha	H15-S12	18
3-1	Río Abangares	1	2	1953	Simple	Acero	9	Cercha	H15-S12	16,5
4-1	Río Piedras	1	3	1959	Continuo	CR	1	Vigas T	H15-S12	18
5-1	Río Colorado	1	3	1959	-	CR	6	Arco	H15-S12	25
6-1	Río Ahogados	1	1	1954	Simple	Acero	9	Cercha	H15-S12	17,8
6-2	Río Ahogados	1	2	1954	Continuo	Acero	13	Vigas I	H15-S12	17,8
7-1	Río Azufrado	1	3	1955	Continuo	CR	7	Rigid	H15-S12	16,5
8-1	Río Tempisquito	1	3	n	Continuo	Acero	13	Vigas I	H15-S12	18
9-1	Río Volcán	2	2	1961	Simple	CR	2	Vigas T	H15-S12	18
9-2	Río Volcán	2	1	1961	Simple	Acero	9	Cercha	H15-S12	18
10-1	Río Ceibo	2	5	1961	Simple	Acero	11	Vigas I	H15-S12	18
11-1	Río Curré	2	4	1961	Simple	Acero	11	Vigas I	H15-S12	17,75
12-2	Río Puerto Nuevo	2	1	1961	Simple	CR	2	Vigas T	H15-S12	17,75
12-1	Río Puerto Nuevo	2	4	1961	Simple	Acero	11	Vigas I	H15-S12	17,75
13-1	Río Zapote	2	3	1961	Continuo	CR	1	Vigas T	H15-S12	-
14-2	Río Terraba	2	3	1960	Simple	Acero	9	Cercha	H15-S12	20
14-1	Río Terraba	2	4	1960	Simple	Acero	11	Vigas I	H15-S12	20
15-1	Río Caracol	2	3	1961	Continuo	Acero	13	Vigas I	H15-S12	18
16-1	Río Nuevo	2	3	1961	Continuo	CR	1	Vigas T	H15-S12	18
17-1	Río Chirripó	4	3	1978	Continuo	CP	3	Vigas Cajón	HS20-44	-
18-1	Río San José	4	2	1978	Simple	CP	4	Vigas T	HS20-44	-
19-1	Río Sarapiquí	4	3	1978	Simple	Acero	14	Vigas I	HS15-44	-
20-1	Río Sucio	32	2	n	Continuo	CP	3	Vigas Cajón	HS20-44	-
21-1	Río Toro Amarillo	32	4	n	Continuo	CP	3	Vigas Cajón	HS20-44	-
22-1	Río Parismina	32	3	n	Simple	CP	4	Vigas T	HS20-44	16
23-1	Río Reventazón	32	5	n	Continuo	CP	3	Vigas Cajón	HS20-44	20
24-1	Río Pacuare	32	10	n	Simple	CP	4	Vigas T	HS20-44	19
25-1	Río Barbilla	32	3	n	Simple	CP	5	Vigas T	HS20-44	19
26-1	Río Chirripó	32	1	1978	Simple	Acero	11	Vigas I	HS20-44	17
26-2	Río Chirripó	32	6	1978	Continuo	Acero	13	Vigas I	HS20-44	17
27-1	Río Cuba	32	3	n	Simple	CP	4	Vigas T	HS20-44	16
28-1	Río Blanco	32	3	n	Simple	CP	4	Vigas T	HS20-44	16
29-1	Río Torres	218	3	n	Simple	CP	4	Vigas T	HS20-44	18

2) Longitud y Condición de Asiento

La longitud de asiento es la distancia en dirección longitudinal de apoyo de una viga sobre el bastión como muestra la Figura 8.3.1.

Si la longitud de asiento es menor al ancho de la viga esta se puede caer en un terremoto. Se investigaron los largos de asiento de los 29 puentes en estudio en los dibujos. en el caso de las vigas de acero y de concreto este largo es casi el mismo. y este es muy pequeño entre 50 cm y

70 cm. De acuerdo con los estándares Japoneses el asiento se debe mantener más que SE. este lo da la Formula 8.3.1

$$S_E=0.7+0.005L \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.3.1)$$

S_E : Longitud de asiento (m)
L : Longitud del tramo (m)

Si la L = 30m. SE requerido es mas que 0.85m. Existe un peligro considerable de que la viga se caiga en un terremoto.

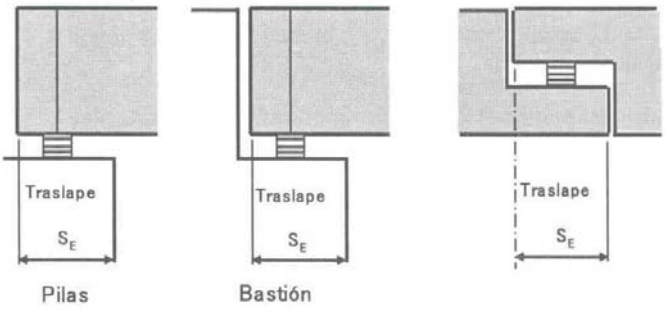


Figura 8.3.3. Longitud de Asiento en Vigas

Por otra parte la distancia entre el perno del soporte y la cuña de asiento del puente. que se muestra en la Figura 8.3.4. debe ser mayor que S en la fórmula 8.3.2

$$S=0.2+0.005L \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (8.3.2)$$

S : Distancia entre le perno del soporte y la cuña de asiento del puente (m)
L : Longitud del tramo (m)

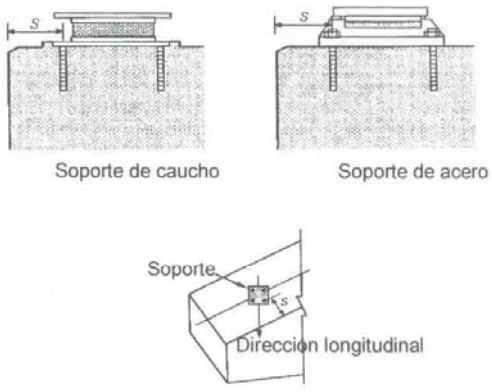


Figura 8.3.4. Distancia Entre el Perno del Soporte y la Cuña de Asiento del Puente

3) Subestructura y Fundación

La tabla 8.3.11 muestra el tipo de pila y fundación. En casos de puentes viejos como los de la Ruta 1 las pilas son tipo muro. Las pilas en forma de T con columnas con diámetros de solo 2 m han sido adoptadas en la Ruta 2. Casi todas las fundaciones son fundaciones directas. La pila de fundación se ha adoptado al puente, en áreas planas como Limón y la frontera con Panamá.

Tabla 8.3.11. Tipo de Pila y Fundación de los 29 Puentes Estudiados

Ruta1								
Puente No	1	2	3	4	5	6	7	8
Nombre del Rio	Rio Colorado	Rio Aranjuez	Rio Abangares	Rio Piedras	Rio Colorado	Rio Ahogados	Rio Azufrado	Rio Tempisquito
Longitud (m)	204	87,8	101,3	55,5	52	91,8	31,4	71,3
No. Tramos	5	3	2	3	1	3	2	3
Longitud de Tramos (MAX)	124	39	73,9	21,3	30,5	61	19,8	27,4
Longitud de Tramos (MIN)	15	24,4	46,7	17,1	-	15,2	5,8	21,9
Grado de Sesgo	0	-	15	-	20	10	10	0
Tipo de Pilas	Marco Rigido	Pared	Pared	Marco Rigido+ Pared	Puente de Arco	Pared 5.0x1.6	Pared	Pared
Tipo de Pilas	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación
Profundidad de Cimientos	15	5,5	6,1	0	13	3	2,1	3,7
Capa de Apoyo	Toba	Basalto	Eruptiv	Roca Sólida	Roca	Gravilla de Arena	Roca Sólida	Ceniza Vólacnica Sólida
Socavación	1	2	1	1	1	1	1	1
Comentario	Valle							

Ruta 2								
Puente No	9	10	11	12	13	14	15	16
Nombre del Rio	Rio Volcán	Rio Ceibo	Rio Curré	Rio Puerto Nuevo	Rio Zapote	Rio Terraba	Rio Caracol	Rio Nuevo
Longitud (m)	76,2	131,1	103,6	103,6	55,5	341,2	71,3	55,5
No. Tramos	3	5	4	5	3	7	3	3
Longitud de Tramos (MAX)	45,7	30,5	30,5	24,4	21,3	76,2	27,4	21,3
Longitud de Tramos (MIN)	12,2	15,2	21,3	15,2	17,1	27,4	21,9	17,1
Grado de Sesgo	-	-	-	12	30	-	0	30
Tipo de Pilas	Pared 4.3x0.85	Columna D=1.83m	Columna D=1.98m	Columna D=1.82m	Muro Marco Rigido	Oval 584x244	Pila circular hueca D=5.20m	Pared
Tipo de Pilas	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Pilote 0.36x0.36	Pilote
Profundidad de Cimientos	-1	3,9	2,4	1	1	2,3	2,4	2,2
Capa de Apoyo	Gravilla de Arcilla	Conglomerado	Arcilla	Basalto	Arcilla Suave Friable	Arenisca calcárea	Arcilla Arenoso	Arcilla Limosa
Socavación	1	1	1	1	1	1	5	5
Comentario								

Ruta 4 y 218					Ruta 32								
Puente No	17	18	19	29	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Nombre del Rio	Rio Chirripó	Rio San José	Rio Sarapiquí	Rio Torres	Rio Sucio	Rio Toro Amarillo	Rio Parismina	Rio Reventazon	Rio Pacuare	Rio Barbilla	Rio Chirripo	Rio Cuba	Rio Blanco
Longitud (m)	175,8	40,5	100,96	66,46	187,25	258,6	106	341,4	317,5	100	415,04	68,6	58,9
No. Tramos	3	2	3	3	2	4	3	5	10	3	7	3	3
Longitud de Tramos (MAX)	82,8	20	55	30	102	82,8	35	82,8	32,67	32,78	73,2	22	22
Longitud de Tramos (MIN)	46,5	20	22,28	17	55,25	46,5	35	46,5	17	32,78	15,86	22	17
Grado de Sesgo	-	20	-	30	-	40	0	10	(50)	(66)	-	(60)	(55)
Tipo de Pilas	Oval 520x200	Columna D=2.13m	Oval 300x100	Columna D=1.5m	Pila circular hueca D=5.20m	Oval 520x200	Pila Hueca D=2.0m	Oval 520x200	Pared	Pared	Oval 400x160	Muro Marco Rigido	Muro Marco Rigido
Tipo de Pilas	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Pilotes 12BP53	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Pilotes D=24"	Pilotes	Pilotes 17#8	Pilotes 0.36x0.36	Pilotes 0.36x0.36
Profundidad de Cimientos	20	2,3	4,5	1,5	14,5	8	7	10	2	2	7,5	1	1,5
Capa de Apoyo	GB	GB	Arena	Arena		GB	GB	GB	Arcilla Arenosa	depósito		Arena	Arena salina
Socavación	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	3
Comentario													

4) Volumen de Tráfico y Otros

La figura 8.3.5 muestra el volumen de tráfico para cada Ruta y cada puente. Aunque el volumen de tráfico es más de 20.000 en los alrededores de San José donde la distancia es de 30 km a 50 km desde el centro de la ciudad este decrece hasta 10.000 en otras áreas.

La Ruta 1 es la que posee más tráfico en Costa Rica. En promedio el volumen de tráfico de los 29 sitios estudiados es menor que 10.000 y el volumen de tráfico de las Rutas 2 y 4 es solo de 2.000.

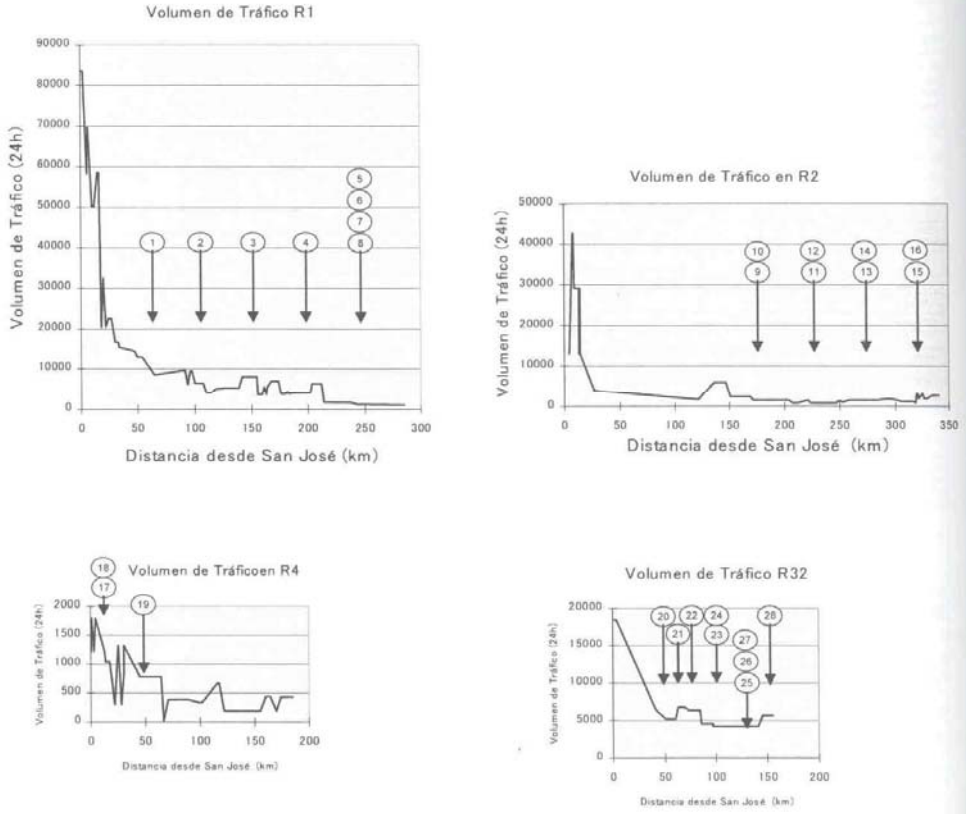


Figura 8.3.5. Volumen de Tráfico de los 29 Sitios Estudiados

CAPÍTULO 9 SELECCIÓN DE 10 PUENTES PARA REHABILITACIÓN

9.1 Introducción

Se seleccionaron 29 puentes para el estudio de rehabilitación en este proyecto y se llevó a cabo la inspección visual de dichos puentes. El reconocimiento del lugar, incluyendo la medida de la dimensión del puente y la investigación de la condición del sitio se realizó simultáneamente. Los daños en las partes del puente son inspeccionados y archivados para la evaluación de la deficiencia de los puentes. El alcance del proyecto establece que 10 de los 29 puentes estudiados sean seleccionados para un estudio detallado, con base en el cual se realizará la rehabilitación respectiva.

En este proceso de selección de los 10 puentes es necesario asignar pesos o importancias relativas a los diferentes tipos de daños y a los componentes o partes del puente para evaluar el grado de deterioro de las estructuras. El Proceso Jerárquico Analítico (PJA) es un método de soporte de decisión y se utiliza para la evaluación de las deficiencias del puente en este estudio. El PJA incorpora un criterio de evaluación tangible e intangible y proporciona un procedimiento basado en comparaciones que miden el criterio que se ha considerado.

El PJA es un conjunto de métodos que descompone un tema complejo en uno simple y ordena dichos componentes en una estructura jerárquica básica. Sin embargo, el método de peso, el componente del cual el PJA es parte, se utiliza para evaluar la deficiencia del puente, en este proyecto.

Se seleccionarán 10 puentes basándose en la evaluación de las deficiencias de los puentes.

9.2 Método de Evaluación de la Deficiencia de Puentes

9.2.1 Formato Para la Inspección de los Puentes

El tipo de daño en las partes del puente y la sección que se compone de dichas partes están en una lista en la hoja de inspección de puentes del estudio de campo, como lo muestra la tabla 9.2.1. Los daños de los puentes son inspeccionados a través del estudio de campo en la hoja se inspección y los grados de los daños son archivados por el grupo de estudio e ingenieros de Costa Rica. La evaluación en la deficiencia de los puentes se ha realizado con base en la hoja de inspección.

Las definiciones en el grado de los daños de la estructura son las siguientes:

1. No se observan daños.
2. Se observan daños leves.
3. Se observan daños esenciales.
4. Se observan daños demostrados y se necesita una inspección más detallada.
5. Se observan daños extremos y se necesita la reparación urgente.

Tabla 9.2.1. Formato de la Inspección de los Puentes

1. PAVIMENTO	ITEM	1. ONDULACIÓN	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES		
	EVALUACIÓN						
2. BARANDA (ACERO)	ITEM	1. DEFORMACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. CORROSIÓN	4. FALTANTE		
	EVALUACIÓN						
3. BARANDA (CONCRETO)	ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	3. FALTANTE			
	EVALUACIÓN						
4. JUNTA DE EXPANSIÓN	ITEM	1. SONIDO EXTRAÑO	2. FILTRACIÓN DE AGUAS	3. FALTANTE O DEFORMACIÓN	4. MOVIMIENTO VERTICAL	5. JUNTAS OBSTRUÍDAS	6. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO
	EVALUACIÓN						
5. LOSA	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
	ITEM	7. SOBRECAPAS DE ASFALTO	8. AGUJEROS				
	EVALUACIÓN						
6. SIST. ARRIOS-TRAMIENTO	ITEM	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. ROTURA DE UNIONES	5. ROTURA EN ELEMENTOS	
	EVALUACIÓN						
7. VIGA PRINCIPAL DE ACERO	ITEM	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. PÉRDIDA DE PERNOS	5. GRIETAS EN SOLDADURA O PLACAS	
	EVALUACIÓN						
8. VIGA DIAFRAGMA CONCRETO	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
9. VIGA PRINCIPAL CONCRETO	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
10. APOYOS	ITEM	1. ROTURA DE APOYOS	2. DEFORMACIÓN EXTRAÑA	3. REQUIERE LIMPIEZA			
	EVALUACIÓN						
11. PARED CABEZAL Y ALEATONES (BASTIÓN)	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
12. CUERPO PRINCIPAL (BASTIÓN)	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
	ITEM	7. DERRUMBE DE TALUD	8. INCLINACIÓN	9. SOCAVACIÓN			
	EVALUACIÓN						
13. VIGA (PILA)	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
14. CUERPO PRINCIPAL (PILA)	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
	ITEM	7. INCLINACIÓN	8. SOCAVACIÓN				
	EVALUACIÓN						
15. PINTURA	ITEM	1. DECOLORACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. AMPOLLAS	4. DESCASCARAMIENTO		
	EVALUACIÓN						

9.2.2 Etapas Para la Evaluación de la Deficiencia en Puentes

La evaluación de las deficiencias en los puentes se realiza de acuerdo a las siguientes etapas:

Etapa 1: Poner en una lista las partes del puente que lo componen en su totalidad y determinar las secciones de dichas partes, las cuales son importantes miembros de puente, tales como la superestructura y la subestructura.

Etapa 2: Establecer toda la jerarquía de los componentes del puente para su evaluación.

Etapa 3: Determinar el peso del daño de cada parte de la Jerarquía 3 del puente.

Esto son los pasos para determinar el peso:

1. Definir el tipo de daño en las partes del puente.
2. Construir una serie de matrices de comparaciones para cada tipo de daño.
3. Los daños de cada puente se comparan y se evalúan para completar la matriz de comparación, utilizando la escala de importancia relativa.
4. Debe construirse la matriz de comparación.
5. Multiplicar cada elemento de cada hilera de la matriz y obtener el número de la raíz en los componentes de los vectores donde están los números de los elementos.
6. La lista de números obtenidos se normaliza como unidad del peso de los daños dividendo cada componente entre la suma de todos los demás componentes.

Etapa 4: El peso de cada parte, que se define como la parte del miembro mayor del puente en la Jerarquía 2, se determina por el mismo procedimiento en la Jerarquía 3.

Etapa 5: El peso de las partes mayores del puente en la Jerarquía 1 se determina por el mismo procedimiento.

Etapa 6: El grado de daño se multiplica por el peso del daño en la Jerarquía 3.

Etapa 7: Cada nivel más bajo del peso se multiplica por el peso para obtener la proporción de la deficiencia total del puente.

9.2.3 Jerarquía completa de los Componentes del Puente

La jerarquía completa de los componentes para la evaluación de las deficiencias de los puentes se muestra en la figura 8.2.1.

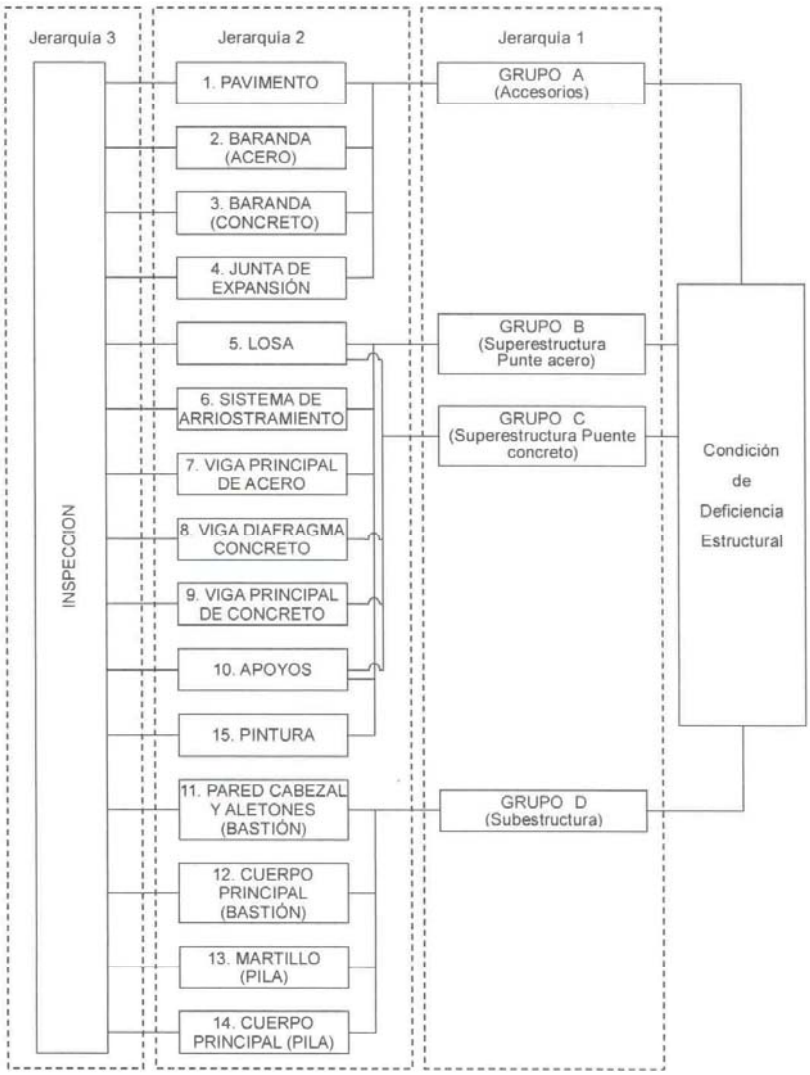


Figura 9.2.1. Jerarquías de los Componentes del Puente

9.2.4 Evaluación de las Deficiencias del Puente

1) Componente del Puente

El componente del puente que se utiliza para la evaluación de las deficiencias debe ser consistente con el contenido de la hoja de inspección porque los resultados de dicha inspección serán la información básica para la evaluación.

2) Determinación del Peso por Daño en la Jerarquía 3

(1) Tipo de Daño en las Partes del Puente

Los tipos de daños son diferentes y se deben definir en cada parte del puente. Los tipos de daños se definen en la hoja de inspección.

(2) Escala de la Importancia Relativa

El peso de cada tipo de daño se determinará, comparará y evaluará utilizando a la escala de importancia relativa que muestra la tabla 9.2.2.

Tabla 9.2.2. Escala de la Importancia Relativa

Intensidad de la importancia relativa	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo.
3	Moderada importancia de uno sobre otro	La experiencia y la opinión favorecen levemente una actividad sobre otra.
5	Importancia esencial o fuerte	La experiencia y la opinión favorecen levemente una actividad sobre otra.
7	Importancia demostrada	Una actividad es fuertemente favorecida y su dominio se demuestra en la práctica.
9	Importancia extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre otra es la afirmación más posible.
2, 4, 6, 8	Los valores intermedios entre las dos opiniones adyacentes	Cuando se necesite un compromiso.
Cantidad de los números anteriores menos el cero	Si una actividad tiene uno de los números anteriores (ej. 3) comparada con una segunda actividad, la segunda actividad tiene un valor recíproco (ej. 1/3) cuando se compara con el primero.	

(3) Cálculo del Peso por Daños

La matriz de comparación debe construirse con anterioridad como preparación para el cálculo. Cada elemento de cada hilera de la matriz debe multiplicarse y el número de la raíz se obtiene como el componente del vector propio donde está el número de los elementos. La lista obtenida de los números es normalizada como la unidad de peso del daño, dividiendo cada componente entre la suma de todos los componentes. El método de cálculo de los daños mencionado anteriormente se ilustra en la tabla 9.2.3. El cálculo del peso del pavimento y la barandilla se muestran en las tablas 9.2.4 y 9.2.5.

Tabla 9.2.3. Cálculo del Método de Peso

	La matriz				Componentes del vector propio	Vector de prioridades
	A_1	A_2	A_3	A_4		
A_1	$\frac{W_1}{W_1}$	$\frac{W_1}{W_2}$	$\frac{W_1}{W_3}$	$\frac{W_1}{W_4}$	$\sqrt[4]{\frac{W_1}{W_1}*\frac{W_1}{W_2}*\frac{W_1}{W_3}*\frac{W_1}{W_4}}=a$	$\frac{a}{Total}=X_1$
A_2	$\frac{W_2}{W_1}$	$\frac{W_2}{W_2}$	$\frac{W_2}{W_3}$	$\frac{W_2}{W_4}$	$\sqrt[4]{\frac{W_2}{W_1}*\frac{W_2}{W_2}*\frac{W_2}{W_3}*\frac{W_2}{W_4}}=b$	$\frac{b}{Total}=X_2$
A_3	$\frac{W_3}{W_1}$	$\frac{W_3}{W_2}$	$\frac{W_3}{W_3}$	$\frac{W_3}{W_4}$	$\sqrt[4]{\frac{W_3}{W_1}*\frac{W_3}{W_2}*\frac{W_3}{W_3}*\frac{W_3}{W_4}}=c$	$\frac{c}{Total}=X_3$
A_4	$\frac{W_4}{W_1}$	$\frac{W_4}{W_2}$	$\frac{W_4}{W_3}$	$\frac{W_4}{W_4}$	$\sqrt[4]{\frac{W_4}{W_1}*\frac{W_4}{W_2}*\frac{W_4}{W_3}*\frac{W_4}{W_4}}=d$	$\frac{d}{Total}=X_4$

Nota: "X_1, X_2, X_3, X_4" son el peso de "A_1, A_2, A_3, A_4" respectivamente.

Tabla 9.2.4. Pesos del Daño del Pavimento

ITEM	1.	2.	3.	4.	Vector propio	Peso
1. ONDULACIÓN	1	4	1	1/5	0.946	0.161
2. ZURCOS	1/4	1	1/5	1/7	0.291	0.049
3. AGRIETAMIENTO	1	5	1	1/5	1.000	0.170
4. BACHES	5	7	5	1	3.637	0.619
	7.250	17.000	7.200	1.543	5.874	1.000

Tabla 9.2.5. Peso del Daño por Barrera

ITEM	1.	2.	3.	4.	Vector propio	Peso
1. DEFORMACIÓN	1	7	1/3	1/9	0.714	0.100
2. OXIDACIÓN	1/7	1	1/7	1/9	0.218	0.031
3. CORROSIÓN	3	7	1	1/7	1.316	0.185
4. FALTANTE	9	9	7	1	4.880	0.685
	13.143	24.000	8.476	1.365	7.128	1.000

(4) El peso de las Partes del Puente

El peso de las mayores partes del puente en la Jerarquía 2 se define con el mismo procedimiento en la Jerarquía 3. El peso de las partes en el grupo de accesorios del puente se muestra en la tabla 9.2.6. El peso de las partes del puente en el grupo de la superestructura del puente de acero se muestra en la tabla 9.2.7

Tabla 9.2.6. Peso de las Partes en el Grupo de Accesorios

ITEM	1.	2.	3.	Vector propio	Peso
1. PAVIMENTO	1	1/9	5	0.822	0.151
2. BARANDA	9	1	9	4.327	0.797
3. JUNTA DE EXPANSIÓN	1/5	1/9	1	0.281	0.052
	10.200	1.222	15.000	5.430	1.000

Tabla 9.2.7. Peso de las Partes en el Grupo de la Superestructura del Puente de Acero

ITEM	1.	2.	3.	4.	5.	Vector propio	Peso
1. LOSA	1	3	1/3	5	7	2.036	0.264
2. SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	1/3	1	1/5	3	5	1.000	0.130
3. VIGA PRINCIPAL DE ACERO	3	5	1	7	9	3.936	0.510
4. APOYOS	1/5	1/3	1/7	1	3	0.491	0.064
5. PINTURA	1/7	1/5	1/9	1/3	1	0.254	0.033
	4.676	9.533	1.787	16.333	25.000	7.718	1.000

(5) El Peso de los Componentes del Puente

El peso del componente mayor del puente, como la superestructura y la subestructura, debe calcularse utilizando el método de las Jerarquías 2 y 3. Los pesos del componente mayor son calculados como lo muestra la tabla 9.2.8.

Tabla 9.2.8. Peso del Componente del Puente

ITEM	1.	2.	3.	Vector propio	Peso
1. ACCESORIOS	1	1/7	1/9	0.251	0.055
2. SUPERESTRUCTURA	7	1	1/3	1.326	0.290
3. SUBESTRUCTURA	9	3	1	3.000	0.655
	17.000	4.143	1.444	4.578	1.000

3) Evaluación de la Proporción Total de la Deficiencia en los Puentes

(1) Etapa 1

La proporción de la deficiencia en la etapa 1 se obtiene al multiplicar los pesos de cada tipo de daño con el grado de daño de la inspección.

$$D_{3j} = \sum(W_i \times E_i)$$

donde:

D_{3j} : Los resultados del cálculo de las partes del puente en la Jerarquía 2
W_i : El peso del daño en la Jerarquía 3
E_i : El grado del daño correspondiente al tipo de daño

(2) Etapa 2

La proporción de la deficiencia en la etapa 2 se obtiene de multiplicar el peso de las partes del puente en la Jerarquía 2 con los resultados de la etapa 1.

$$D_{2k} = \sum W_2 \times D_{3jnde}$$

donde:

D_{2k} : Los resultados del cálculo de cada parte de los componentes del puente en la Jerarquía 1
W_2 : El peso de las partes en la Jerarquía 2
D_{3j} : Los resultados del cálculo en la Etapa 3
J : El número de las partes del puente en el grupo de los componentes del puente

(3) Etapa 3

La proporción de la deficiencia total del puente se obtiene por medio del siguiente cálculo:

$$D_{total} = \sum (W_1 \times D_{2k})$$

donde:

D_{total} : La deficiencia total del puente
W_1 : El peso del componente del puente en la Jerarquía 1
D_{2k} : Los resultados del cálculo en la Etapa 2
K : El número de los componentes del puente

9.3 Resultados del Cálculo

9.3.1 Peso de la Evaluación de los Ítems

El peso del daño de las partes del puente, las partes del puente y el componente mayor del puente de acero se ponen en una lista en la tabla 9.3.1 y estos aspectos relacionados con un puente de concreto se presentan en la tabla 9.3.2. El peso de la baranda deberá ser seleccionado dependiendo del tipo de material.

Tabla 9.3.1. Peso de los Ítems de Evaluación Para un Puente de Acero

PARTE DEL PUENTE	PARTE DEL DAÑO	TIPO DE DAÑO & EVALUACIÓN DEL GRADO DE DAÑO					
ACCESORIOS	1. PAVIMENTO	1. ONDULACIÓN	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES		
	0.151	0.161	0.049	0.170	0.619		
	2. BARANDA (ACERO)	1. DEFORMACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. CORROSIÓN	4. FALTANTE		
	0.797	0.100	0.031	0.185	0.685		
	3. BARANDA (CONCRETO)	1. AGRIETAMIENTO	2. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	3. FALTANTE			
	(0.797)	(0.058)	(0.207)	(0.735)			
	4. JUNTAS DE EXPANSION	1. SONIDO EXTRAÑO	2. FILTRACIÓN DE AGUAS	3. FALTANTE O DEFORMACIÓN	4. MOVIMIENTO VERTICAL	5 JUNTAS OBSTRUÍDAS	6. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO
0.055	0.052	0.042	0.077	0.499	0.178	0.020	0.183
SUPER ESTRUCTURA DE ACERO	5. LOSA	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
		0.049	0.107	0.072	0.232	0.019	0.159
		7. SOBRECAPAS DE ASFALTO	8. AGUJEROS				
	0.264	0.034	0.328				
	6. SIST. ARRIOS-TRAMIENTO	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. ROTURA DE UNIONES	5. ROTURA EN ELEMENTOS	
	0.130	0.032	0.121	0.061	0.320	0.466	
	7. VIGA PRINCIPAL DE ACERO	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. PÉRDIDA DE PERNOS	5. GRIETAS EN SOLDADURA O PLACAS	
	0.510	0.029	0.085	0.279	0.179	0.428	
	10. APOYOS	1. ROTURA DE APOYOS	2. DEFORMACIÓN EXTRAÑA	3. REQUIERE LIMPIEZA			
	0.064	0.649	0.279	0.072			
	15. PINTURA	1. DECOLORACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. AMPOLLAS	4. DESCASCARAMIENTO		
0.290	0.033	0.055	0.564	0.118	0.263		
SUB-ESTRUCTURA	11. PARED CABEZAL Y ALEATONES (BASTIOÒN)	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	0.036	0.067	0.162	0.103	0.381	0.034	0.253
	12. CUERPO PPRINCIPAL (BASTIÓN)	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
		0.030	0.047	0.030	0.155	0.030	0.106
		7. DERRUMBE DE TALUD	8. INCLINACIÓN	9. SOCAVACIÓN			
	0.400	0.071	0.309	0.222			
	13. VIGA (PILA)	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	0.165	0.147	0.147	0.064	0.369	0.033	0.240
	14. CUERPO PRINCIPAL (PILA)	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
		0.033	0.072	0.033	0.160	0.033	0.108
		7. INCLINACIÓN	8. SOCAVACIÓN				
0.655	0.400	0.329	0.233				

Tabla 9.3.2. Peso de los Ítems de Evaluación Para un Puente de Concreto

PARTE DEL PUENTE	PARTE DEL DAÑO	TIPO DE DAÑO & EVALUACIÓN DEL GRADO DE DAÑO					
ACCESORIOS	1. PAVIMENTO	1. ONDULACIÓN	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES		
	0.151	0.161	0.049	0.170	0.619		
	2. BARANDA (ACERO)	1. DEFORMACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. CORROSIÓN	4. FALTANTE		
	0.797	0.100	0.031	0.185	0.685		
	3. BARANDA (CONCRETO)	1. AGRIETAMIENTO	2. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	3. FALTANTE			
	(0.797)	(0.058)	(0.207)	(0.735)			
	4. JUNTAS DE EXPANSION	1. SONIDO EXTRAÑO	2. FILTRACIÓN DE AGUAS	3. FALTANTE O DEFORMACIÓN	4. MOVIMIENTO VERTICAL	5. JUNTAS OBSTRUIDAS	6. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO
0.055	0.052	0.042	0.077	0.499	0.178	0.020	0.183
SUPER ESTRUCTURA DE CONCERTO	5. LOSA	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
		0.049	0.107	0.072	0.232	0.019	0.159
		7. SOBRECAPAS DE ASFALTO	8. AGUJEROS				
	0.270	0.034	0.328				
	8. VIGA DIAFRAGMA CONCERTO	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	0.126	0.067	0.162	0.103	0.381	0.034	0.253
	9. VIGA PRINCIPAL CONCRETO	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	0.565	0.067	0.162	0.103	0.381	0.034	0.253
	10. APOYOS	1. ROTURA DE APOYOS	2. DEFORMACIÓN EXTRAÑA	3. REQUIERE LIMPIEZA			
0.290	0.039	0.649	0.279	0.072			
SUB-ESTRUCTURA	11. PARED CABEZAL Y ALEATONES (BASTIOÓN)	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	0.036	0.067	0.162	0.103	0.381	0.034	0.253
	12. CUERPO PPRINCIPAL (BASTIÓN)	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
		0.030	0.047	0.030	0.155	0.030	0.106
		7. DERRUMBE DE TALUD	8. INCLINACIÓN	9. SOCAVACIÓN			
	0.400	0.071	0.309	0.222			
	13. VIGA (PILA)	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	0.165	0.147	0.147	0.064	0.369	0.033	0.240
	14. CUERPO PRINCIPAL (PILA)	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
		0.033	0.072	0.033	0.160	0.033	0.108
		7. INCLINACIÓN	8. SOCAVACIÓN				
0.655	0.400	0.329	0.233				

9.3.2 Resumen de la Taza de Deficiencia de los 29 Puentes

El resultado del cálculo de la deficiencia de los 29 puentes se resume en la tabla 9.3.3. Los puentes código No. 6, 9, 12, 14, y 26 consisten en varios tipos de superestructura. Para estos puentes, los suscritos "(1/2)" o "(2/2)" son agregados después del nombre del puente y se refieren al número de superestructura evaluada. Los tipos de materiales (acero o concreto) de la superestructura son los mismos, excepto por el Puente código No. 12 Puente Río Puerto. Varios valores de prioridad son calculados para estos puentes dependiendo del número de superestructuras que posean. La siguiente tabla presenta las prioridades obtenidas utilizadas para la selección de los 10 puentes.

Tabla 9.3.3. Taza de Deficiencia de los 29 Puentes

No.	Nombre del puente	Código del puente	Número de ruta	Km.	Tipo	Accesorios	Super estructura	Sub estructura	Prioridad (puente)
1	Río Blanco	28	32	146,185	concreto	1,574	1,286	2,319	1,978
2	Río Cuba	27	32	134,895	concreto	1,373	1,252	2,028	1,767
3	Río Nuevo	16	2	327,245	concreto	1,013	1,015	1,639	1,424
4	Río Chirripó	17	4	0,450	concreto	1,184	1,031	1,531	1,367
5	Río Caracol	15	2	323,335	acero	1,108	1,117	1,490	1,361
6	Río Puerto Nuevo (1/2)	12	2	234,400	concreto	1,038	1,009	1,469	1,312
7	Río Sucio	20	32	39,775	concreto	1,179	1,483	1,248	1,312
8	Río Toro Amarillo	21	32	59,650	concreto	1,868	1,287	1,248	1,293
9	Río San José	18	4	4,083	concreto	1,012	1,022	1,406	1,273
10	Río Chirripó (1/2)	26	32	126,220	acero	1,086	1,900	1,000	1,265
11	Río Sarapiquí	19	4	30,810	acero	1,639	1,304	1,210	1,261
12	Río Reventazón	23	32	95,050	concreto	1,770	1,008	1,235	1,198
13	Río Abangares	3	1	143,335	acero	1,180	1,535	1,028	1,184
14	Río Aranjuez	2	1	87,780	acero	1,582	1,231	1,122	1,178
15	Río Pacuare	24	32	100,400	concreto	1,624	1,042	1,182	1,166
16	Río Tempisquito	8	1	240,225	acero	1,346	1,219	1,117	1,159
17	Río Piedras	4	1	189,831	concreto	1,059	1,215	1,130	1,151
18	Río Zapote	13	2	248,400	concreto	1,010	1,015	1,202	1,138
19	Río Azufrado	7	1	239,845	concreto	1,942	1,286	1,000	1,135
20	Río Parismina	22	32	78,710	concreto	1,016	1,095	1,146	1,124
21	Río Curré	11	2	229,385	acero	1,008	1,009	1,178	1,119
22	Río Ahogados 1954 (1/2)	9	2	181,820	concreto	1,038	1,065	1,146	1,117
23	Río Volcán (1/2)	26	32	126,220	acero	1,086	1,331	1,021	1,114
24	Río Torres	29	218	146,185	concreto	1,630	1,006	1,093	1,097
25	Río Puerto Nuevo (2/2)	12	2	234,400	concreto	1,038	1,006	1,117	1,081
26	Río Colorado (ver dibujo)	1	1	36,605	concreto	1,166	1,173	1,026	1,077
27	Río Ceibo	10	2	189,150	acero	1,050	1,115	1,057	1,073
28	Río Ahogados 1954 (2/2)	6	1	232,510	acero	1,135	1,216	1,000	1,070
29	Río Térraba (2/2)	14	2	256,110	acero	1,115	1,212	1,000	1,068

9.4 Selección de 10 Puentes Para un Estudio Posterior en Detalle

Se seleccionaron 10 puentes con base en el deterioro del puente y en otros factores que tienen que ver con el mantenimiento del mismo. El objetivo de la inspección es mejorar la capacidad en la habilidad del mantenimiento de los puentes en Costa Rica. De esta forma, la selección de los 10 puentes para el estudio detallado de rehablitación se llevó a cabo de acuerdo con los siguientes criterios:

1. Diferentes tipos de métodos de rehabilitación.
2. Presentan un daño típico en Costa Rica.
3. Se ubican en la carretera de prioridad alta.
4. Deben tener diferentes tipos de puentes.
5. Deberían tener una prioridad alta de reparación.

Los puentes seleccionados se muestran en la tabla 9.4.1.

Tabla 9.4.1. Puentes Seleccionados Para Estudios de Rehabilitación Posteriores

Punto de vista de la selección	Código del puente	Nombre del puente	Tipo de puente	Razón para la selección
Daño de la losa	2	Río Aranjuez	Cercha Continua de Acero	1, 2, 5
	3	Río Abangares	Cercha Simple de Acero	1, 2, 5
Socavación	16	Río Nuevo	Viga de Arriostramiento Continua RC	1, 2, 5
A prueba de temblores	12	Río Puerto Nuevo	Viga I- Simple de Acero	1, 2, 5
	19	Río Sarapiquí	Viga I- Simple de Acero	1, 2, 5
	26	Río Chirripó	Viga I- Simple de Acero	1, 2, 5
	29	Rio Torres	Viga Simple PC	1, 2, 3, 5,
Deformación anormal de la viga	17	Río Chirripó	Viga Tubular Continua PC	1, 2, 5
	20	Río Sucio	Viga Tubular Continua PC	1, 2, 5
Otro tipo	7	Río Azufrado	Estructura Rígida RC	1, 4, 5

Los daños de los bastiones de los Puentes No.28 y No.27 son los más serios. Se espera que la reconstrucción de estos puentes sea más barata que la reparación en su costa local, Así que, estos puentes no fueron seleccionados para los 10 Puentes a los que se les realizará un estudio detallado en este proyecto.

CAPÍTULO 10 PLAN PARA REHABILITACIÓN, REFUERZO Y MEJORA DE LOS 10 PUENTES SELECCIONADOS

10.1 Identificación del Deterioro en los 10 Puentes

En este estudio, la inspección detallada se ha llevado a cabo bajo dos (2) prácticas técnicas. Una de ellas es la inspección visual en los sitios utilizando las herramientas/instrumentos de inspección. Esto es para evaluar las causas exactas de la ruptura/transformación y realizar un plan de métodos de reparación/refuerzo. La otra es el análisis estructural para evaluar la estabilidad o la capacidad de carga de cada miembro estructural de acuerdo con los estándares presentes en Costa Rica.

La Figura 10.1.1 ilustra el ciclo de trabajo para la inspección y la reparación/refuerzo del puente. Este capítulo está enfocado en la Inspección Detallada y la Selección del Método de reparación/Refuerzo, los cuales son resaltados con color gris en la Figura 10.1.1

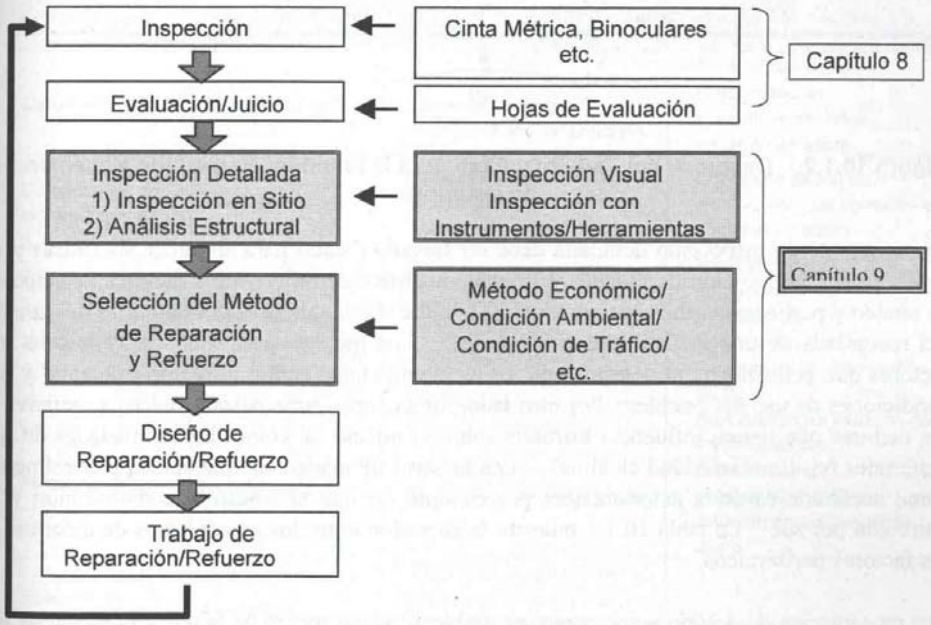


Figura 10.1.1. Proceso de Inspección y Trabajos de Reparación/Refuerzo

10.1.1 Metodología para Identificar los Mecanismos de Deterioración

Cuando se observa cualquier transformación de la estructura de las condiciones originales durante la inspección detallada, esta es una clave para examinar la deterioración del puente. Esta inspección puede permitir encontrar anormalidades e identificar el tipo, el tamaño y la localización exacta de la transformación. La figura 10.1.2 muestra el trabajo y el flujo para la identificación del mecanismo de deterioro.

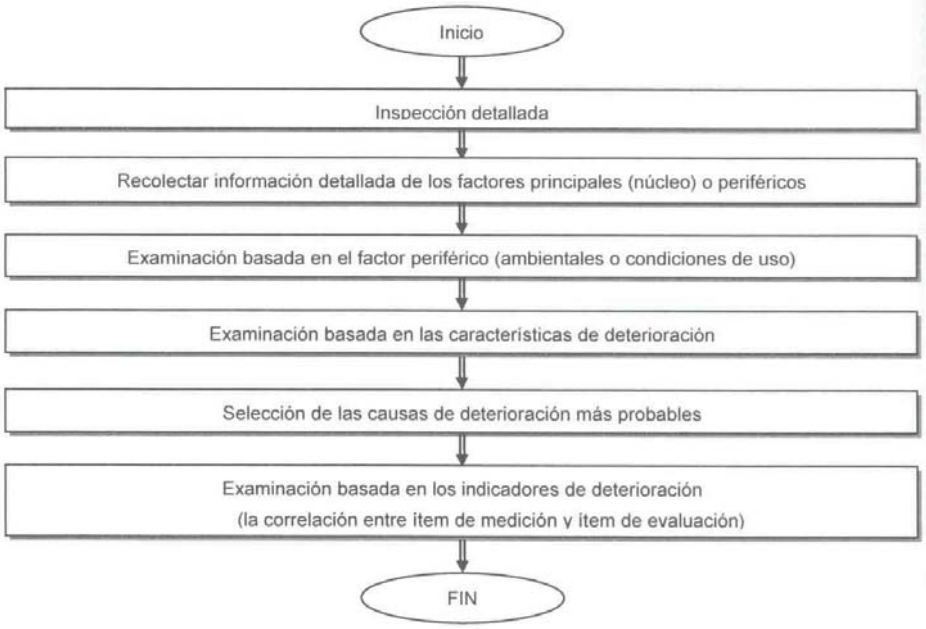


Figura 10.1.2. Desglose del Trabajo y Flujo para la Identificación de los Mecanismos de Deterioro

Primeramente, la inspección detallada debe ser llevada a cabo para aprender las causas y el grado de la deterioración de puentes. El detalle analítico se refiere a los factores principales de núcleo y periféricos, estos permiten que la evaluación cuantitativa del deterioro del puente sea recopilada de una manera más consecuente. Los factores periféricos se refieren a los factores que contribuyen al deterioro de los elementos tales como, el factor ambiental y las condiciones de uso del puente. Por otro lado, los factores principales (núcleo) se refieren a los factores que tienen influencia primaria sobre el mismo tal como, las propiedades de los materiales (ej. La reactividad alcalina). Los factores de núcleo son conocidos generalmente como aceleradores de la deterioración, por ejemplo los que provocan la carbonatación y la corrosión por sal. La tabla 10.1.1 muestra la conexión entre los mecanismos de deterioro y los factores perifércicos.

Los mecanismos de deterioración serán preestablecidos por medio de la reexaminación de los factores perimetrales y las características de deterioración.

Las causas más probables de deterioración son seleccionadas por medio de la evaluación y la relación entre los factores periféricos y las características estructurales donde se observa transformación. A través de la reexaminación de las causas de deterioración seleccionadas, se podrá habilitar un criterio ingenieril para predecir los mecanismos de deterioración con exactitud.

La tabla 10.1.2 muestra la correlación entre los mecanismos, factores, indicadores y las características de deterioro estructural.

Tabla 10.1.1. Conexión Entre Mecanismos de Deterioración y el Factor Perimetral

Factor perimetral		Mecanismo de deterioración Supuesto
Condiciones Ambientales	Áreas costeras	corrosión por sal
	Áreas frias	Daño por congelación corrosión por sal (por agentes anticongelantes)
	Áreas Volcánicas	Ataque Químico
Condiciones de Operación	Repetición de húmedo y seco	Reacción de agregados alcalinos, corrosión por sal, daño por congelación
	Cargas repetitivas	Fatiga
	Dióxido de carbono	Carbonatación
	Lluvia o aguas acidas	Carbonatación, ataque químicos

Tabla 10.1.2. Mecanismos Relativos de Factores de Deterioración, Indicadores y Características de Deterioración

Mecanismo	Factor	características de deterioración	Induce a la deterioración
Carbonatación	Dióxido de Carbono	- Agrietamiento en dirección al eje del refuerzo - De laminación del concreto	- Profundidad de la Carbonatación - Área de corrosión o volumen de acero
Deterioración de cloruro inducida	Iones de Cloruro	- Agrietamiento en dirección al acero del refuerzo - Oxidación	- Contenido de Ion de cloruro, Área de corrosión o volumen de acero
Daño por congelación	congelación y acción del deshielo	- Grietas finas, descascaramiento, Burbujas, Deformación	- Profundidad de deterioración por congelación - Volumen Corroído o volumen de las barras de acero
Ataque Químico	Materiales Ácidos Iones sulfatos	- Decoloración - De laminación del concreto	- Profundidad de intrusión de los factores de deterioración, - Volumen Corroído o volumen de las barras de acero
Reacción de agregados alcalinos	Agregados Reactivos	- Expansión de grietas en direcciones restringidas - Agrietamiento distribuido - Gel Blanco - Decoloración	Expansión (Agrietamiento)
Fatiga en la losa CR	Trafico de vehículos largos (en exceso de la carga diseñada)	- Agrietamiento laminado, desintegración de esquinas, eflorescencia	- Densidad de Grietas - Deflexión
Fatiga en la viga CR	Cargas Repetitivas	- Agrietamiento y ruptura de tensión de acero	- Daño acumulado, longitud de grietas en las barras de acero

10.1.2 Tipos y Causas de Deterioración

Esta sección muestra los tipos y causas de deterioración en estructuras de concreto y estructuras de acero.

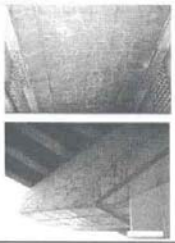
En general, hay dos (2) causas del progreso de la deterioración, la primera es un factor simple de deterioración, el otro caso es el de factores múltiples causantes de deterioración. Más aun, hay que notar que cada factor simple puede estar ligado mutuamente con los otros. Por consiguiente, es requerido que los ingenieros entiendan en su totalidad los sistemas de deterioración y la correlación entre los efectos de deterioración y las causas. Es también esencial, que en la etapa de inspección, los ingenieros traten de predecir las causas directas que producen cada deterioración con el fin de generar un diagnostico apropiado a las condiciones del puente. En este estudio, se tomaron los ejemplos más comunes y típicos en Costa Rica para examinar los mecanismos de deterioración asegurándose de que las fuentes de información fueran ingenieros.

En la siguiente parte, el tipo y causas de deterioración, que dan explicaciones técnicas del sistema de ocurrencia, son mostrados para cada miembro de concreto y acero respectivamente.

1) Tipos y Causas de Deterioración del Concreto

La siguiente tabla muestra los tipos generales de deterioración del concreto con la descripción del fenómeno y fotos.

Tabla 10.1.3. Tipos Generales de la Deterioración del Concreto

Tipo de Deterioración	Foto	Fenómeno / Causas
Grieta		- Es la deterioración mas popular en los miembros de concreto - Ocurre por 6 causas, ➢ Fuerza-Extra: Carga Repetitiva ➢ Efectos Ambientales: Efectos de Sal ➢ Degradación de Materiales: reacciones alcalinos-silicatos, Neutralización ➢ Cambio de Volúmenes: Calor Expansión, Seco Contrae ➢ Defectos constructivos ➢ características Estructurales y Diseños defectuosos - Si esto se observa, el ingeniero debe reconocer que la estructura tiene algún daño y deterioración en el miembro de concreto.
Separación Acero Expuesto		- Las caídas se convierten en peligro para terceras personas. - Esto ocurre por las siguientes causas ➢ corrosión y Expansión de las barras de acero ➢ Poco espesor de recubrimiento - Esto afecta de fatal manera a la estructura porque ocasiona la reducción del área de sección transversal efectiva.
Desprendimi-ento		- Ocurre principalmente en las losas con problemas de eflorescencia. - Antes de que se desarrolle, hay dos pasos; ➢ Grietas en una dirección causadas por contracciones ➢ Luego, grietas en red causadas por cargas repetitivas - Se sufre una gran pérdida en la seguridad del tráfico si no se rehabilita urgentemente.
Eflorescencia Filtraciones de agua		- Es el resultado de la reacción entre los limos del concreto y el agua filtrada en las grietas. - Afecta de manera que decae la resistencia del concreto y la promoción de reacciones alcalino-silicato.

Esos fenómenos ocurren por sistemas de deterioración los cuales son mostrados en la

siguiente tabla.

Tabla 10.1.4. Sistemas de Deterioración de los Miembros de Concreto

Causa de deterioración	Sistema de Deterioración
Carbonatación	- En la reacción química que el $CaCO_3$ es generado por Ca(OH) y gases de acido carbónico en la atmósfera, el $Ca(OH)_2$ en el concreto es consumido como pH: potencial de hidrogeno se disminuye hasta neutralizarse. - La neutralización no afecta el concreto pero si las capas de recubrimiento del acero de refuerzo, tienden a destruirse y el acero comienza a corroerse. - La corrosión en las barras de acero afecta su expansión y el desarrollo de grietas y separación del concreto.
Corrosión por sal	- Ion de cloruro afecta al acero hasta corroer, por lo que afecta la expansión de las barras y el desarrollo de las grietas , separación del concreto y reducción del área de sección transversal - El Ion cloruro es proveído por el mismo concreto de sus restos de producción, y por el ambiente extra como el viento del océano.
Reacción Alcalino-Silicato	- Un Gel Alcalino-Silicato se desarrolla con Na_2O o K_2O en el concreto y su reacción de agregados. - Este gel es fácil de expandir por el agua absorbida lo que afecta a las grietas
Defectos Iniciales	- Este es el sistema de deterioración por disminución de resistencia contra el cambio de fuerza externa (ej. Sobre carga, cargas repetitivas) y poco recubrimiento debido a la pobre calidad de construcción. - Esto también ocurre por la disminución del área de sección transversal cuando se presenta el deterioro de separación y el desprendimiento causado por varios sistemas como la neutralización, la corrosión por sal y la reacción alcalino-silicato.

Esos sistemas de deterioración están diagramados en la figura siguiente. Exiten dos tipos de sistemas de deterioración. Uno de los tipos es la deterioración del acero o del concreto en las estructuras causados por las condiciones ambientales o los materiales. Uno es la deterioración del concreto o elementos de acero desarrollado desde la superficie del concreto como la carbonatación y la corrosión por sal, en donde las reacciones de agregados alcalinos desarrolla el deterioro desde el interior del concreto. Estos sistemas de deterioración básicamente inician después de la culminación de la construcción. El rango de desarrollo de la deterioración dependerá de la situación en que se encuentran como las condiciones ambientales y los tipos de materiales. Otro sistema de deterioración es la insuficiente resistencia inicial causada por las condiciones de diseño cuando no se toma en cuenta el incremento de carga o las cargas repetitivas como un aumento inesperado en el volumen de trafico. Y el recubrimiento causado por defectos en la calidad constructiva como la reducción del recubrimiento de concreto.

En ambos tipos, la primera etapa de la deterioración comienza con grietas, y en la etapa final termina con desprendimientos del concreto. Hay que notar que los desprendimientos causan la reducción del área de sección transversal induciendo al desarrollo de deterioraciones.

Cuando con la inspección se detectan deterioraciones como resultado de la etapa de rutina, ingenieros/inspectores, deben analizar el sistema de deterioración y tratar de predecir cual es la causa directa de la deterioración.

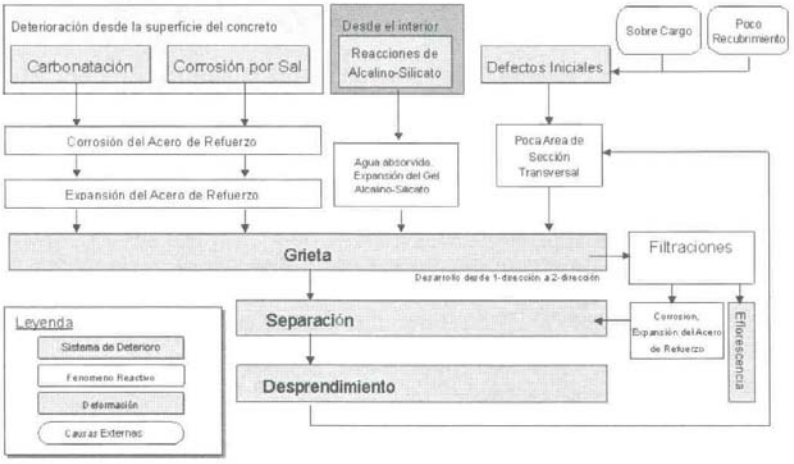


Figura 10.1.3. Cuadro de Sistema de Deterioración para Miembros de Concreto

2) Tipos y Causas de la deterioración del Acero

Los tipos de deterioración de los miembros de acero son,

- Corrosión,
- Fatiga,
- Transformaciones causadas por fricción o solturas,
- Falla retrazada de Pernos de Alta tensión (PAT),
- Daños causados por desastres (desastres naturales o errores humanos).

Estos deterioros, corrosión, fatiga y desastres naturales están enfocados particularmente como deterioraciones típicas de las estructuras de acero en Costa Rica según los resultados de la inspección de sitio. La siguiente tabla muestra las deterioraciones típicas del acero con la descripción del fenómeno y fotos.

a) Corrosión

La corrosión es el fenómeno en el que el material de acero se erosiona por acción científica o reacción química con el entorno ambiental. Es clasificado en dos (2) tipos de corrosión basado en sus condiciones, una es la corrosión general y la otra es la corrosión local.

La corrosión general es el fenómeno en el que toda la superficie del miembro de acero esta corroída uniformemente y ocurre cuando el miembro esta expuesto al aire.

Por otra parte, la corrosión local es el fenómeno en el que una parte del miembro de acero esta corroído cuando el material, un ambiente corroedor y los mecanismos de corrosión son diferentes a otras partes. Por ejemplo, la corrosión local ocurre en partes donde hay flujos de agua que drena, el agua que corre por juntas de expansión,

filtraciones de agua en la losa, el agua y polvo se acumulan y es difícil drenar a través de la forma estructural. La forma de la corrosión presenta una figura semejante a un hueco o una ranura.

El progreso de la corrosión depende del entorno ambiental y del tipo de estructura, forma y localización de la estructura/miembro.

Los factores que generan la corrosión son humedad, temperatura, lluvia, rayos solares y contaminación (partículas de sal o dióxido de sulfuro, etc.).El grado de influencia de estos factores en el miembro de acero determinan el rango de crecimiento de la corrosión.

Generalmente los materiales de acero comienzan de corroerse cuando la humedad alcanza más de un 60% y el rango de crecimiento de la corrosión tiende a ser más rápido como la temperatura tiende a elevarse. Entre esos factores, las partículas de sal o dióxido de sulfuro son los factores de mayor influencia en la corrosión.

Por otro lado, los rayos solares y la contaminación son de los factores con más influencia en el deterioro de las capas de pintura y consecuentemente aceleran el crecimiento de la corrosión.

b) Fatiga

Generalmente el esfuerzo interno es menor a la resistencia estática en puentes de acero cuando las grietas ocurren y aumentan por alta frecuencia de esfuerzos internos repetitivos.

La falla por fatiga es llamada "progreso sub-critico de grietas" y esta es una de las características principales de la ductilidad del material como el acero que demuestra suficiente tenacidad cuando las grietas aparecen. La presencia de una grieta de pequeña escala en el miembro no provocará el colapso, es más, tomando las apropiadas medidas en etapas tempranas del agrietamiento, se habilita al miembro o estructura y se establece la suficiente razón de seguridad para prevenir condiciones inestables. Los factores de mayor influencia en la fatiga son la fluctuación de esfuerzos repetitivos y la frecuencia de los mismos. Más aun, las formas de las placas, defectos de soldaduras, esfuerzos residuales y más son sumados a los factores que influyen en la fatiga de esfuerzo. En el caso de materiales de acero, cuando la resistencia se incrementa a lo más alto, el esferazo de fatiga incrementa también, en donde la resistencia de las soldaduras no se incrementa.

La mayoría de las causas de deterioración por fatiga son observadas en las placas, especialmente en las placas de miembros secundarios y en partes soldadas.

Es conocido generalmente que algunas causas de la falla por fatiga son bilaterales considerando los problemas en las condiciones de carga en las estructuras desde que la falla ocurre cuando el esfuerzo interno excede la resistencia del empalme.

c) Daños causados por desastres

Los desastres que afectan los miembros y estructuras eran catalogados como desastres naturales o errores humanos. Los desastres naturales están representados por terremotos, inundaciones, etc. Los errores humanos por incendios, colisiones de carros, caída de objetos pesados, etc.

El daño mas peligroso es el causado por terremotos. Esto ocurre en la subestructura o en los soportes, sin embargo, hay pocos casos en los que la superestructura es severamente dañada por los terremotos.

3) Causas de Socavación

La socavación es el resultado de la erosión producida por el flujo de agua llevado a lo largo del cauce del río, así como alrededor de las pilas y bastiones de los puentes. La extención del daño de socavación varía de acuerdo a los materiales. Suelos sueltos o granulares, cauces arenosos, tienden a erosionarse rápidamente por el flujo de agua, en donde suelos cohesivos y cementados presentan mas resistencia contra la socavación. Sin embargo, es posible que el flujo de agua ocasione socavación hasta las capas cohesivas y cementadas del suelo a grandes profundidades del cauce arenoso.

Es importante mencionar que la socavación total que cruza el puente esta compuesta por tres procesos de socavación descritos a continuación. Cuando estos tres procesos se mezclan, causan una socavación total en las pilas o los bastiones.

a) Deterioración y degradación a largo plazo del cauce del río

El deterioro y degradación son fenómenos que varían la elevación del cauce del río por causas naturales y/o inducidas por el hombre, y son desarrolladas a largo plazo. La agregación es causada por la sedimentación de los materiales erosionados desde el canal del río traídos desde aguas arriba, considerando que la degradación causada por socavación del cauce a la insuficiente sedimentación con materiales suplidos desde alcances superiores.

b) Socavado general en el puente

El socavado general es la reducción del cauce del río transversal a la corriente en donde se localiza el puente. Esta reducción puede ser o no uniforme a través del cauce, esto es, la profundidad de socavación tal vez es mas profunda en algunas partes de la sección transversal. El socavado general es diferente a la degradación a largo plazo, la socavación general puede ser cíclica y/o relacionada al paso de algún flujo y es más que un problema local debido a una socavación inducida a la geometría del canal (contracción de flujo, el cauce, etc.)

El Socavado general puede resultar de la contracción del flujo, la cual causa que se remueva material a través del cauce o de la mayoría del ancho del canal, o de otras condiciones de socavado general tales como flujos alrededor del cauce en donde la socavación puede concentrarse cerca de las afueras del cauce (Figura 10.1.3).

c) Socavación local en pilas y bastiones

La socavación local es material removido de los alrededores de las pilas, bastiones y taludes, la cual es causada por la aceleración del flujo y por vértices inducidos por obstrucciones. Básicamente, el mecanismo de socavación local en pilas y bastiones es la formación de vértices (conocidas como vértices de herradura) en las partes bajas de las pilas y bastiones. (Figura 10.1.4).

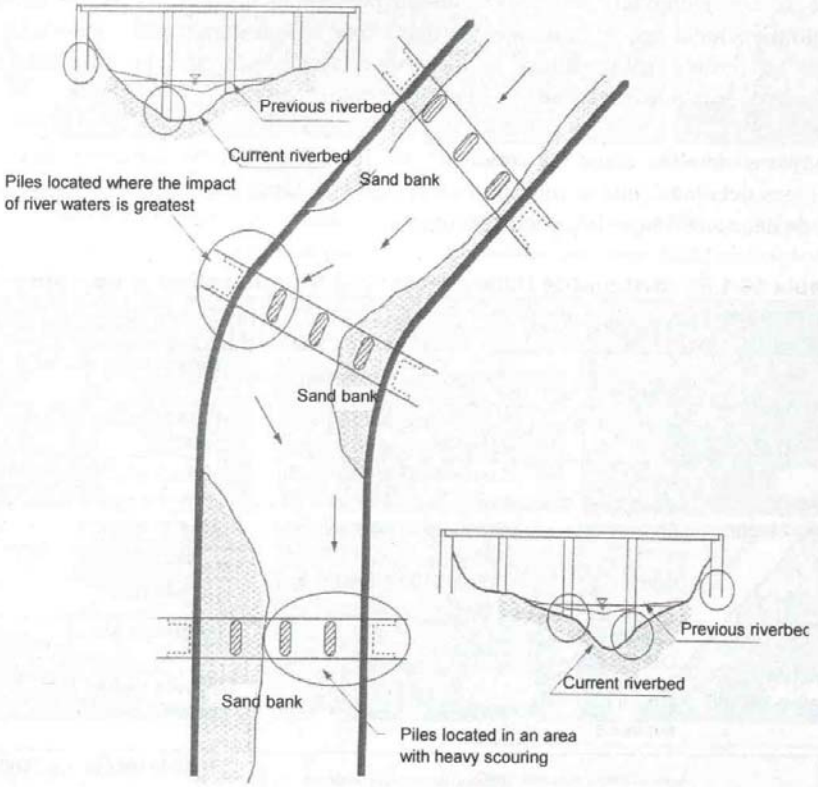


Figura 10.1.4. Representación Esquemática de los Puntos de Mayor Impacto e el Río

Es complicado que la magnitud de la socavación sea medida por la naturaleza del proceso cíclico de la socavación. Esta tiende a causar socavaciones profundas en donde el flujo esta al máximo, pero apenas ocurre cuando los huecos son rellenados con los sedimentos de aguas llovidas. Los ingenieros e inspectores deben evaluar el estado actual de la corriente del río y de la división de agua con el fin de valorar los cambios potenciales que puedan afectar el sistema del río. Esta evaluación habilita la agregación a largo plazo estimada

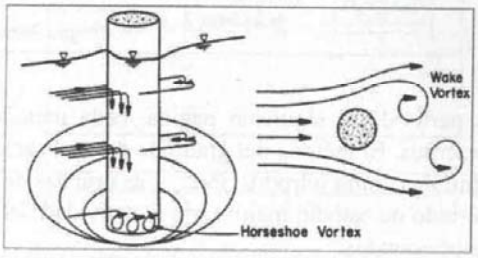


Figura 10.1.5. Representación Esquemática de Socavación en Pilas Cilíndricas

10.1.3 Método de Inspección Detallada

Esta sección describe el método de inspección para cada sistema de deterioración para miembros de concreto.

El tipo más común de inspección detallada es la inspección visual [C1]. No es sofisticada, aparatos de alta tecnología son requeridos en la implementación de esta inspección. Es apropiado mencionar que es la inspección más económica e importante. Para miembros de concreto, es posible sólo realizar la inspección visual para dar la información de las condiciones de la superficie basada en la opinión del inspector.

Para mayores detalles como la condición de los miembros de concreto, hay bastantes inspecciones detalladas que se muestran en la siguiente tabla [C2]- [C7] con el fin de identificar sistema de deterioración es la principal causa.

Tabla 10.1.5. Sistema de Deterioración y el Método aplicable de Inspección

Deterioración Sistema	Inspección Item		Método de Inspección
Carbonatación	Inspección de Deterioración	Profundidad de deterioración	Método de Fenoftaleina [C 2]
		Corrosión de las barras de acero	Método de potencial propio [C 3]
Corrosión por Sal	Inspección de Deterioración	Corrosión de las barras de acero	Método de potencial propio [C 3]
		Grado de Salinidad en el concreto	Medida de Cloro [C 4]
	Causa supuesta	Densidad de salinidad en la atmósfera	-
Reacción Alcalino-Silicato	Inspección de Deterioración	Grieta	Inspección Visual [C 1]
	Causa supuesta	Prueba de núcleos	Prueba de Reacción Alcalino-Silicato
Defectos Iniciales	Inspección de Deterioración	Resistencia Superficial	Método del Martillo Schmidt [C 5]
		Prueba de Compactación	Prueba de Núcleo de Concreto [C 6]
	Causa supuesta	Espesor del Recubrimiento	Detección de Barrilla de refuerzo [C 7]
		Cargas Repetitivas	Pruebas de cargas

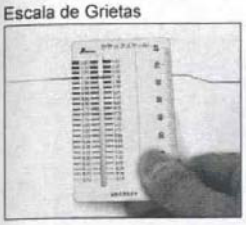
A partir de la siguiente pagina, cada método de inspección como el [C1] al [C7] serán descritos. El método del grado de gases de acido Carbónico y la salinidad en la atmósfera son omitidos como introducción. Las pruebas de carga serán introducidas en el segundo año del periodo de estudio incluyendo la actividad del EET (entrenamiento en trabajo) en los puentes seleccionados.

Miembro de Concreto | [C1] Inspección Visual

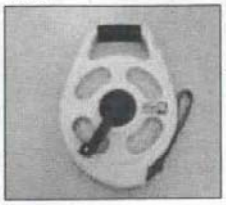
Método de Inspección

Equipos de Inspección

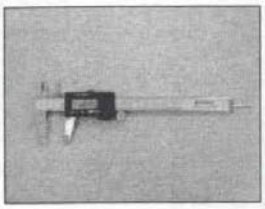
Escala de Grietas



Cinta



Calibrador

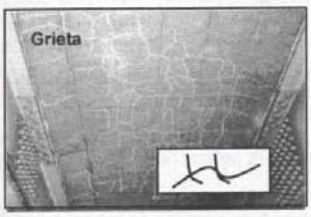


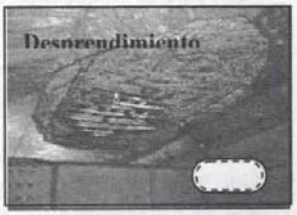
Mazo

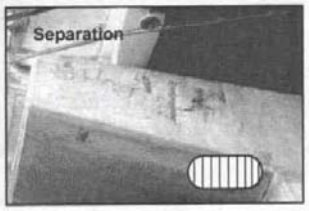
Y cámara, binoculares, cámara de rayos infrarrojos

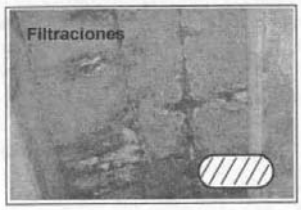
Items de Inspección; Tipos de Deterioración

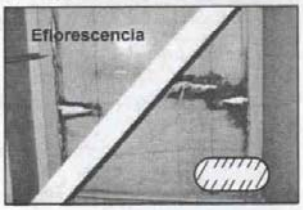
Cada deterioración como las grietas, nidos de piedra, desprendimientos, separación, y eflorescencia, causados por reacciones alcalino-silicato deben ser medidas por longitud, área y profundidad utilizando el equipo de arriba.







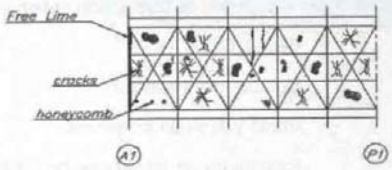




Como reportar

- Los resultados de inspección deben indicar "Diagrama de Deterioración" con esquema y fotos, con el fin de identificar fácil cuales partes de la estructura aparece la deterioración y su tamaño.
- Cada deterioración debe usarse con su propia leyenda arriba de la figura.
- La fecha de inspección y el método también son requeridos.

Diagrama de deterioración



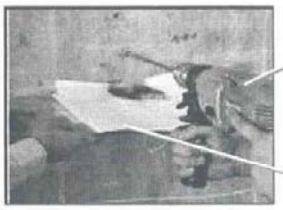
Consideración

- En el caso de la "corrosión por sal", la deterioración aparece en el lugar en donde se supone fluyen bastantes iones de cloruro.
- Los miembros que han sido rehabilitados, la superficie tratada y cubierta, hace que las deterioraciones sean difíciles de encontrar. En este caso, debe ser aplicado el método de rayos infrarrojos.

Miembro de Concreto | [C2] Metodo de Fenoftaleína (Profundidad de Neutralización) | Para Neutralización

Método de Inspección

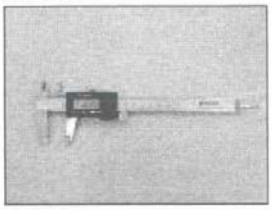
Equipos de Inspección



Taladro Eléctrico

Papel Inmerso en solución de Fenoftaleína

Calibrador



Pasos de Inspección

1. Dejar que el filtro de papel absorba el líquido de prueba tal como Fenoftaleína al 1% de densidad.
2. Durante la perforación del concreto, fragmentos de concreto serán tomados por el papel como lo muestra la foto de abajo.
3. Cuando el papel cambia a color rojo, la sección de concreto ya ha sido neutralizada desde la superficie del concreto hasta esa profundidad.
4. La profundidad de neutralización será medida con la longitud de la perforación con una precisión de 0.1mm del Calibrador.
5. El procedimiento 3 debe ser tomado en 3 puntos de prueba. El resultado es tomado del promedio de los valores.

Nota: La solución de fenoftaleína cambia a color rojo con más de pH8.2 a pH10.0 en la parte alcalina.

Nota: Si la desviación en cada valor contra el promedio es alrededor de+-30% se deben hacer mas pruebas.

Como reportar

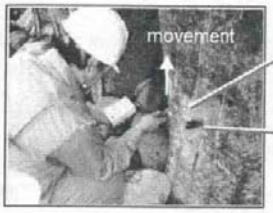
- Los resultados de inspección deben incluir:
  - Fecha, Clima
  - Nombre del Inspector
  - Punto y Área de Inspección
  - Resultados de Inspección de Profundidad de Neutralización

Miembro de Concreto | [C3] Método de -Potencial de Corrosión de Barras de Acero Para Neutralización Corrosión por Sal

Método de Inspección

Equipos de Inspección

Medidor de Potential

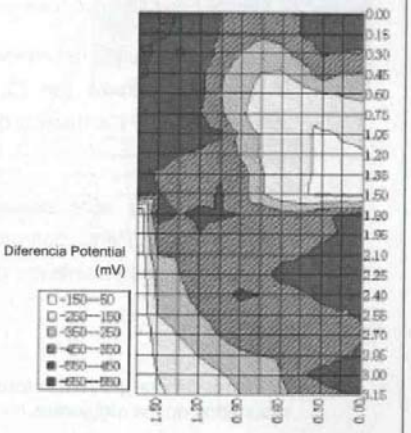


Pasos de Inspección

1. La superficie de concreto debe humedecerse siempre durante el diagnostico.
2. El Terminal eléctrico para la barra de acero debe exponerse al exterior.
3. El sensor debe moverse lentamente en la superficie de concreto.
4. Los resultados son mostrados en el "Mapa de Diferencia Potencial"

   En este sistema

Mapa de Diferencia Potencial



Como reportar

- Se identifica corrosión en la barra de acero por los resultados del Potencial Diferencial, como lo siguiente:

Diferencia de Potencial (E)	Nivel de Corrosión
-250mV< E :	nada
-350mV< E< -250mV :	punto
-450mV< E< -350mV :	superficie
E<-450mV :	Área de sección corta

Miembro de Concreto | [C4] Método de Medida de Cloruro | Por corrosión por sal

Método de Inspección

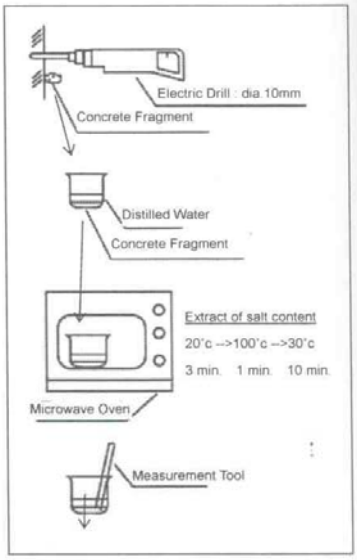
Equipos de Inspección

Taladro eléctrico : dia.10mm

Herramientas de medida

Pasos de Inspección

1. Durante el perforado del concreto cada dos (2) centímetros fragmentos de concreto serán tomados dentro de un embase de veinte (20) gramos.
2. Fragmentos de concreto de cinco (5) gramos serán revueltos con agua destilado de diez (10) milímetros en un beaker.
3. El beaker debe introducirse en un microondas.
4. El material de prueba debe ser calentado y hervido a cien (100) grados durante tres (3) minutos para extraer el contenido de sal. Y el material de prueba debe enfriarse al natural.
5. La cantidad de agua destilada evaporada debe ser revisada y la concentración de iones de cloro deben ser medidos con las herramientas de medición.



Como reportar

- La corrosión por grado de cloruro es identificada por los resultados de los siguientes niveles:

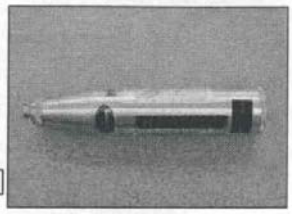
Nivel-1: Concentración del ion de cloruro <= 1.2 kg/m^3 (No corrosión)
Nivel-2: 1.2 kg/m^3 < Concentración del ion de cloruro (Empieza la corrosión)
Nivel-3: Ocurren Grietas por corrosión.
Nivel-4: Ocurren muchas Grietas por corrosión. El concreto cerca de las barras de acero comienza a desprenderse.
Nivel-5: Ocurren muchas Grietas por corrosión. El concreto cerca de las barras de acero comienza a desprenderse.

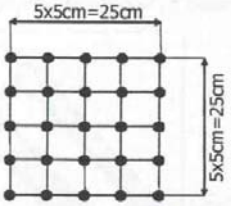
Miembro de Concreto | [C5] Método del Martillo Schmidt | Para defectos iniciales

Método de Inspección

Equipos de Inspección

Martillo Schmidt

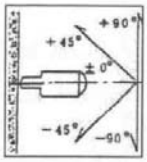


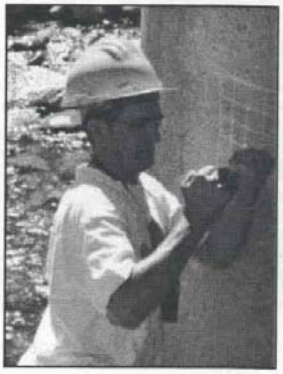


Pasos de Inspección

1. La parte a medir debe ser preparada como superficie lisa.
2. El inspector mide 25 puntos y la condición de medición debe ser perpendicular.

   Nota: si los puentes están con ángulos con la superficie de concreto, el valor "δR" debe ser usado como el valor revisado.





3. Se eliminan cinco (5) valores extremos
4. Los restantes veinte (20) valores "R" deben ser promediados.
5. El valor estándar "Ro" debe ser calculado con la siguiente fórmula:

   "Ro = R + δR".

R	δR			
	+90deg.	+45deg.	-45deg.	-90deg.
10	—	—	—	—
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.6	-2.6	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7

6. La resistencia a la compresión "F" de la parte será obtenida de la formula:

   $F = -184 + 13.0 \times Ro \ (kg/cm^2)$ or

   $F = 0.098 \times (-184 + 13.0 \times Ro) \ (N/mm^2)$

Como reportar

- Los resultados de inspección deben incluir:
  - Edad de los materiales del concreto
  - Condición de la superficie de concreto
  - Mezcla de los componentes de concreto
  - Tipo de herramienta de medida
  - Parte y punto de medida incluyendo la dirección de la penetración
  - Cada resultado de medida y promedios
  - Formula estimada para la resistencia del concreto y resultados

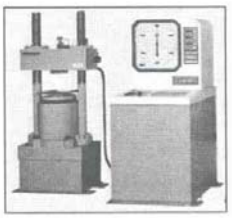
Miembro de concreto	[C6] Prueba de núcleos de concreto	Para defectos iniciales

Método de Inspección

Equipos de Inspección

Taladro de Núcleos de Concreto

Maquina de Prueba de Compactacion del Concreto



Pasos de Inspección

1. Muestreo de núcleos
   - El taladro de núcleos de concreto se utilice para adquirir las muestras.
   - El diámetro de la muestra debe ser más de tres (3) veces el diámetro máximo del agregado grueso.
   - La altura de la muestra debe ser el doble (2) del diámetro de la muestra.
2. Preparación de la Prueba
   - Ambos lados de la muestra son tratados con recubrimiento
   - El diámetro debe ser medido a ambos lados y al centro de la muestra en dos direcciones con una precisión de 0.1mm, luego deben promediarse.
   - La altura debe ser medida a ambos lados de la muestra.
   - Antes de la prueba, la muestra debe ser curada con agua durante un tiempo de 40 a 48 horas.
3. Prueba de compactación
   - El procedimiento detallado esta en el manual de la maquina.

Nota: Este método permite encontrar la resistencia del concreto directamente, pero hay que tomar en cuenta que las muestras serán una parte desprendida de la estructura. Descargado el núcleo de la muestra se debe de prestar atención a la colocación de barras de acero.

Nota: Cuando la muestra esta afectada por daños químicos, es importante separar la parte buena de la parte afectada.

Como reportar

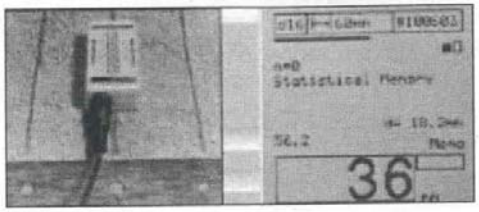
- Los resultados de inspección deben incluir:
  - Los puntos de adquisición de la muestra y el Método
  - Edad de los materiales de Concreto
  - Promedio de la Altura y Diámetro
  - Capacidad de Carga Máxima
  - Resultados de Resistencia de Compactación
  - Método de Curado y su temperatura
  - Esquema del Diagrama de Destrucción

Miembro de Concreto	[C7] Detección de Barras de Acero: Profómetro	Para defectos iniciales

Método de Inspección

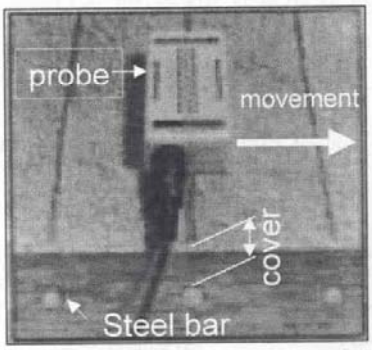
Equipos de Inspección

Profometro (Parte de Prueba y Pantalla)



Pasos de Inspección

1. El sensor se moverá lentamente sobre la superficie de concreto.
2. Un sonido de beep "pi" se escuchara en las barras de acero.
3. La pantalla muestra la "Posición de las Barras de Acero", "Recubrimiento de Acero" y "Diámetro de Barras de Acero".



Como reportar

- Los resultados de inspección deben incluir:
  - Puntos de Adquisición de muestras y método

10.1.4 Resultados de la Inspección Detallada en Sitio

1) Inspección Visual

Una variedad de daños han sido observados en los 10 sitios de puentes a través de la inspección visual. Esos daños son causados por múltiples efectos como la deterioración del material, incremento de la carga viva, socavación y falta de mantenimiento. Algunos de los daños mostrados a continuación son observados en todos los 10 puentes. Es probable que estos sean daños observados no solo en los 10 puentes inspeccionados sino pueden ser comunes en todos los puentes de Costa Rica.

- Capas de asfalto se han colocado sobre la superficie sin haber removido las capas anteriores.
- Las juntas de expansión están dañadas y obstruidas por capas de asfalto.
- Los apoyos se encuentran en condiciones inadecuadas (recubrimientos, depósitos de suelo, etc.)
- Como las tuberías de drenaje no fueron instaladas, las vigas están húmedas y los miembros de puentes de cercha o vigas I poseen depósitos de suelo.
- Decoloración, oxidación y descascaramiento de las capas de pintura de los puentes de acero.
- Daños en la losa (grietas, eflorescencia, filtraciones fueron observadas)

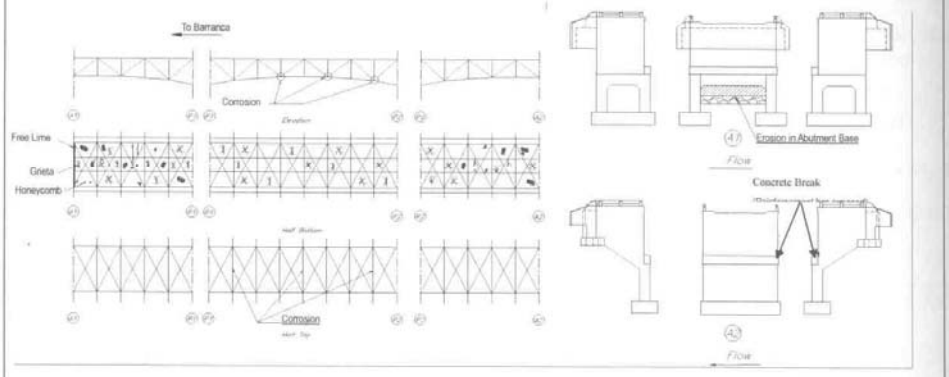
Resultados de la inspección visual de los 10 puentes son resumidos en la Tabla 10.1.6 y mas detalles son mostrados de la Tabla 10.1.7 a la Tabla 10.1.16 para cada puente.

Tabla 10.1.6. Resumen de los Resultados de Inspección Visual en los 10 Puentes

Miembro	Condición de la deterioración	Causa de la deterioración	Nombre del puente Identificación de la Deterioración (Puente No.)
Junta de expansión	- Ruptura	- Falta de Mantenimiento	En Todos los 10 puentes
Baranda	- Ruptura	- Accidente de Tráfico	Río Azufrado(7)
Daño en la losa	- Hueco	- Fatiga por Carga Ciclica de Tráfico Pesado	Río Abangares(3)
	- Grietas en 2 Direcciones	- Fatiga por Carga Ciclica de Tráfico Pesado	Río Aranjuez(2), Río Abangares(3) Río Azufrado(7), Río Puerto Nuevo(12) Río Chirripó(26), Río Torres(29)
	- Grietas en 1 Dirección	- Fatiga por Carga Ciclica de Tráfico Pesado	Río Nuevo(16) Río Sarapiquí(19)
Vigas de Acero	- Descascaramiento	- Deterioración en la Pintura	En Todos los 10 puentes
	- Corrosión u Oxidación	- Deposito de Suelo en el Miembro	En Todos los 10 puentes
	- Grieta/Ruptura	- Fatiga por Carga Ciclica de Tráfico Pesado	Río Abangares(3)
	- Deformación	- Causada por terremoto	Río Chirripó(26)
Viga de concreto	- Grieta	- Fatiga por Carga Ciclica de Tráfico Pesado	Río Azufrado(7) Río Nuevo(16)
	- Deformación	- Flujo Plástico del Concreto	Río Chirripó(17)
Soporte y Base de Soporte	- Corrosión/Depósitos De suelo - Filtración desde la Junta de expansión	- Falta de Mantenimiento	En Todos los 10 puentes
	- Ruptura de Soporte	-Terremoto en 1991	Río Chirripó(26)
Pila	- Daño en la Superficie	- Rocas Golpean las Pilas	Río Sucio(20) Río Chirripó(17)
	- Socavación de la Fundación	- Cauce Caído	Río Nuevo(16)
Bastión	Colapso en el talud frente a Bastión		En Todos los 10 puentes
Pavimento	Cuando el pavimento en la sección de trabajo es mejorado o reparado, en la sección de puente también se pavimenta con 5cm de capas de asfalto. Esto no debería de realizarse ya que aumenta la carga muerta del puente		En Todos los 10 puentes

Tabla 10.1.7. Resultado de la Inspeccion Visual para Puente Rio Aranjuez (Ruta No.1 Puente No.2)

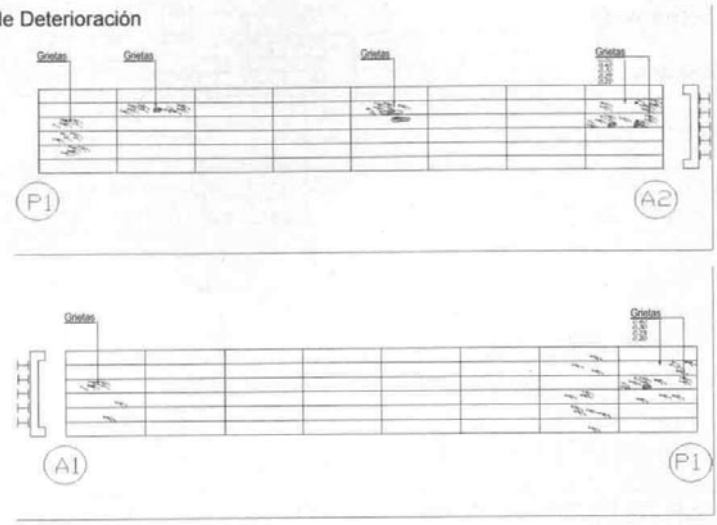
Diagrama de Deterioración



Accesorios	- No hay pavimento en la losa. Los vehiculos ruedan directamente sobre la losa. - Muchas grietas y huecos se observan en la superficie de la losa - Junta de expansion han sido dañadas.
Superestructura	- Decoloracion, oxidacion y descascaramiento de la pintura se observaron en todos los miembros.
	- Muchas grietas y eflorescencia son observadas en la losa de concreto - Grietas ocurren en dos (2) direcciones (direccion longitudinal y transversal)
	- Decoloracion y oxidación se observaron en los soportes. - Hay condiciones muy sucias alrededor de los soportes.
Subestructura	- Laq superficie de la Pila esta golpeada por el flujo del rio - Se observan las juntas frias en la Pila No 2.
	- Descascaramiento y refuerzo expuesto causado por la corrosion de las barras en el bastion B2.
Fundacion	- Se observo una pequeña socavacion

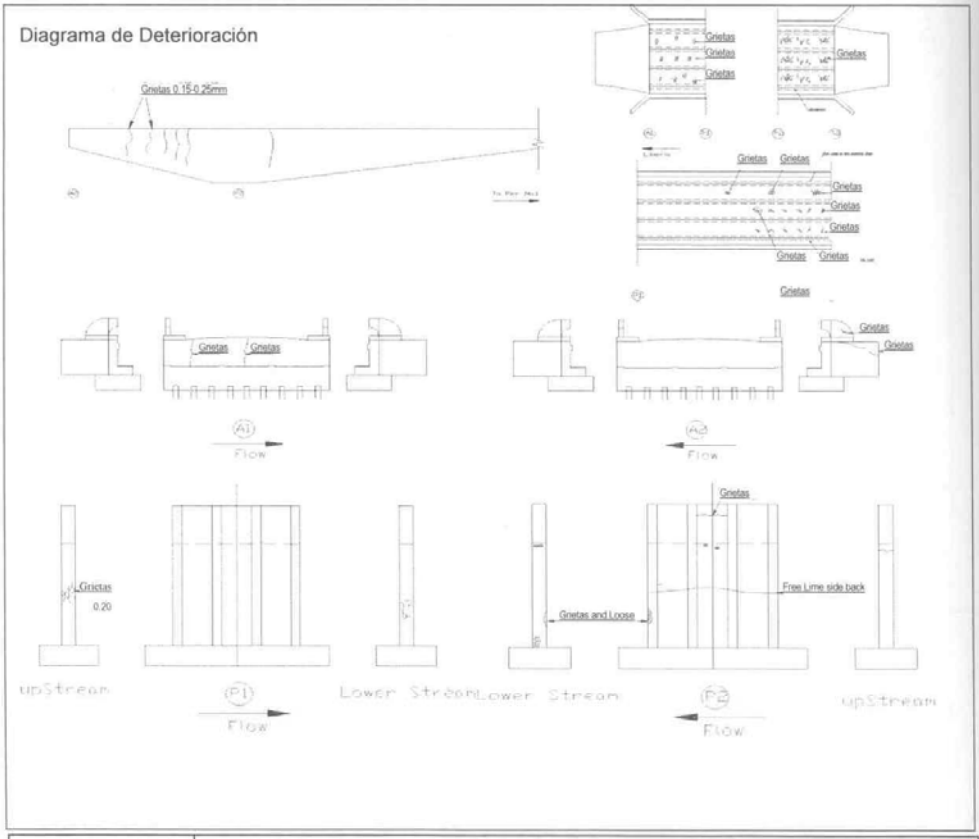
Tabla 10.1.8. Resultado de la Inspeccion Visual para Puente Rio Abangares (Ruta No.1 Puente No.3)

Diagrama de Deterioración



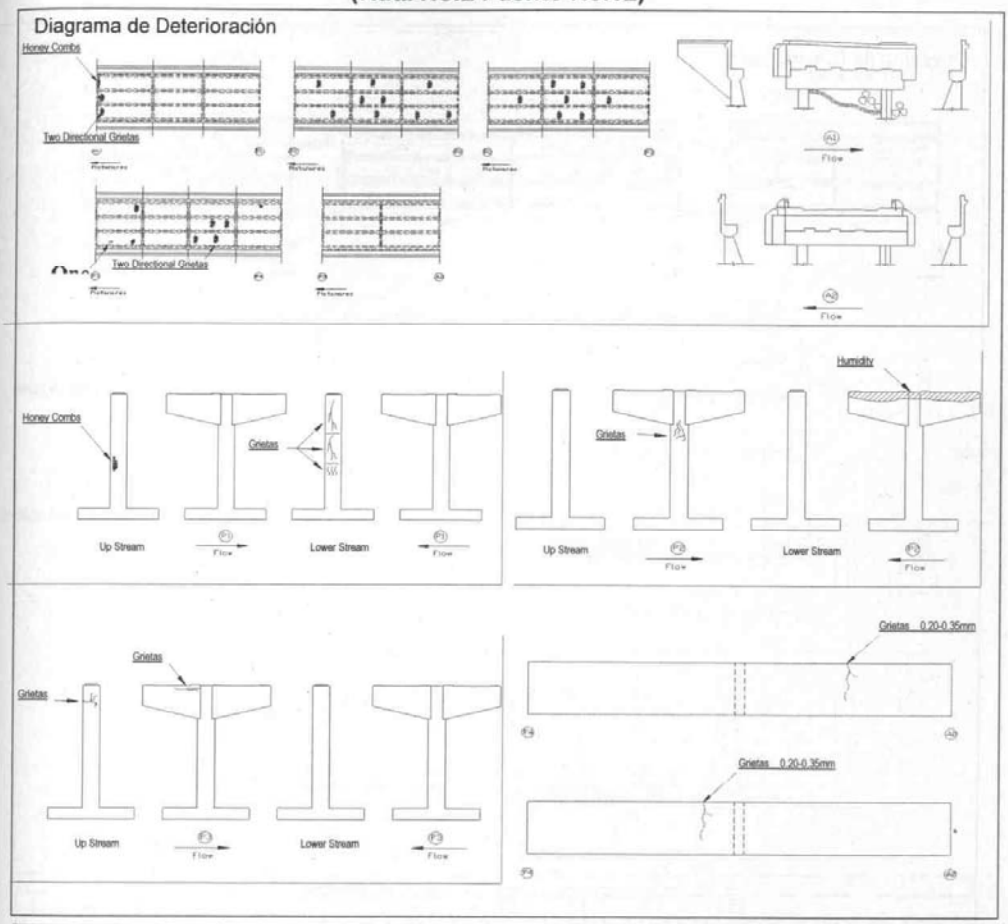
Accesorios	- Capas (5 cm de espesor) se colocaron directamente sobre el pavimento anterior (la carga muerta del pavimento se incremento) - Muchas Grietas y Huecos se observaron en la superficie del concreto. - Se observaron filtraciones de agua en las juntas de expansion, polvo y tierra rellenaron los espacion de las juntas de expansion.
Superestructura	- Decoloracion, oxidacion y descascaramiento de la pintura se observaron en todos los miembros y se observo corrosion en varias partes. - Los elementos de la cuerda superior fueron dañados por el golpe de vehiculos. En la sección del bastion B1 a la Pila deben ser reparados.
	- Cerca del bastion B1, una gran cavidad (3.5m(L) x 2.0m(W)) ocurrio y muchas grietas y eflorescencia se observo en la losa de concreto. - Grietas ocurren en dos (2) direcciones (direccion longitudinal y transversal) con un rango de ancho de entre 0.3 a 0.4 mm
	- Los remaches en las uniones entre diafragmas y largueros se han perdido o reparado, en algunas placas de juntas hay grietas.
	- Decoloracion y oxidación se observaron en los apoyos. - Hay condiciones muy sucias alrededor de los apoyos.
Subestructura	- No se observo ningun daño en especial
Fundación	- No se observo ningun daño en especial

Tabla 10.1.9. Resultado de la Inspeccion Visual para Puente Rio Azufrado (Ruta No.1, Puente No.7)



Accesorios	- La baranda fue dañada por un accidente de tráfico.
Superestructura	- Muchas grietas y eflorescencia se observo en la losa de concreto. - Grietas ocurren en dos (2) direcciones (direccion longitudinal y transversal) con un rango de ancho de entre 0.2 a 0.3 mm - Refuerzo expuesto causado por la corrosion se observó en las losas en voladizo.
	- En el lado de la viga, muchas grietas se observaron en la porcion superior de la viga. Esas grietas son en direccion horizontal a intervalos de 50cmy con un rango de espesor de entre 0.2 a 0.3 mm.
Subestructura	- Algunas grietas fueron observadas en la Pila No 2. - No hay bastion. Solo hay un diafragma al final del puentes, la cual protege el terreno. Por lo que las vigas de los tramos laterales son en voladizo.
Fundación	- No se observo ningun daño en especial

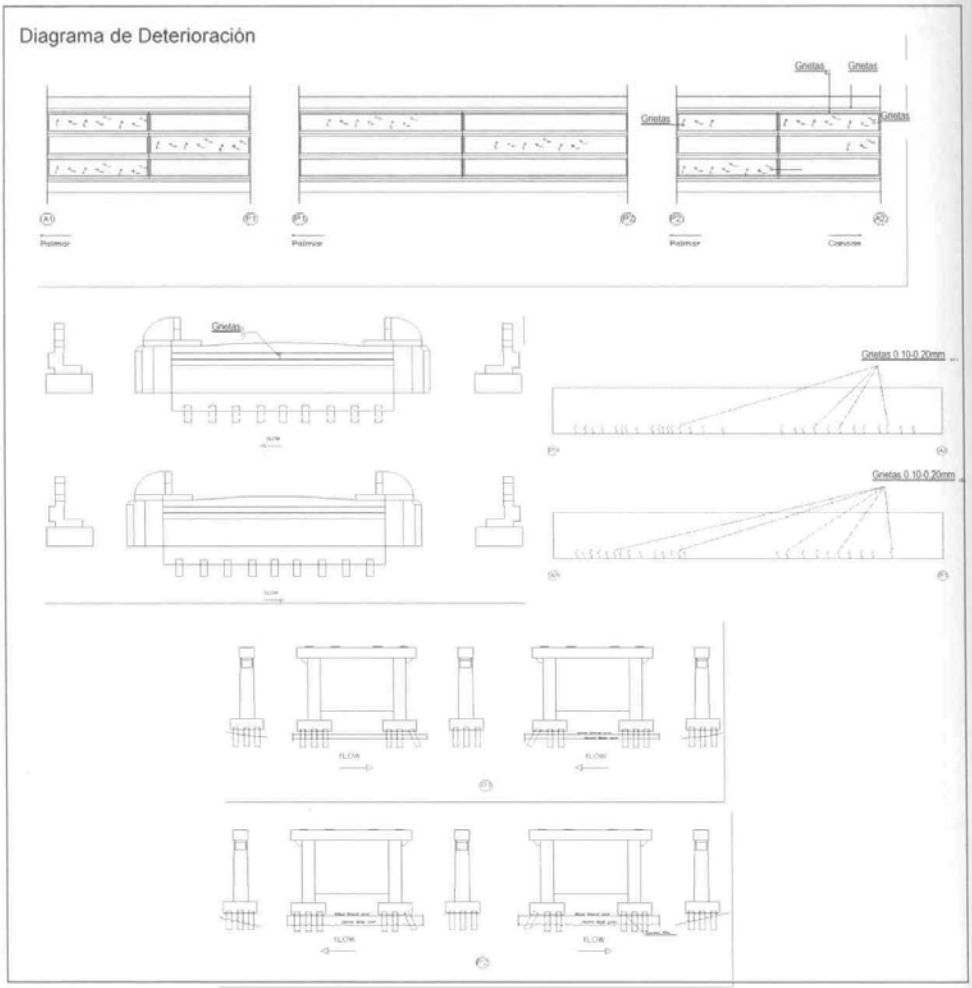
Tabla 10.1.10. Resultado de la Inspeccion Visual para Puente Rio Puerto Nuevo (Ruta No.2 Puente No.12)



Accesorios	- Las Juntas de Expansion en ambos Bastiones estan cubiertas por la sobrecpa de concreto asfaltico (5cm de espesor). - No hay junta de expansion en la Pila No.2 y No.4. Hay espacios de exoansion (20mm) - No hay pavimento en la losa. Los vehiculos circulan directamente en la losa - Se observo filtraciones de agua en las juntas.
Superestructura (Viga de concreto)	- Hay grietas con espesor de 0.3mm en las vigas internas cerca del Bastion B2. En las viagas exteriores no e observaron grietas. - En la losa, se observaron grietas en dirección diagonal con un espesor de entre 0.2 y 0.3 mm.
Superestructura (Vigas de Acero)	- En la losa, ocurren grietas en dos (2) direcciones (longitudinal y transversal) con intervalos de 50 cm con un espesor de entre 0.2 y 0.3 mm - Descascaramiento de la pintura se observo en las vigas y diafragmas.
Subestructura (Pila)	- Se observaron grietas verticales en todas las pilas, y en la viga de la Pila No.3, se observaron giretas horizontales. - Parte superior de la Pila No.2 tiene condiciones humedas, ya que hay filtraciones por las juntas de la superestructura.
Subestructura (Bastion)	- El talud alrededor del Bastio colapo - Hay tierra acumulada en la base del apoyo.
Fundación	- No se observo ningun daño en especial

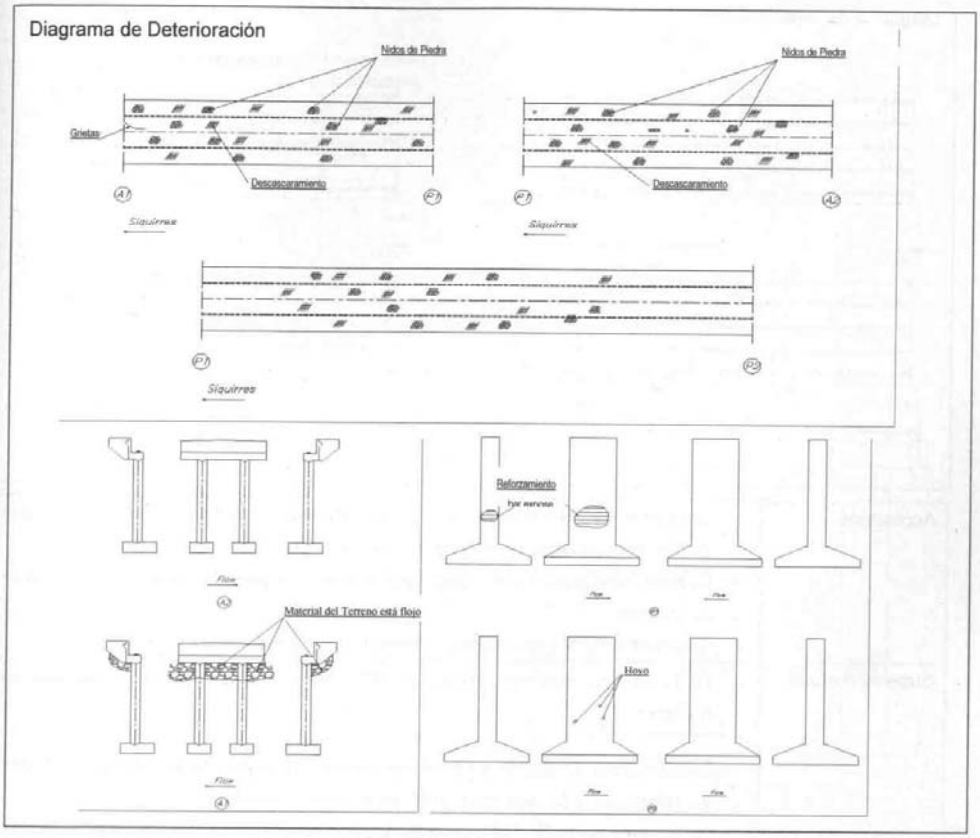
Tabla 10.1.11. Resultado de la Inspeccion Visual para Puente Rio Nuevo (Ruta No.2, Puente No.16)

Diagrama de Deterioración



Accesorios	- Capas (5 cm de espesor) se colocaron directamente sobre el pavimento anterior (la carga muerta del pavimento se incremento) - Se observaron filtraciones de agua en las juntas de expansion
Superestructura	- Se observaron grietas en la losa de concreto con un rango de espesor de entre 0.15 y 0.25 mm.
	- En la parte baja de la viga, se observaron muchas grietas. Su rango de espesor es de entre 0.1 y 0.2mm. Esas giretas ocurren en la direccion horizontal y algunas van con un intervalo de 50cm con un espesro de entre 0.2 y 0.3 mm.
	- Se observo corrosion y oxidacion en el apoyo. - Hay condiciones muy sucias alrededor de los apoyos.
Subestructura	- No se observo ningun daño en especial
Fundación	- El cauce esta socavadoy ha bajado mas de 3m, por lo que en las pilas No.1 y No.2 estan expuestas mas de 2m.

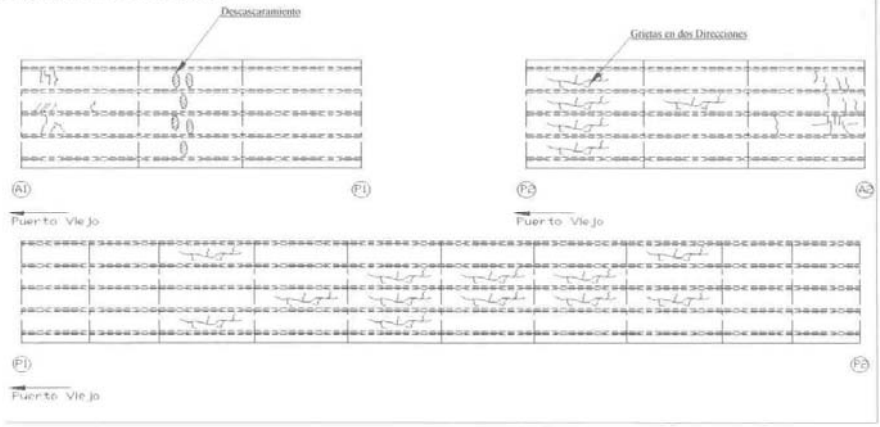
Tabla 10.1.12. Resultado de la Inspeccion Visual para Puente Rio Chirripo (Ruta No.4, Puente No.17)



Accesorios	- Las juntas de expansion se dañaron y cubrieron con capas de concreto asfáltico. - Se romovio el pavimento y la supercicie de la losa se ve en algunos lugares - Hay deposito de tierra a ambos lados de la superficie y crecen plantas en los drenajes
Superestructura	- En el tramo intermedio (P1 a P2) se observo deformacion - Se observaron giretas en la parte alta de las vigas cerca del bastion B2 - Eflorescencia se observo en las juntas de construccion en la parte baja de la losa cerca de la pilar No1 - Se observo descacscaramiento del concreto y se observo un hueco en la parte baja de la losa por el agua que drena en el interior del cajon. - Se observo un hueco que corresponde a un nucleo extraido y no fue reparado - Se observaron algunos defectos constructivos (nidos de piedra, formaleta no removida, etc).
Subestructura	- Se observaron filtracione de agua en las juntas de expansion esto da a condiciones humedas en los apoyos. - La superficie de la pila esta dañada por el golpe de rocas, se observo acero expuesto en la Pila No2. - Se observaron algunos juecos de nucleos extraidos en la Pila No.1 los cuales no han sido reparados
Fundación	- Se observo una pequeña socavación

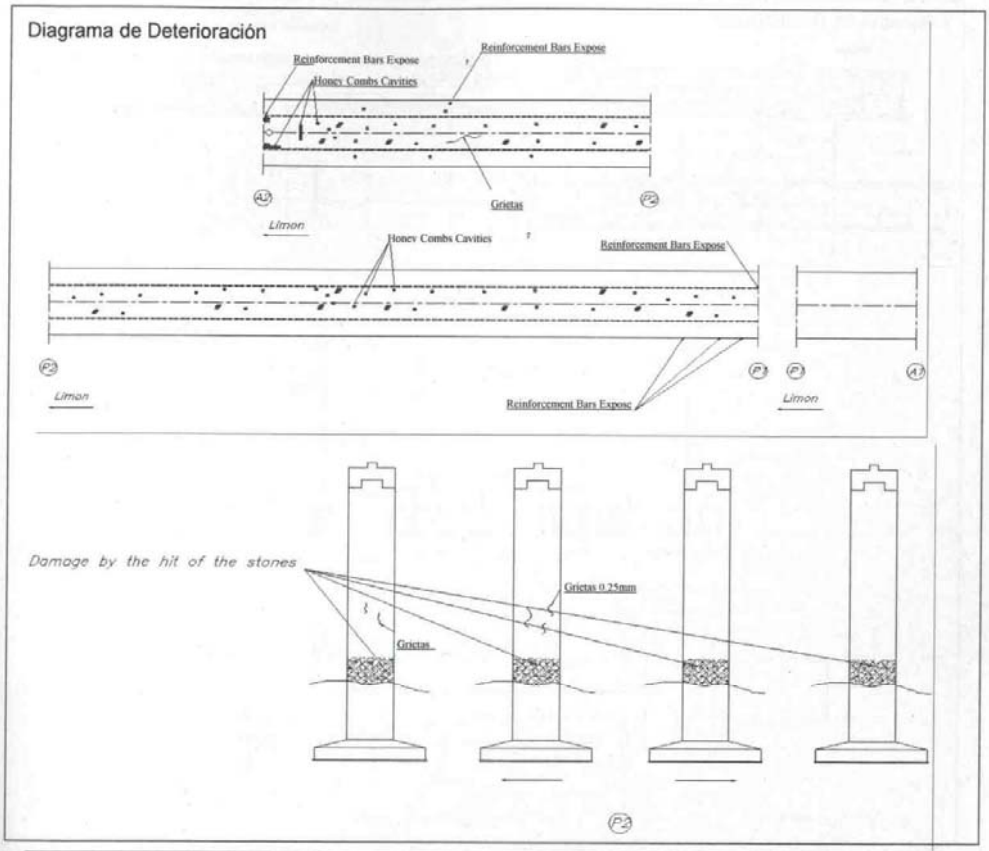
Tabla 10.1.13. Resultado de la Inspeccion Visual para Puente Rio Sarapiqui (Ruta No.4, Puente No.19)

Diagrama de Deterioración



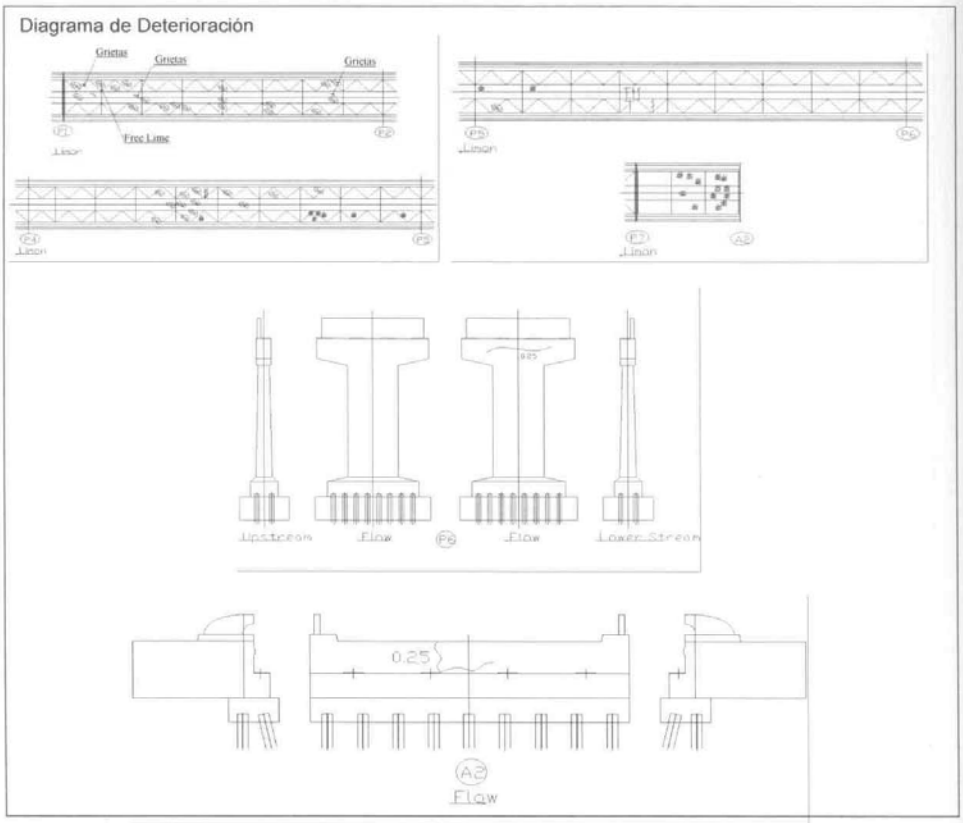
Accesorios	- Las juntas de expansion en ambos bastiones estan cubiertas (5cm de espesor) de concreto asfáltico y estas no hacen ningun trabajo. - Cuando vehiculos esados pasan por la mitad del puentes, la parte del extremo se levanta. - Se observó filtraciones de agua en las juntas de expansión
Superestructura	- En la losa, se observan grietas en la direccion transversal con un espesor de 0.2mm.
	- Decoloración, oxidación y descascaramiento de la pintura se observó en todos los miembros y en algunas partes, se observó corrosión. - Se observó reducción de la sección transversal por corrosión en la viga principal. - Se observó deformación en la viga principal
	- Decoloración y oxidación se observo en los apoyos. - Hay condiciones muy sucias alrededor de los apoyos.
Subestructura	- No se observó ningun daño en especial
Fundación	- Se observó una pequeña socavación.

Tabla 10.1.14. Resultado de la Inspeccion Visual para Puente Rio Sucio (Ruta No.32, Puente No.20)



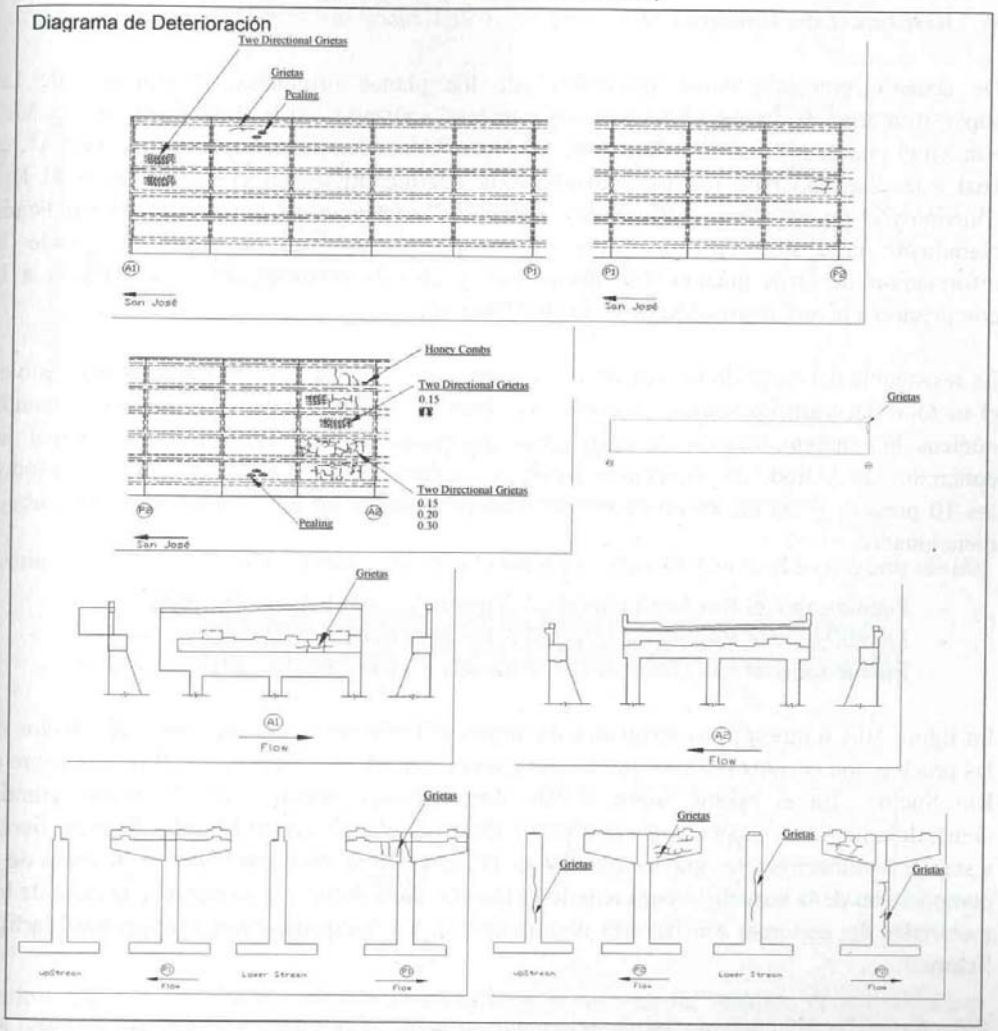
Accesorios	- Las juntas de expansion estan dañadas y cubiertas por capas de concreto asfáltico.
Superestructura	- Se observó eflorescencia y acero espuesto en la parte baja de la losa - Se observó descascaramiento del concreto cerca de un agujero de drenaje en la parte baja dentro de la viga cajón. - Se observaron defectos constructivos (nidos de piedra, formaleta no removida, etc.). - Se destacan acumulaciones de concreto, deben ser cortadas y cubiertas con mortero o concreto.
Subestructura	- Se observaron algunas grietas en al Pila No.2. - Se observaron filtraciones de agua en las juntas de expansion en el bastion No.2 las condiciones del soporte son humedas. - La superficie de la Pila esta dañada por el ataque de rocas. La profundidad maxima del descascaramiento del comcreto es de 10cm.
Fundación	- Se observó una pequeña socavacion.

Tabla 10.1.15. Resultado de la Inspeccion Visual para Puente Rio Chirripo (Ruta No.32, Puente No.26)



Accesorios	- Las juntas de expansión en ambos bastiones están cubiertas por capas de concreto asfáltico (5cm de espesor). Y ellas no estan trabajando.
Superestructura	- Las vigas de continuidad se desplazaron 10cm del lado de Limon y aguas arriba. - El final de la viga de continuidad esta golpeando la Pila No.1 - Los tramos laterales, los cuales son un tramo simple, estan soportados temporalmente por una pila de viga H
	- En algunas partes de la losa, se obseraron grietas en dos direcciones (longitudinal y transversal) y sus espesores son de entre 0.2 y 0.3 mm. - Se observaron filtraciones de agua en las juntsa de la losa de concreto
	- Todos los soportes estan quebrados
Subestructura	- Se observaron grietas horizontales en algunas pilas. - Hay tierra acumulada en la base de los apoyos.
Fundación	- Se observó una pequeña socavacion.

Tabla 10.1.16. Resultado de la Inspeccion Visual para Puente Rio Torres (Ruta No.218, Puente No.29)



Accesorios	- Los tubos de la barande se perdieron - Las juntas de expansion se dañaron y se cubreiron con capas de concreto asfaltico.
Superestructura	- Se observaron grietas en dos direcciones en la losa. El rango de espesor de ellas es de entre 0.15 y 0.3 mm.
Subestructura	- Se observaron muchas grietas en los diafragmas en la pila No.1 en la columna de la pila No.2 y en el Bastion B2. - El ancho de la base del soporte es muy pequeño
Fundación	- Se observo socavacion en la Pila No.1

2) Resistencia del Concreto y Espesor de los Miembros de Acero

a) Resistencia del Concreto

De acuerdo con las "Notas Generales" de los planos originales, el concreto de las superestructuras es de clase "A" para los puentes localizados en la Ruta 1 y Ruta 2. Mas aun, en el puente sobre el Río Sarapiquí, las Notas Generales indican que es de clase "A", el cual esta diseñado para resistir 210kg/cm^2 (fc´=210kg/cm^2). En el puente sobre el Río Chirripó y el puente sobre el Río Sucio, aunque la resistencia del concreto no esta indicada claramente para sus superestructuras en sus planos, es fácil de suponer, leyendo la información de otros puentes del mismo tipo y año de construcción, la resistencia a la compresión a la que fueron diseñados es de 350kg/cm^2.

La resistencia del concreto ha sido examinada con dos (2) tipos de métodos de prueba, uno es el método del Martillo Schmidt, el otro es el Método de Pruebas de Compresión utilizando núcleos de concreto, tomados de las partes de puente para confirmar la resistencia actual del concreto. El Método del Marrillo Schmidt fue realizado tres (3) o cuatro (4) veces en todos los 10 puentes y los núcleos de concreto fueron extraídos en los 3 sitios de puentes abajo mencionados.

- Puente sobre el Río Azufrado (No.7, Butano.1) : Pila No.2 aguas arriba
- Puente sobre el Río Sarapiquí (No.19, Ruta4) : Bastión No2
- Puente sobre el Río Sucio (No.20, Ruta 32) : Superestructura (P1)

La figura 10.1.6 muestra los resultados de ambas pruebas apesar de que ambos resultados de las pruebas son casi los mismos que las del puente sobre el Río Sarapiquí y el puente sobre el Río Sucio. En el puente sobre el Río Azufrado, se presenta una diferencia grande. Generalmente, la resistencia a la compresión dada por el Método del Martillo Schmidt tiende a ser del lecturas mayores que las pruebas de compresión de los núcleos las condiciones de la composición de la superficie por ejemplo el tamaño de la arena y lo agregados, la edad de los materiales del concreto son factores dominantes en los resultados en el Método del Martillo Schmidt.

La resistencia del concreto es generalmente gobernada por la resistencia de la pasta de cemento. De acuerdo con, la resistencia del concreto, ésta tiende a incrementar bajo condiciones de humedad y con los años crece. Sin embargo, la dureza de la superficie del concreto en condiciones secas tiende a ser mayor que cuando esta en condiciones húmedas.

En el puente sobre el Río Azufrado, el cual esta localizado en la ruta 1 cerca de la frontera con Nicaragua, la inspección detallada fue llevada a cabo en temporada seca cuando el concreto esta en condiciones secas. Por otra parte, los puentes sobre los Ríos Sarapiquí y Sucio están localizados cerca de un área de bosque lluvioso. Más aun, el puente sobre el Rió Azufrado fue construido en 1953, lo cual significa que es más viejo que los otros dos puentes. Esta es la razón de la diferencia observada entre las dos pruebas.

Esos resultados de ambas pruebas de compresión condensan la resistencia a la compresión actual encontrada en las resistencias especificadas en las Notas Generales de los planos originales, y no hay problemas con respecto a la resistencia del concreto de los 10 puentes.

Simultáneamente a la implementación de las pruebas de compresión de los "Núcleos", las pruebas del Modulo de Elasticidad Estática fueron realizados utilizando núcleos de concreto extraídos del puentes sobre el Río Sucio. Este resultado esta mostrado en la Tabla 10.1.17.

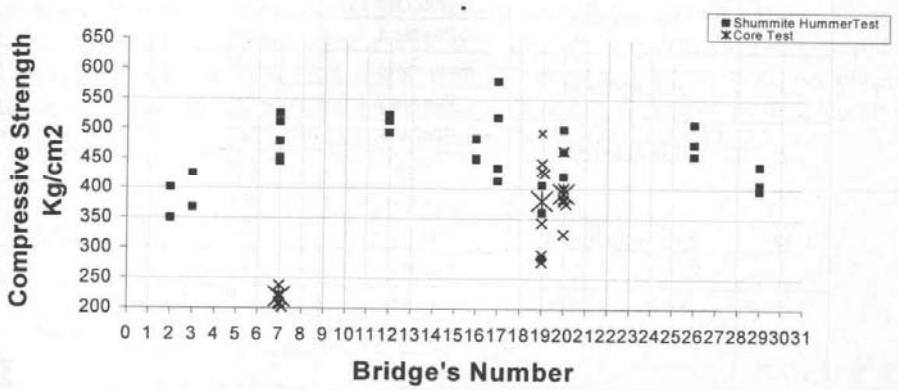


Figura 10.1.6. Resultado de Pruebas de Compresión

Table 10.1.17. Prueba de Modulo de Elasticidad Estática de Concreto en Compresión

No.	Modulo de Elasticidad Estática (kg/cm^2)	Resistencia a la Compresión ($Kg./cm^2$)
1	447,013	383
2	442,337	380
3	488,416	465
4	591,419	324
5	469,100	400
Promedio	487,657	390

b) Espesor de los miembros de Acero

Dado a que en el MOPT hay poca información referente a las dimensiones de los miembros del puente sobre el Río Abangares, la dimensión de cada miembro fue medida en su totalidad en el sitio esto para establecerlo en los métodos de análisis. Los resultados de las medidas están adjuntos en el Apéndice 7 como resultados de Inspección Detallada.

3) Carbonatación

La prueba de carbonatación fue llevada a cabo en los 10 puentes. Los resultados indican que el puente sobre el Río Aranjuez (No.2) en la ruta 1 es el puente más afectado por carbonatación como lo muestra la Tabla 10.1.18. Los resultados muestran y enlistan que los puentes en la ruta 1 tienden a ser afectados de forma más severa que en los de las otras rutas. Los puentes en la ruta 32 son los siguientes en la lista y le siguen los de la ruta 4 y por último el de la ruta 218. Los puentes en la ruta 2 no están afectados. Esto refleja que la influencia de la carbonatación es aparentemente proporcional al volumen de tráfico.

Tabla 10.1.18. Resultados de Pruebas de Carbonatación

Ruta	Puente		Lugar	Profundidad	Promedio (cm)
	No.	Nombre		(cm)	
1	2	Río Aranjuez	Bastión No.1	6.06	4.945
			Pila No.1	3.83	
	3	Río Abangares	Bastión No.2	3.75	3.175
			Pila No.2	2.6	
	7	Río Azufrado	Pila No.2	3.57	3.230
			Viga	2.89	
2	12	Río Puerto Nuevo	Bastión No.2	0.6	0.433
			Pila No.1	0.4	
			Pila No.4	0.3	
	16	Río Nuevo	Bastión No.1	0.1	0.433
			Bastión No.2	0.2	
			Pila No.1	1	
4	17	Río Chirripó	Bastión No.1	1.5	1.050
			Bastión No.2	0.6	
	19	Río Sarapiquí	Bastión No.1	0.1	0.100
			Bastión No.2	0.1	
32	20	Río Sucio	Pila No.1	1.5	1.567
			Pila No.2	1.8	
			Viga Cajón	1.4	
	26	Río Chirripó	Pila No.2	4.53	1.510
			Pila No.5	0	
			Pila No.6	0	
218	29	Río Torres	Pila No.2	1.2	0.800
			Viga	0.4	

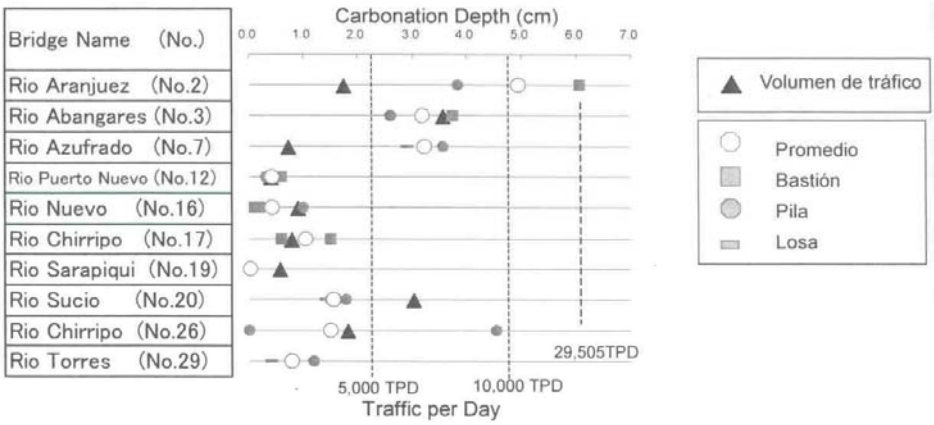


Figura 10.1.7. Resultados de Pruebas de Carbonatación

4) Deformación de las Vigas

El equipo de campo del MOPT y el equipo de Estudio en conjunto midieron la Deformación de las Vigas en el Puente sobre el Río Chirrido (No.17). La Figura 10.1.8 muestra los resultados del estudio. La deformación en el puente sobre el Río Chirripó presenta cerca de entre 10 y 15cm en la mitad del tramo central entre P1 y P2, y la diferencia entre la pila y el bastión es de alrededor de 20 a 22cm. De acuerdo con los planos de diseño de este puente, la diferencia de altura entre los niveles posicionados en la pila al bastión es de 22cm. Por lo tanto, el gradiente del tramo lateral es casi el mismo al de los planos originales.

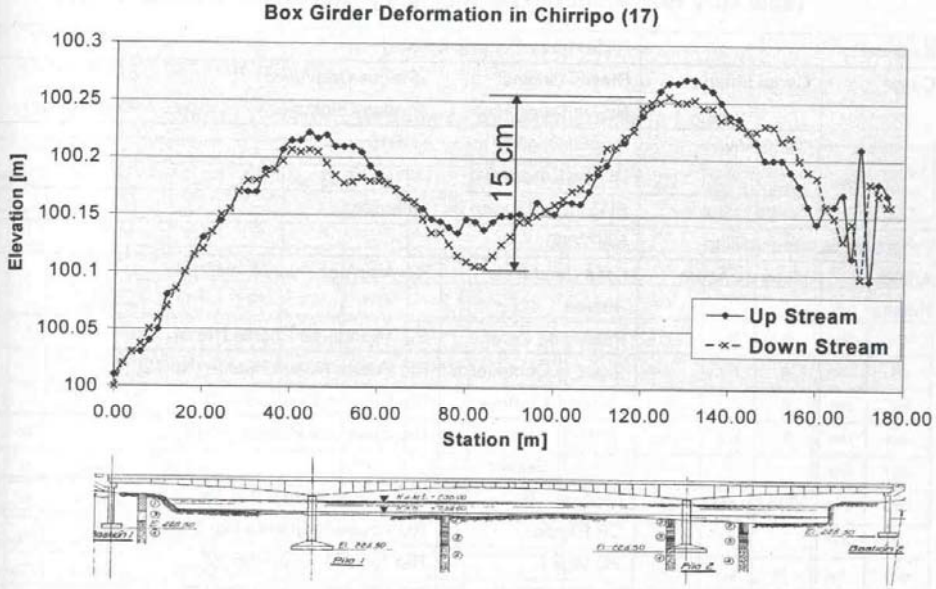


Figura 10.1.8. Deformación de las Viga Cajón en el Puente sobre el Río Chirripó (No.17)

10.1.5 Análisis de Capacidad de Carga del Puente

1) Metodología del Análisis

Con el fin de examinar la capacidad o la estabilidad de los 10 puentes contra la carga viva actual (HS20+25%) así como cargas de sismo, cargas de trabajo o esfuerzo de trabajo debe ser analizado por computadora para los miembros principales y compararlos con las fuerzas resistentes o esfuerzos admisibles.

Antes de computarizar la carga de trabajo o el esfuerzo de trabajo, se deben colectar los planos necesarios para hacer el modelo de análisis. Casi todos los planos de los 10 puentes están en el MOPT y tiene la suficiente información para hacer el modelo de análisis. Sin embargo, no hay suficiente información disponible en los planos del puente sobre el Río Abangares para hacer el modelo. Además, los planos del puente sobre el Rió Chirripó y el Río Sucio no están disponibles en el MOPT.

En el caso del puente sobre el Río Abangares, la información adicional sobre las formas de los miembros fue investigada por el MOPT y el Equipo de Estudio con las medidas de los espesores y dimensiones de algunos miembros, los cuales eran requeridos para realizar el modelo. Y en el caso del puente sobre el Río Chirripó, la información necesaria para analizar las cargas de trabajo o esfuerzos de trabajo fueron obtenidos de los planos del puente sobre el Río Virilla que es de el mismo tipo y misma dimensión

Análisis de salida incluyendo puentes a ser analizados y métodos de evaluación son mostrados a continuación.

Tabla 10.1.19. Contorno del Análisis y Método de Evaluación

Estandar		AASHTO (17th Edicion 2002)		
Carga	Carga Muerta	Diseño Original ; Planos Originales Nueva Carga Viva ; Planos Originales +Pavimento Asfáltico (5 cm)		
	Carga Viva	Diseño Original ; HS15 or HS20 Ulitima Carga Viva ; HS20+25%		
	Carga Sismica	El Código Sísmico de Costa Rica		
Programa de computacino		SAP2000		
Analiis Puente	Vigas de Acero	Losa Cercha de Puente		Rio Aranjuez Puente (No.2)
		Puente de Cercha		Rio Abangares Puente (No.3)
		Viga I	Compuesto	Rio Puerto Nuevo Puente (No.12)
			Continuo	Rio Chirripo Puente (No26)
			Viga Gerber	Rio Sarapiqui Puente (No19)
	Viga de concreto	Losa de CR		Rio Nuevo Puente (No.16)
		CR Rígido		Rio Azufrado Puente (No.7)
		PC Viga I		Rio Torres Puente (No.29)
		PC Viga Cajón		Rio Chirripó Puente (No.17)
Método de Evaluación	Superestructura	-Puente Cercha		Compara la fuerza de trabajo con la fuerza resistente
		-Viga I Compuesta		Compara el esfuerzo de trabajo con el permisible especificado en AASHTO (17th Edition 2002)
		-Viga PC		
		.Puente CR		Compara la fuerza de trabajo con la fuerza resistente
		-Viga I de acero		
Método de Evaluación	Subestructura	Compara la fuerza de trabajo con la fuerza resistente		
	Fundación	Fundación Extendida		La estabilidad fue evaluada por la excentricidad de carga Normal : e < B/6 Sismo : e ≤ B/3 e : Excentricidad de Carga B : Ancho de Fundación
		Fundación con Pilotes		Calcular la reaccion del pilote para la fuerza axial y evaluar por comparación con la capacidad de fuerza axial

2) Resultado del Análisis

a) Losa

Los resultados del análisis para las losas de los 10 puentes son mostrados en la Tabla 10.1.20. Esta tabla da la condición de capacidad de carga de la losa contra la carga viva, esta es HS20+25%, y es resumida abajo.

- De acuerdo al análisis computacional, la fuerza de trabajo obtenida con la nueva carga viva (HS20+25%) esta en un rango de entre 20% a 30% mayor a la capacidad de carga de diseño de la losa con HS15 de la carga viva en las rutas No.1 y No.2.
- Suponiendo que la losa fue diseñada originalmente con HS20, esto seria menos que la capacidad de carga de la losa.

Tabla 10.1.20. Resultado del Análisis de la Losa

Route	Bridge No.	Bridge Name	Original Condition					M(HS20+25%) +Pavement(5cm) (ft-kip)	Capacity	Required thikness of slab (cm)	M(HS20+25%)/MC	Damage Condition	year	Traffic Volume
			Live Load	Span Length (m)	Thickness (cm)	Re-bar area (cm2/m)	M (ft-kip)		Mc (ft-kip)					
1	2	Rio Aranjues	HS-15	1.951	17.78	11.13	2.9	4.6	3.4	24.1	1.35	×	1955	4,000
	3	Rio Abangares (129ft Bridge)	HS-15	1.372	16.51	11.13	2.1	3.5	3.1	18.6	1.13	××	1953	8,120
		Rio Abangares (200ft Bridge)	HS-15	1.372	16.51	11.13	2.1	3.4	3.1	18.1	1.10	×	1953	8,120
	7	Rio Asufrado	HS-15	1.707	16.51	11.13	2.5	4	3.1	21.3	1.29	×	1955	1,660
2	12	Rio Puerto Nuevo (Steel Bridge)	HS-15	1.585	17.78	11.13	2.4	3.8	3.4	19.9	1.12	△	1961	930
		Rio Puerto Nuevo (Concrete Bridge)	HS-15	1.707	16.51	11.13	2.5	4	3.1	21.3	1.29	○	1961	930
	16	Rio Nuevo	HS-15	1.707	16.51	11.13	2.5	4	2.97	22.2	1.35	○	1961	2,060
4	17	Rio Chirripo	HS-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1978	1,800
	19	Rio Sarapiqui	HS-20	1.219	17	11.13	2.5	3.1	3.1	17.0	1.00	○	1978	1,330
32	20	Rio Sucio	HS-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1978	6,900
	26	Rio Chirripo	HS-20	1.89	17	16.49	3.7	4.5	4.7	16.3	0.96	○	1978	4,185
218	29	Rio Trres	HS-20	1.554	18	15.34	3.1	3.8	6.3	10.9	0.60	×	1980	29,505

Note:
XX : observed holl and two direction crack with 30 cm space
X : observed two direction crack with 30 cm space
△: observed two direction crack with 50 cm space
○: observed one direction crack

b) Marco Principal y Sistema de Cubierta en Puentes de Cerchas

Las fuerzas de trabajo de cada miembro son mostradas en la Tabla 10.1.21, en la cual tanto HS20+25% como la antigua carga viva (HS15 o HS20) son consideradas en el diseño de la carga viva. La tabla indica la condición de las fuerzas de trabajo con las cargas HS20+25% las cuales son resumidas abajo.

- En el caso del puente sobre el Río Aranjuez

  Los miembros en compresión presentan problemas. Especialmente cada fuerza de trabajo en los miembros y en los miembros verticales del Marco Principal es entre un 30% a un 50% mayor que la fuerza resistente. Y la fuerza de trabajo del Sistema de Cubierta, como los es las vigas de cubierta y los largueros entre un 15% mayor que la fuerza resistente. Algunos otros miembros también son mayores que la fuerza resistente.

➢ En el caso del puente sobre el Río Abangares

Los miembros en compresión también presentan problemas. Las fuerzas de trabajo del Sistema de Cubierta son entre un 30% y 50% mayor a la fuerza resistente, los otros miembros están bien. Dando este Tipo de Puente en Curso, hay diferentes tendencias en el comportamiento del puente sobre el Río Aranjuez, el cual es un Puente Tipo Losa.

Tabla 10.1.21. Resultado del Análisis de la Superestructura (Armadura)

Route	Bridge No.	Bridge Name	Member	Original Condition			(HS20+25%) +Pavement(5cm)		Capacity		M(HS20+25%)/MC	V(HS20+25%)/VC	year	Traffic Volume
				Live Load	M(ft-kip) or T(kip)	V (Ksi)	M(ft-kip) or T(kip)	V (Ksi)	Mc(ft-kip) or Tc(kip)	Vc (Ksi)				
1	2	Rio Aranjues	Floor Beam	HS-15	210	40	300	60	265.3	126.2	1.13	0.48	1955	4,000
			Exterior beam	HS-15	99.6	27.4	156.6	43.2	148.7	84.8	1.05	0.51		
			Interior Beam	HS-15	110	30.1	170.1	46.9	148.7	84.8	1.14	0.55		
			Truss(Top)max	HS-15	109	-	139	-	647	-	0.21	-		
			Truss(Top)min	HS-15	-124	-	-161	-	-499	-	0.32	-		
			Truss(Vretical)max	HS-15	-252	-	-303	-	-299	-	1.01	-		
			Truss(Vretical)min	HS-15	-319	-	-413	-	-299	-	1.38	-		
			Diagonal Smax	HS-15	211	-	269	-	261	-	1.03	-		
			Diagonal Smin	HS-15	-147	-	-162	-	-157	-	1.03	-		
			Diagonal Cmax	HS-15	91	-	112	-	176	-	0.64	-		
			Diagonal Cmin	HS-15	-57	-	-84	-	-85	-	0.99	-		
			Truss(Lower S)max	HS-15	-230	-	-271	-	-252	-	1.08	-		
			Truss(Lower S)min	HS-15	-294	-	-378	-	-252	-	1.50	-		
			Truss(Lower C)max	HS-15	184	-	237	-	288	-	0.82	-		
			Truss(Lower C)min	HS-15	-191	-	-250	-	-207	-	1.21	-		
	3	Rio Abangares (129ft Bridge)	Floor Beam	HS-15	573	52	861	79	761	189	1.13	0.42	1953	8,120
			Exterior beam	HS-15	-	-	-	-	-	-	-	-		
			Interior Beam	HS-15	102	26	158	40	119	71.8	1.33	0.56		
			Truss(Top)max	HS-15	-	-	-	-	-	-	-	-		
			Truss(Top)min	HS-15	-	-	-	-	-	-	-	-		
			Truss(Lower)max	HS-15	-	-	-	-	-	-	-	-		
			Truss(Lower)min	HS-15	-	-	-	-	-	-	-	-		
			Diagonalmax	HS-15	-	-	-	-	-	-	-	-		
			Diagonalmin	HS-15	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Rio Abangares (200ft Bridge)	Floor Beam	HS-15	700	65	1047	100	818	282	1.28	0.35		
			Exterior beam	HS-15	-	-	-	-	-	-	-	-		
			Interior Beam	HS-15	151	31	231	48	166	94	1.39	0.51		
			Truss(Top)max	HS-15	-540	-	-600	-	-610	-	0.98	-		
			Truss(Top)min	HS-15	-620	-	-700	-	-610	-	1.15	-		
			Truss(Lower)max	HS-15	300	-	310	-	362	-	0.86	-		
			Truss(Lower)min	HS-15	250	-	250	-	362	-	0.69	-		
			Diagonalmax	HS-15	-	-	-	-	-	-	-	-		
			Diagonalmin	HS-15	-	-	-	-	-	-	-	-		

Nota 1) "+"; Tensión, "-"; Compresión

2) Los lugares coloreados son en los que las fuerza de de trabajo es mayor a la fuerza resistente

3) ☐ es más que un 30%

c) Puentes de Vigas de Acero I

El análisis de los resultados de los Puentes de Vigas de Acero I es mostrado en la Tabla 10.1.22. La tabla indica la condición de capacidad de carga de los Puentes de Vigas de Acero Tipo I contra la nueva carga viva (HS20+25%) y resume las condiciones de esfuerzo en la tabla a continuación.

- Cuando la carga viva de diseño fue considerada como HS15 y caculada con la nueva carga viva (HS20+25%), la fuerza de trabajo en las vigas de Hacer I y el esfuerzo de trabajo en los Componentes de Vigas de Acero I es de 30% a 50% mayor que la capacidad de carga de ambos tipos de vigas.
- Cuando la carga viva de diseño fue considerada como HS20, esta es 10% mayor que la capacidad de carga de ambos tipos de vigas.
- En el puente sobre el Río Puerto Nuevo, su esfuerzo de trabajo es mas grande que el esfuerzo permisible aun cuando la carga viva de diseño original fue HS15.

Tabla 10.1.22. El Resultado del Análisis de la Superestructura (Vigas de Acero I)

Vigas de Acero I no Compuestas

Route	Bridge No.	Bridge Name	Member	Original Condition			(HS20+25%) +Pavement(5cm)		Capacity		M(HS20+25%)/MC	V(HS20+25%)/VC	year	Traffic Volume
				Live Load	M (ft-kip)	V (Ksi)	M (ft-kip)	V (Ksi)	Mc (ft-kip)	Vc (Ksi)				
2	12	Rio Puerto Nuevo (70ft Span)	Interior Beam	HS-15	1247	75	1730	105	1263	329	1.37	-	1961	930
			Exterior beam	HS-15	1130	63.2	1591	97	1350	331	1.18	-		
4	19	Rio Sarapiqui (Pier suport)	Interior Beam	HS-15	2674	143	3243	165	2910	394	1.11	0.418782	1969	1,330
32	26	Rio Chirripo (First span)	Suporting point	HS-20	10165	241	11177	263	10343	614	1.08	0.43	1978	4,185
		Rio Chirripo (Center span)	Suporting point	HS-20	10165	241	11177	263	10343	614	1.08	0.43		

Vigas de Acero I Compuestas

Route	Bridge No.	Bridge Name	Member	Original Condition			(HS20+25%) +Pavement(5cm)		Capacity		f(HS20+25%)/fC	V(HS20+25%)/VC	year	Traffic Volume
				Live Load	f (ksi)	V (Ksi)	f (ksi)	V (Ksi)	fc (ksi)	Vc (Ksi)				
2	12	Rio Puerto Nuevo (80ft Span) (Composite beam)	Int bottom	HS-15	28.2	-	38.4	-	24.8	-	1.55	-	1961	930
			Int top	HS-15	25.5	-	33.8	-	24.8	-	1.36	-		
			Int slab Concrete	HS-15	0.7	-	1.1	-	1.2	-	0.92	-		
			Ext bottom	HS-15	20.4	-	31.4	-	24.8	-	1.27	-		
			Ext top	HS-15	20.7	-	32	-	24.8	-	1.29	-		
			Ext slab Concrete	HS-15	0.6	-	1.1	-	1.2	-	0.92	-		
4	19	Rio Sarapiqui (Center span) (Composite Beam)	Int bottom	HS-15	20.5	50	24.7	69	19.8	349	1.25	0.20	1969	1,330
			Int top	HS-15	15.3		16.5		19.8		0.83			
			Int slab Concrete	HS-15	0.1	-	0.2	-	1.2	-	0.17	-		
32	26	Rio Chirripo (First span)	Mid Section bottom	HS-20	24	213	26	231	23	435	1.13	0.53	1978	4,185
			Mid Section top	HS-20	17.9		18.4		23		0.80			
			Mid Section Concrete	HS-20	0.2	-	0.2	-	1.2	-	0.17	-		
		Rio Chirripo (Center span)	Mid Section bottom	HS-20	22	214	25	232	23	435	1.09	0.53		
			Mid Section top	HS-20	15.2		16		23		0.70			
			Mid Section Concrete	HS-20	0.2	-	0.2	-	1.2	-	0.17	-		

Nota

1) Los lugares coloreados son en los que las fuerza de de trabajo es mayor a la fuerza resistente

3) ☐ es más que un 30%

d) Vigas de concreto reforzado (CR), puentes de vigas de losa y puentes de vigas PC tipo I

El resultado del análisis de puentes de Vigas de Losa de CR esta mostrado en la tabla 10.1.23. La tabla indica la condición de capacidad de carga para ambos tipos de puentes contra las nueva carga viva (HS20+25%) y se resume la condición de esfuerzo abajo.

- En el caso de Vigas de Losas de CR

  Cuando la carga viva de diseño original fue considerada como HS15, la fuerza de trabajo calculada con la nueva carga viva (HS20+25%) es mayor a la capacidad de carga de las vigas de losa de CR. Especialmente en Río Azufrado (puente No.7), Río Nuevo (puente No.16) que son puentes de sección no uniforme, la fuerza de trabajo es 1.5 o 2 veces mayor a la capacidad de carga. Por otro lado, en el Río Puerto Nuevo que es de sección uniforme, su fuerza de trabajo es sólo un 20% mayor a la capacidad de carga, en donde la fuerza cortante es mayor a la capacidad de cortante.

- En el caso de las Vigas I PC (Río Torres)

  En el caso del esfuerzo de tensión en los tramos de 30m de longitud con la nueva carga viva (HS20+25%) es más de un 20% que el esfuerzo de tensión permitido en las alas inferiores de las vigas I PC, en donde el esfuerzo de tensión en los tramos de 17m es muy pequeño, es solo 3 m.

Tabla 10.1.23. Resultado del Análisis de la Superestructura (Viga de concreto)

Viga de Losa de CR

Route	Bridge No.	Bridge Name	Member	Original Condition			(HS20+25%) +Pavement(5cm)		Capacity		M(HS20+25%)/MC	V(HS20+25%)/VC	year	Traffic Volume
				Live Load	M (ft-kip)	V (Ksi)	M (ft-kip)	V (Ksi)	Mc (ft-kip)	Vc (Ksi)				
1	7	Rio Asufrado	Mid Span	HS-15	388	9	574	15	419	54	1.37	0.28	1955	1,660
			Column Junction	HS-15	1057	80	1541	112	967	123	1.59	0.91		
2	12	Rio Puerto Nuevo	Interior Beam	HS-15	868	74	1147	100	962	89	1.19	1.12	1961	930
			Exterior beam	HS-15	841	72	1127	99	896	89	1.26	1.11		
	16	Rio Nuevo	Mid Span	HS-15	587	15	920	21	438	53	2.10	0.40	1961	2,060
			Column Junction	HS-15	1147	89	1554	122	1418	155	1.10	0.79		

Viga I PC

Route	Bridge No.	Bridge Name	Member	Original Condition			(HS20+25%) +Pavement(5cm)		Capacity		f(HS20+25%)/fc	V(HS20+25%)/VC	year	Traffic Volume
				Live Load	f (ksi)	V (Ksi)	f (ksi)	V (Ksi)	fc (ksi)	Vc (Ksi)				
218	29	Rio Torres 30m Span PC Beam	Top	HS-20	-1.10	-	-1.17	-	-1.68	-	0.70	-	1980	29,505
			Bottom	HS-20	2.2	-	4.1.4	-	3.2.7	-	1.27	-		
		Rio Torres 30m Span PC Beam	Top	HS-20	-7.1.6	-	-7.6.5	-	-1.68	-	0.46	-		
			Bottom	HS-20	-1.6.7	-	3	-	3.2.7	-	0.09	-		

Nota

1) "+"; Tensión, "-"; Compresión
2) Los lugares coloreados son en los que las fuerza de de trabajo es mayor a la fuerza resistente
3) ☐ es más que un 30%

e) Puentes de Vigas Cajón PC

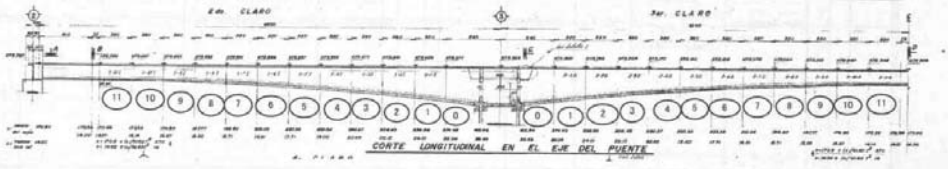
Dado que no hay planos de como fue construido el puente sobre el río Chirripó en el MOPT, la información necesaria para hacer el modelo analítico, como las capas de cables PC y la fuerza de tensión, fue tomada de los planos del puente sobre río Virilla, el cual es de el mismo tipo y de las mismas dimensiones que el puente sobre el río Chirripó.

El esfuerzo de trabajo de la viga está en la Tabla 10.1.24. El análisis fue hecho por tres (3) diferentes condiciones de flujo plástico, se consideró 0, 10 y 20% del flujo plástico y 20% de la perdida de preesfuerzo. Un flujo plástico de 0 es una condición poco probable para un puente de 20 años de vida. El 10% y 20% del flujo plástico es una buena condición y el puente debería estar bien para ambas cargas.

Tabla 10.1.24. Esfuerzos de Trabajo de Vigas Cajón PC en Puente sobre Río Chirripó B (No.17)

(Unit:kg/cm2)

Creap	Block No.		12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	Pier	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0%	top	σ max	18	18	27	43	43	53	50	55	41	41	52	60	69	87	61	51	30	26	9	2	7	−1	5	−3	−10	−30
		σ min	18	−2	−2	9	7	16	15	21	10	14	31	42	52	68	47	40	22	20	4	−5	−5	−19	−19	−33	−48	−69
	bottom	σ max	69	92	102	101	117	115	127	114	124	136	125	120	126	122	126	118	132	123	122	135	137	156	155	158	173	194
		σ min	69	60	59	50	63	61	75	66	82	100	98	98	105	99	110	105	121	115	116	125	120	130	120	113	117	133
10%	top	σ max	19	19	31	49	52	64	64	70	58	60	69	79	89	110	81	70	49	48	31	24	29	22	28	22	15	−3
		σ min	19	−1	2	15	15	27	28	36	27	32	48	60	72	91	68	60	41	42	26	17	17	4	5	−8	−22	−43
	bottom	σ max	68	91	97	92	104	98	108	93	101	112	104	98	102	95	102	94	107	94	92	104	105	123	120	121	135	153
		σ min	68	59	54	41	50	44	56	45	59	76	76	76	81	72	86	82	97	87	86	94	87	96	85	77	79	93
20%	top	σ max	19	20	35	56	60	74	74	81	69	70	78	88	99	120	92	82	61	64	49	45	53	50	59	57	53	37
		σ min	19	0	6	22	24	37	39	47	38	43	57	69	81	102	79	71	53	58	44	38	41	32	36	27	16	−3
	bottom	σ max	66	89	91	82	91	84	93	77	86	98	91	87	91	82	89	81	91	73	67	74	70	82	74	70	78	92
		σ min	66	58	48	31	38	30	41	30	44	62	64	65	70	60	73	68	80	65	61	64	52	56	39	25	23	31



○ ; Block No.

Allowable compressinon stress 140 kg/cm2
Allowable tension stress −30 kg/cm2

Nota

1) "-"; Tensión, "+"; Compresión
2) ▭ excede el esfuerzo admisible

f) Subestructura

El análisis de los resultados de la subestructura se muestra en la Tabla 10.1.25 y Tabla 10.1.26. Las tablas indican la condición de capacidad de carga de los miembros de la subestructura contra la carga de sismo (CS). Aunque no hay información con respecto a las condiciones de esfuerzo de trabajo contra la nueva carga viva HS20+25% en esta tabla, se considera que todos los miembros de la subestructura están bien.

En el caso de CS, el esfuerzo de trabajo del refuerzo de la pila excede el esfuerzo admisible en el puente sobre el Río Aranjuez (No.2), Puente sobre el Río Nuevo (No.16) y puente sobre el Río Torres (No.29), en donde se considero que todos los bastiones están bien.

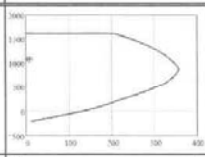
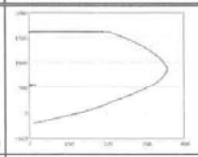
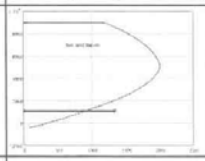
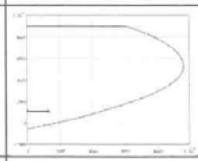
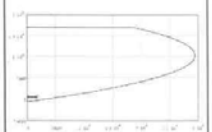
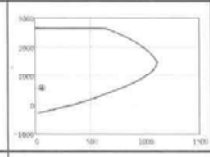
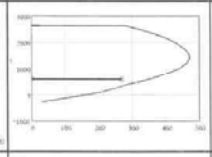
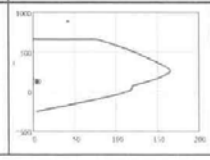
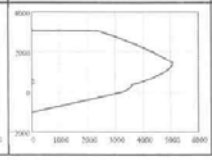
Las pilas en le puente sobre el Río Aranjuez y puente sobre el Río Nuevo son de tipo muro y su espesor es muy delgado.

Las pilas en el puente sobre el Río Torres es una columna delgada.

A pesar del hecho de que el puente sobre el río Nuevo también tiene columnas delgadas como pilas, sus esfuerzos de trabajo en la pila son menores que los permisibles. Ambos puentes difieren en su tipo de subestructura. La diferencia en las subestructuras conlleva a diferencias en el comportamiento estructural porque las vigas de acero son más delgadas que las de concreto.

Se resume que el esfuerzo de trabajo de la pila tiende a exceder al esfuerzo admisible cuando se utilizan los apoyos fijos y/o cuando la superestructura es de vigas de concreto.

Tabla 10.1.25. Resultado del Análisis de la Superestructura (1)

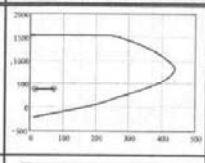
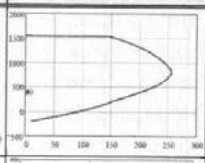
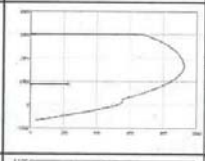
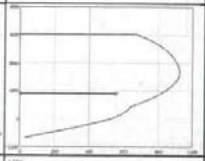
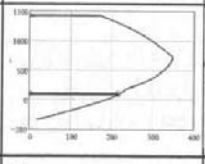
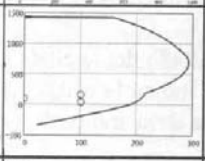
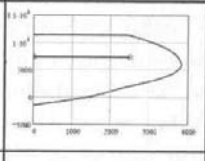
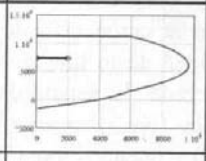
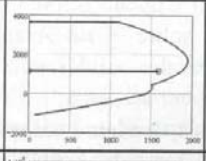
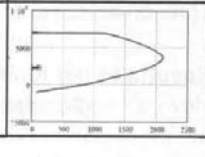
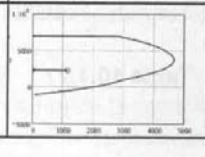
Route No.	Bridge No.	Bridge Name	Typr of superstructure	Design Live Load	Member	Type of substrucuture	Fix or Move	Longitudinal	Transversal	Evaluation
1	2	Rio Aranjues	3 Span Continuous Truss (Deck Bridge)	HS-15	Abutment 1	Rigid Frame	Exp			
					Pier 2	Wall	Fix			Not Ok
	3	Rio Abangares	2 Span Simple Truss (Through Bridge)	HS-15	Pier 1	Wall	Exp	-		
					Abutment 2	Rigid Frame	Fix			
	7	Rio Azufrado	RC Riged Frame	HS-15	Pier	Wall	Fix			

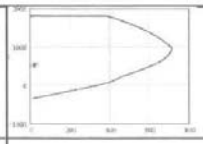
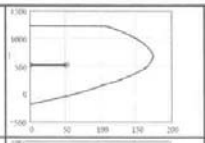
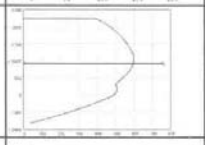
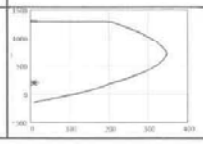
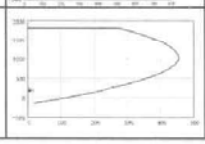
Nota

1) Eje Horizontal es el momento, Eje Vertical es la fuerza axial

2) Línea roja es la fuerza resistente con la combinación entre el momento y fuerza axial
3) Línea azul es la fuerza actual del momento y de la fuerza axial

Tabla 10.1.26. Resultado del Análisis de la Superestructura (2)

Route No.	Bridge No.	Bridge Name	Typr of superstructure	Design Live Load	Member	Type of substrucuture	Fix or Move	Longitudinal	Transversal	Evaluation
2	12	Rio Puerto Nuevo	Steel I Beam (Simple Girder)	HS-15	Abutment 1	Rigid Frame	Fix			
					Pier 2	T Type Pier (Column)	Fix			
	16	Rio Nuevo	3 Span Continuous RC Beam	HS-15	Pier 1	Rigid Frame	Fix			Not OK
4	17	Rio Chirripo	3 Span Continuous PC Box Beam	HS-20	Pier 1	Wall	Fix			
	19	Rio Sarapiqui	3 Span Gerber Beam	HS-15	Pier 1	T Type Pier (Ellipse)	Exp	-		
32	26	Rio Chirripo	6 Span Continuous Steel I Beam	HS-20	Pier 3	Wall	Fix			

218	19	Rio Toress	3 Span Simple PC I Beam	HS-20	Abutment 1	Rigid Frame	Fix			
					Pier	T Type Pier (Column)	Move	-		Not Ok
					Abutment 2	Rigid Frame	Fix			

g) Fundaciones Extendidas

El resultado del análisis de las fundaciones corridas están mostrados en la tabla 10.1.27. La tabla indica la estabilidad de la fundación corrida contra la nueva carga viva Hs20+25% y la carga de sismo (CS). La estabilidad es evaluada por la excentricidad de carga.

Cuando la carga viva de diseño se considera como la nueva carga viva (HS20+25%), la estabilidad de la fundación es aceptada en 9 puentes. Sin embargo, cuando la carga CS es considerada, la estabilidad de la fundación ya no es aceptada en el puente sobre el río Aranjuez (No.2), puente sobre el río Abangares (No.3), puente sobre el río Puerto Nuevo (No.12) y puente sobre el río Torres (No.29). Esto se nota especialmente en la estabilidad del puente sobre el río Aranjuez que no está bien tanto en la dirección longitudinal como la transversal, considerando que los otros puentes son inestables solo en la dirección transversal.

Las pilas tienden a ser menos estables con respecto a los bastiones y la dirección transversal tiende a ser menos estable que la dirección longitudinal.

Tabla 10.1.27. Resultado del Análisis de la Estabilidad de la Fundación (Fundación Corrida)

Route	Bridge No.	Bridge Name	Member	Live Load	Longitudinal							Transversal							Evaluation	year
					Width (m)	No EQ			EQ			Width (m)	No EQ			EQ				
						qmax (tm²)	qmin (tm²)	e	qmax (tm²)	qmin (tm²)	e		qmax (tm²)	qmin (tm²)	e	qmax (tm²)	qmin (tm²)	e		
1	2	Rio Aranjuez	Abutment 1	HS-15	7.468	-	-	-	-	-	-	3.656	30.48	30.48	0	35.79	25.17	0.107		1955
			Pier 2		4.267	20.08	20.08	0	-9.13	0		7.315	20.08	20.08	0	-42.22	0		Not OK	
	3	Rio Abangares	Abutment 2	HS-15	4.572	42.15	34.1	0.079	53.87	22.37	0.314	2.591	38.12	38.12	0	596.91	0	1.196	Not OK	1953
			Pier 1		2.743	-	-	-	-	-	-	12.497	18.56	18.56	0	255.52	0	5.642	Not OK	
	7	Rio Azufrado	Pier 1	HS-15	8.23	-	-	-	26.73	26.16	0.015	-	-	-	-	-	-	-		1956
2	12	Rio Puerto Nuevo	Abutment 1	HS-15	4.267	20.69	25.21	0.07	6.13	39.77	0.521	3.048	22.95	22.95	0	25.36	20.55	0.052		1961
			Pier 2		5.486	22.93	22.93	0	40.8	5.06	0.713	5.486	22.93	22.93	0	74.81	0	1.622	Not OK	
4	17	Rio Chirripo	Pier 1	HS-20	9.5	57.118	57.118	0	88.622	25.414	0.878	10.5	57.118	57.118	0	85.803	28.433	0.878		1976
218	29	Rio Tores	Abutment 1	HS-20	6	13.97	24.94	0.283	11.64	27.26	0.402	3.5	19.45	19.45	0	27.79	11.11	0.25		1980
			Abutment 2		3.5	20.24	24.45	0.065	14.01	30.67	0.216	2	22.34	22.34	0	32.36	12.32	0.149		
			Pier 1		-	-	-	-	-	-	-	7.5	12.59	12.59	0	39.01	0	2.137	Not OK	
			Pier 2		-	-	-	-	-	-	-	7	11.16	11.16	0	20.8	1.52	1.009		

h) Fundación con Pilotes

El resultado del análisis de las fundaciones con pilotes se muestra en la Tabla 10.1.28. La tabla indica la estabilidad de la fundación con pilotes contra la nueva carga viva (HS20+25%) y la carga de sismo (CS).

Tres (3) puentes de los 10 puentes tienen fundaciones con pilotes, como lo son el puente sobre el río Nuevo (No.16), puente sobre el río Sarapiquí (No.19) y el puente sobre el río Chirripó (No.26), y en dos (2) puentes de estos tres (3) como el puente sobre el río Nuevo (No.16) y el puente sobre el río Sarapiquí (No.19), la fuerza axial de la reacción del pilote es mayor a la capacidad de carga permisible del pilote. Especialmente en el puente sobre el río Sarapiquí (No.19), la fuerza axial de la reacción del pilote es mayor a la capacidad de carga del pilote aún bajo condiciones normales.

Tabla 10.1.28. Resultado del Análisis de la Estabilidad de la Fundación (Fundación con Pilotes)

Route	Bridge No.	Bridge Name	Member	Live Load	Pile Type	Pile length	Allowable Axial Force		Longitudinal				Transversal				Evaluation	year
									No EQ		EQ		EQ		No EQ			
							Normal	EQ	Pmax (KIP)	Pmin (KIP)	Pmax (KIP)	Pmin (KIP)	Pmax (KIP)	Pmin (KIP)	Pmax (KIP)	Pmin (KIP)		
2	16	Rio Nuevo	Abutment 1	HS-15	14"x14"	16.764	18	27	-	-	12.169	10.12	-	-	-	-	Not OK	1961
			Pier 1			9.144	19	28.5	13.79	13.79	62.385	-34.806	32.244	-4.665	13.79	13.79		
4	19	Rio Sarapiqui	Abutment 1	HS-15	12"B53	24	22	33	-	-	-	-	41.44	-1.02	108.489	108.489	Not OK	1969
			Pier 1			13.3	12	18	-	-	-	-	418.183	-201.205	108.489	108.489		
			Pier 2			14.5	13	19.5	-	-	-	-	107.239	-32.132	37.554	37.554		
32	26	Rio Chirripo	Pier 3	HS-20	14"BP89	30	100	150	57.118	57.118	117.16	105.32	142.27	80.21	111.24	111.24		1978

10.2 Prueba de Carga de Puentes

10.2.1 Generalidades

En el diseño del puente la seguridad estructural se evalúa por varios análisis de modelajes estructurales. Esos análisis y modelajes incluyen muchas premisas basadas en la experiencia esto para simplificar los métodos de diseño. Consecuentemente, hay algunas diferencias entre el diseño de análisis y la condición actual del puente.

Las pruebas de carga que se llevaron acabo con la propuesta de evaluación de la capacidad de carga y la durabilidad a la fatiga para miembros de acero por medio de la medida de la deformación y los esfuerzos en el puente bajo la carga a la que se somete actualmente el puente. Estos resultados de la prueba son utilizados como material para el plan de refuerzo y reparación del puente, después de comparar los resultados entre el análisis estructural y las pruebas de carga.

Para puentes viejos, donde no contamos con los planos de diseño, se lleva a cabo la prueba de carga con el propósito de establecer las condiciones del análisis estructural para el diseño de la reparación y rehabilitación.

10.2.2 Propuesta de la Prueba

Como se describió anteriormente, las pruebas de carga son uno de los métodos para la rehabilitación y reparación de puentes evaluando la capacidad de carga y la durabilidad de fatiga de los miembros de acero. Sin embargo, existe poca experiencia sobre pruebas de carga en Costa Rica. Únicamente las deflexiones del puente bajo camiones totalmente cargados fueron medidas utilizando niveles.

Las pruebas de carga en los puentes de este Proyecto se llevaron a cabo con el propósito de brindar transferencia técnica acerca de pruebas de carga para ingenieros en universidades y sector privado así como para la contraparte de Costa Rica. Las pruebas de carga fueron llevadas a cabo por el equipo de estudio y la contraparte costarricense utilizando los últimos equipos de medición.

10.2.3 Entrono de las Pruebas de Carga

Las pruebas de carga fueron llevadas a cabo en dos de los 10 puentes los cuales fueron seleccionados con el objetivo de rehabilitación, tomando en cuenta los siguientes puntos del estudio:

1) Confirmar las características especificas de la estructura del puente
   -Comparación con resultados del análisis estructural y los resultados de Pruebas de Carga

2) Confirmar las características especificas de la fatiga de los miembros de acero
   -Predicción de la Fatiga basados en la frecuencia de esfuerzos

3) Confirmar la relación entre carga y esfuerzo
   -Comparación con los resultados del análisis estructural y los resultados de las pruebas de carga.

Los contenidos de las pruebas de carga se enlistan en a la Tabla 10.1.1.

Tabla10.2.1. Contenidos de las Pruebas de Carga

Ítem de Prueba	Ítem de Medida	Condiciones de Carga
Prueba de Carga Estática	-Deflexión de la viga de puente -Esfuerzo del Miembro de Acero del Puente	-Carga de Camión Estático
Prueba de Carga Dinámica (Prueba de Medida de Frecuencia de Esfuerzos)	-La frecuencia de esfuerzos la cual genera altas posibilidades de la ruptura dado la fatiga	- Prueba de Camión en movimiento -Prueba de Tránsito Actual

10.2.4 Puentes Objetivos e Ítems de Pruebas de Carga

Los puentes seleccionados para la prueba fueron el No.17 Puente sobre el Río Chirripó y No.29 Puente Sobre Río Chirripó. Estos dos puentes fueron seleccionados debido a que son tipos típicos de puentes de concreto y acero respectivamente. La medida del esfuerzo bajo la prueba de carga de l puente es normalmente llevada a cabo para puentes de acero y no en puentes de concreto por las siguientes razones:

-El concreto en un compuesto de arena, piedra y cemento, no es un material simple como el acero. Por consiguiente, la deformación en una pequeña área del concreto se ve afectada por las características del material y no puede ser convertida al esfuerzo del concreto.

-El esfuerzo a tensión del concreto se ignora en el diseño estructural. Por consiguiente, la comparación de esfuerzo en el concreto entre los resultados de la prueba y del análisis estructural no tiene razón de ser.

Como el puente sobre el río Chirripó No.17 es un puente de concreto pretensado, las medidas de deflexión de la viga principal serán llevadas a cabo por prueba de carga estática.

1) Puentes Objetivo de las Pruebas de Carga

La Figura 10.2.1 muestra la localización de los puentes a los que se les realizaran las pruebas de carga

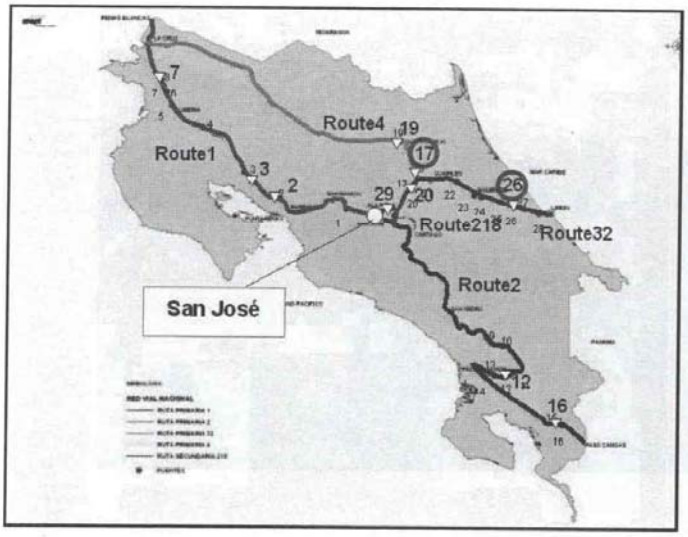


Figura 10.2.1. Localización de los Puentes

2) Ítems de Pruebas de Carga

Las actividades de las pruebas de carga para cada puente fueron seleccionadas como se muestra en la tabla 10.2.2. La vista general del puente se muestra en la figura 10.2.2 y 10.2.3.

Tabla 10.2.2. Ítems de Pruebas de Carga

Ítem de Prueba	Puentes Objeto	
	Nombre Puente (No. Ruta.)	Tipo de Puente (Longitud & Tramos)
Prueba de Carga Estática	No.17 Puente Chirripó Ruta 4	PC 3 Tramos de Viga Cajón Continua 46.50 + 82.80 + 46.50 = 175.80 m
Prueba de Carga Estática	No.26 Puente Chirripó Ruta 32	Vigas I de Acero Simplemente apoyadas + 6 Tramos de Vigas I de Acero Continuas 15.86 + (59.39 +67.0 +73.2 +73.2 +67.0 +59.39) = 415.52 m
Prueba de Carga Dinámica		
Prueba de Tránsito Actual (Prueba de Medida de Frecuencia de Esfuerzo)		

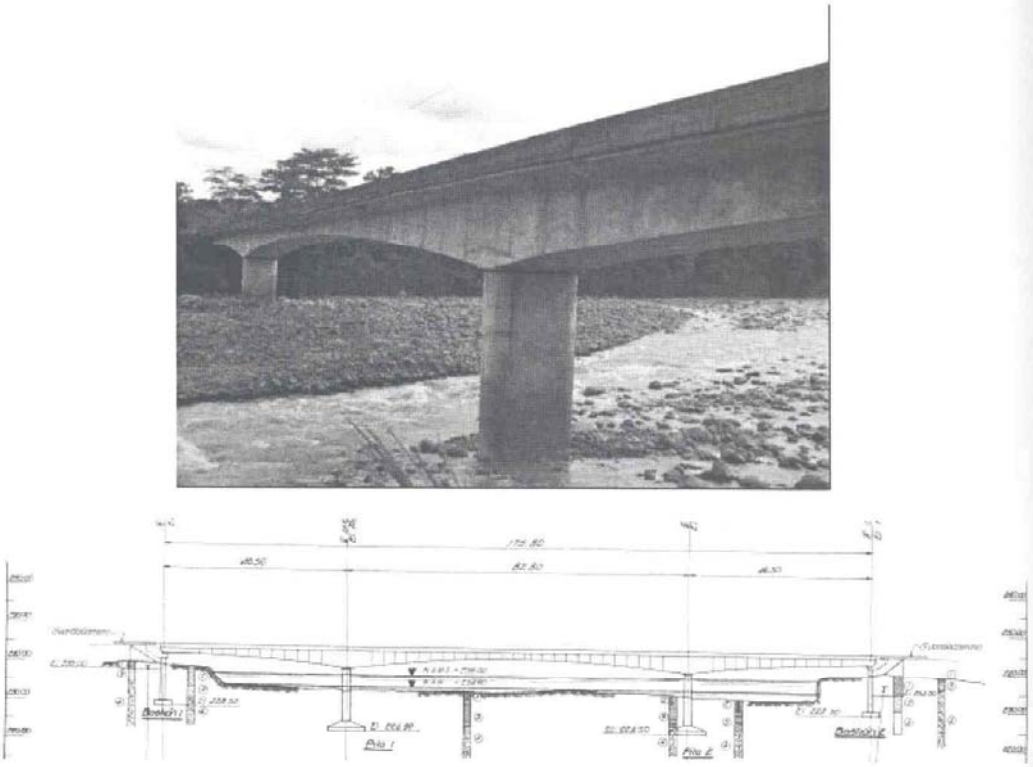
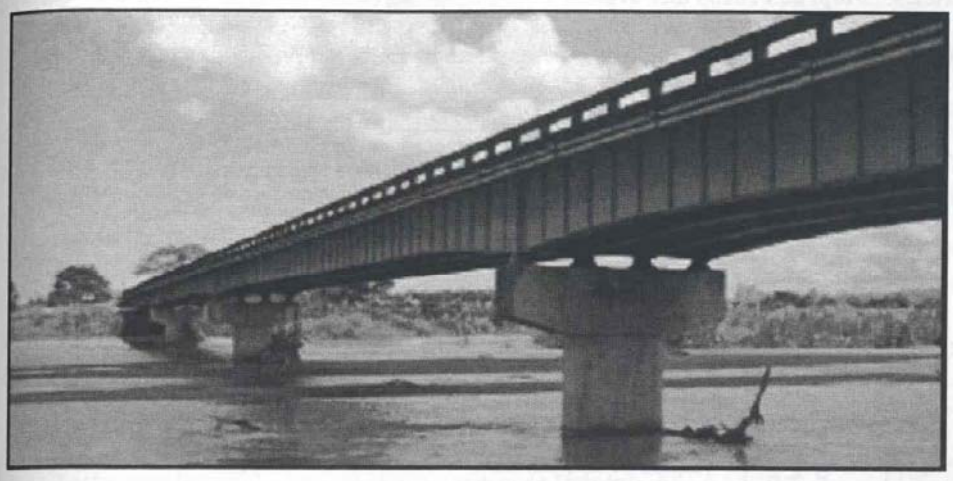


Figura 10.2.2. Puente Sobre el Río Chirripó No.17



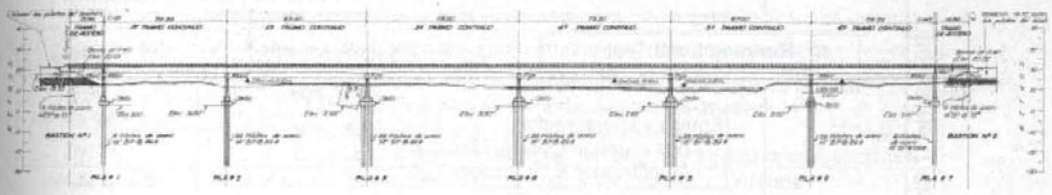


Figura 10.2.3. Puente Sobre el Río Chirripó No.26

10.2.5 Flujo de Prueba de Carga

La Figura 10.2.4 muestra el flujo de pruebas de carga

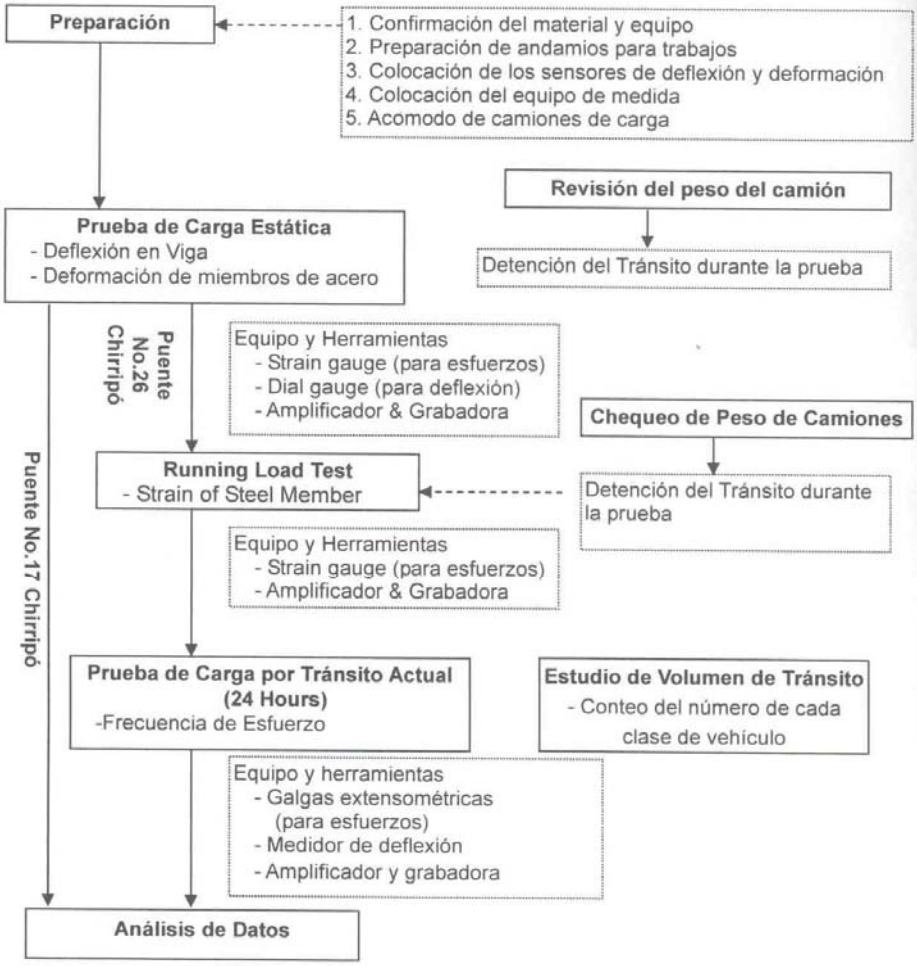


Figura10.2.4. Flujo de Prueba de Carga

10.2.6 Horario de Pruebas de Carga

Las pruebas de carga fueron llevadas como se muestra en la tabla 10.2.3. La preparación para las pruebas comenzó a mediados de julio. Se utilizó en la medida de lo posible los equipos y herramientas locales, a excepción de las galgas extensométricas (strain gauges) y el equipo de medida de deflexión, el cual fue importado desde Japón.

La Prueba de Carga Estática en el Puente No.17 Chirripó se llevo a cabo temprano en la mañana del 29 de Agosto y la Prueba de Carga Estática y la Prueba de Carga Dinámica en el Puente No.26 Chirripó fue llevada a cabo temprano en la mañana del 30 de Agosto para minimizar la influencia de la suspensión del tráfico durante la prueba. La prueba de Tráfico en el Puente No.26 Chirripó se comenzó a las 12:00 del 30 de Agosto y se continúo por 24 horas y el conteo del volumen de tránsito fue continuado durante el mismo periodo de la prueba.

Tabla 10.2.3. Horario de las Pruebas de Carga en los Puentes

Fecha		Ítem de Trabajo	
Mediados de Julio		• Explicación acerca de Pruebas de Carga de Puentes por la Contraparte • Comienzo de Arreglos de Materiales y equipo • Seminario uso de galgas extensométricas y equipo recolector de datos	
Finales de Julio		• Selección de Contratistas para Andamios y Camiones de Carga	
Inicios de Agosto		• Información y Solicitudes a Organizaciones Relacionadas y Gobierno - Oficina de Transito: suspensión durante las pruebas - ICE: Suplir de energía eléctrica provisional - Organizaciones y usuarios de via: Informar sobre las suspensiones	
Mediados de Agosto		• Seminario sobre uso de Strain Gauges y Grabador de Datos • Fabricación de Herramientas de Medida de Deflexión	
Agosto	Semana	No.17 (Ruta 4)	No.26 (Ruta 32)
22	Mar		- Inicio del Colocado de Andamios
23	Mier		- Culminación de Colocado de Andamios
24	Jue	14:00: Chequeo de Herramientas de Deflexión (Pre-colocado)	09:00: : Chequeo de Herramientas de Deflexión (Pre-colocado) 09:30: Instalación de Servicio Eléctrico 10:30: Tamaño y Peso de Camiones
25	Vier		
26	Sab		06:00: Colocación de Gauges 10:00: Marcas de Posición de Camiones
27	Dom	8:00 Marcas de Posición de Camiones	06:00: Colocación de Gauges
28	Lun	11:00 Instal. Herram. Deflexión (Anclaje)	06:00: Chequeo de Colocación de Gauges
29	Mar	02:30 Reunión en Campo 03:00 Medida del Peso de Camiones 03:00 Coloc. de Herram. de Deflexión **05:00 Prueba Carga Estática hasta 7:00** 07:00: Remover de equipo de prueba	13:00: Conexión de Sistema de Recolección de Datos
30	Mier		01:30 30 Reunión en Campo 02:00 Chequeo Sis. Recolección de Datos 02:00 Colocar Herramientas de Deflexión 02:00 Medida de Peso de Camiones **04:00 Prueba Carga Estática & Dinámica hasta las 8:00** **12:00: Prueba Carga de Tránsito**
31	Jue		**12:00: Fin Prueba de Carga de Tránsito** 13:00: : Remover de equipo de prueba
1	Vier		08:00: Remover Andamios

10.2.7 Prueba de Carga para Puente No.17 Chirripó

La prueba de carga en el Puente No.17 Chirripó fue llevada para confirmar las relaciones entre la carga y la deflexión de la viga principal. La evaluación de la capacidad de carga con la prueba de carga se desarrollo de acuerdo con la secuencia que se muestra en la figura 10.2.5

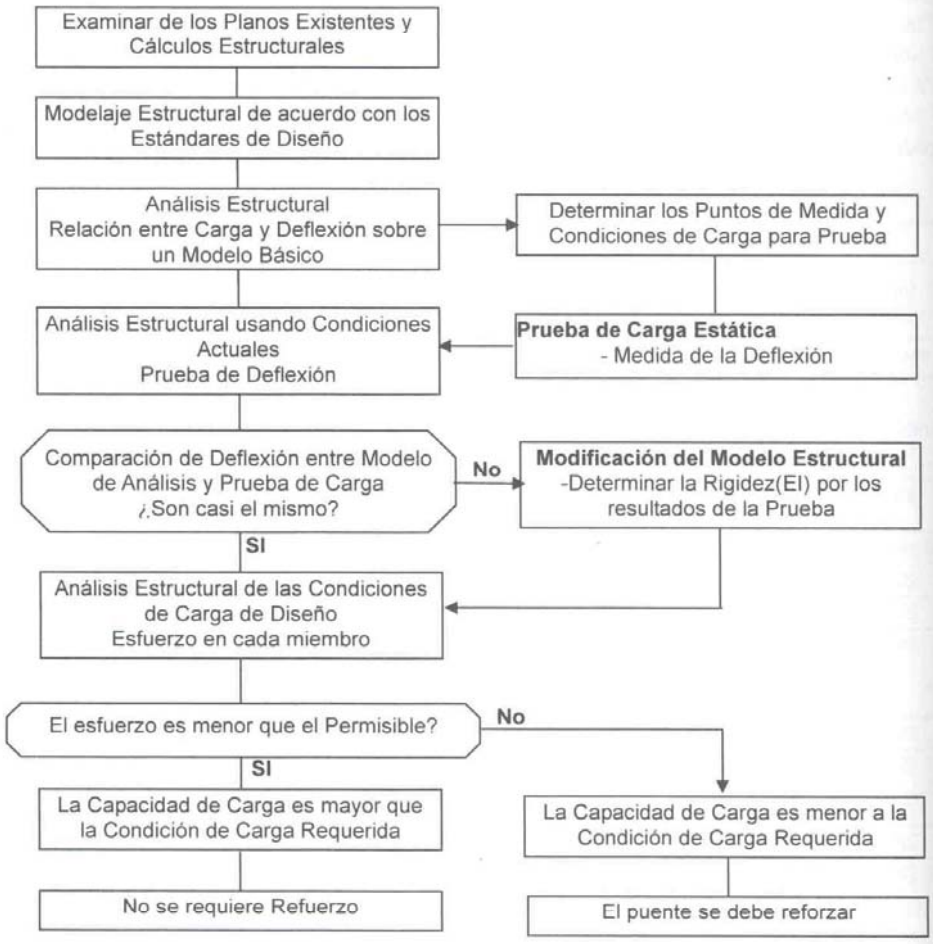


Figura 10.2.5 Secuencia Evaluación para Capacidad de Carga

1) Puntos de Medida de Deflexión

Los puntos de medida de deflexión para el puente No.17 Chirripó fue en ambos lados del centro del tramo principal como se muestra en la figura 10.2.6. La deflexión debe ser medida con el equipo de medida de deflexión como se muestra en la Figura 10.2.7.

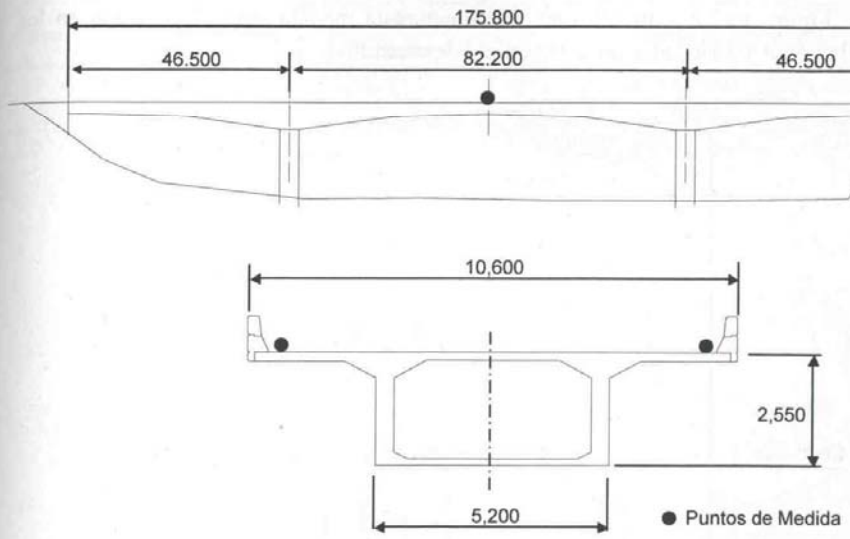


Figura10.2.6. Puntos de Medida para Puente No.17 Chirripó

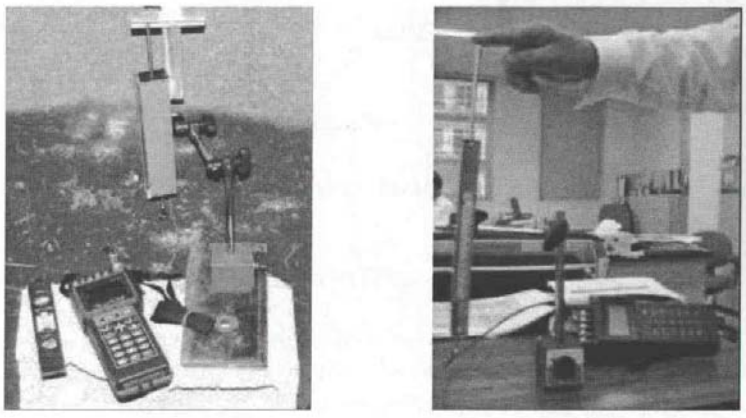


Figura 10.2.7. Equipos de Medida de Deflexión

2) Método de Medida para Deflexiones

Los puntos de medida del puente se localiza en una pequeña isla en el río y es imposible medir los puntos de deflexión en el cauce. La altura de la superficie del puente es de 15 metros desde el cauce existente. Por consiguiente, la deflexión fue medida en la superficie del puente utilizando herramientas de medida fabricadas con tubos de acero y angulares como se muestra en le Figura 10.2.8 y 10.2.9. Las herramientas de medida fueron colocadas en los puntos de deflexión a ambos lados de la superficie de concreto.

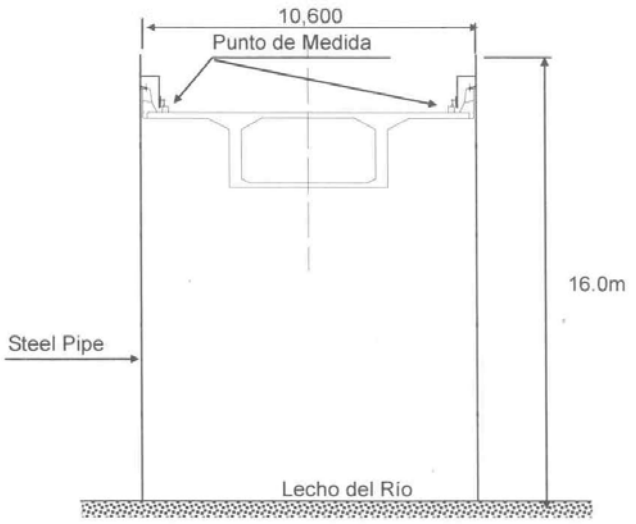


Figura 10.2.8. Método de Medida de Deflexión en Puente No.17 Chirripó

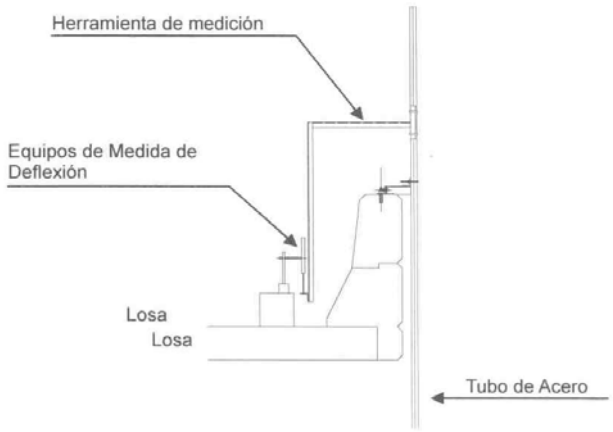


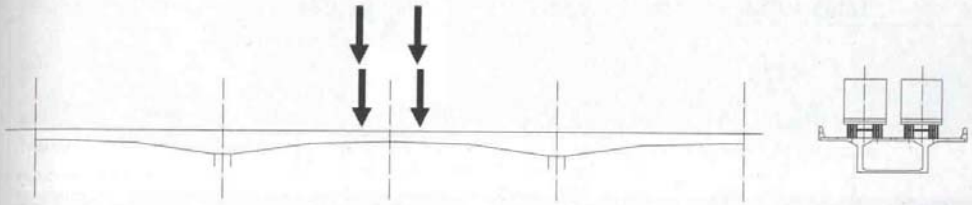
Figura 10.2.9 Herramientas de Medida de Deflexión para Puente No.17 Chirripó

3) Condiciones de Carga

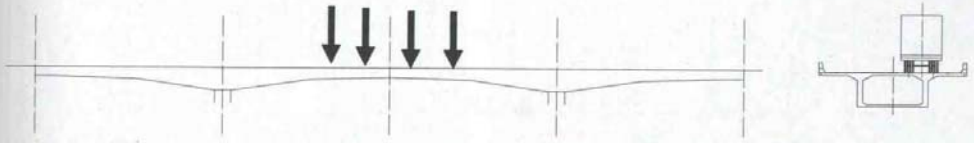
Tres casos de carga se probaron tomando en cuenta la deflexión máxima positiva, torsión, y deflexión máxima negativa como se muestra en la Tabla 10.2.4 y en la Figura 10.2.10.

Tabla 10.2.4. Caso de Carga Estática para Puente No.17

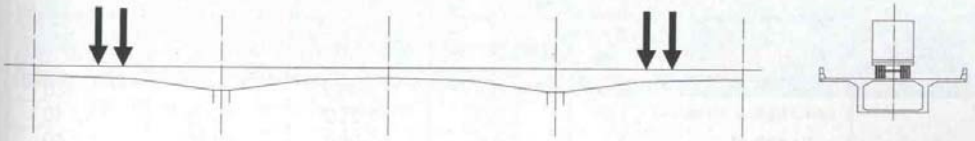
Caso	Punto de Vista	No. De Camiones	Puntos de Carga
1	Deflexión Positiva	4	Centro del tramo Central, ambos sentidos
2	Torsión	4	Centro del tramo Central, un sentido
3	Deflexión Negativa	4	Centro de ambos tramos laterales, ambos sentidos



Casa 1. Deflexión Positiva



Caso 2. Torsión



Caso 3. Deflexión Negativa

Figura 10.2.10. Caso de Carga Estática para Puente No.17

4) Operación de la Prueba de Carga Estática

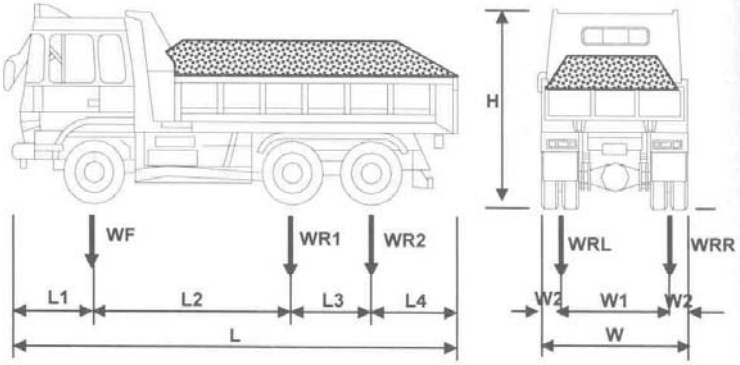
La prueba de carga estática en el puente No.17 fue llevada a cabo el 29 de agosto con el equipo de estudio y la contraparte del MOPT. Se planearon suspensiones de tráfico de 30 minutos para cada caso de carga y el tráfico fue abierto por 15 minutos en medio de los dos casos. Después de la reunión final en el sitio, se llevó a cabo la medición de los camiones de carga y se colocaron las herramientas de deflexión al mismo tiempo. Para la prueba se utilizaron camiones de 25 toneladas incluyendo la grava con que fueron cargados. La tabla 10.2.6 muestra las dimensiones y pesos de los camiones que fueron utilizados.

Tabla 10.2.5. Horario Detallado de Prueba de Carga Estática

Hora	Ítem de Trabajo
29/8, 02:30	Reunión de Sitio con todo el personal
03:00	-Medida y pesaje del Camión -Colocación de Herramientas de Medición Colocación de Sistema de Iluminación
05:00	**-Prueba de Carga Estática 1er posicionamiento de carga**
05:30	Se abre el tráfico
05:45	**-Prueba de Carga Estática 2do posicionamiento de carga**
06:15	Se abre el tráfico
06:30	**-Prueba de Carga Estática 3er posicionamiento de carga**
07:00	Se abre el tráfico
07:15	-Remover herramientas y equipo de medida

Tabla 10.2.6. Dimensiones y Peso del Camión usado para Carga

Figura



Camión			Camión 1	Camión 2	Camión 3	Camión 4
Dimensiones (mm)	Longitud	L	7,980	7,540	8,380	8,020
		L1	1,200	1,250	1,310	1,240
		L2	4,450	3,960	4,590	4,540
		L3	1,280	1,280	1,290	1,320
		L4	1,050	1,050	1,190	920
	Ancho	W	2,430	2,410	2,410	2,420
		W1	1,820	1,830	1,830	1,840
		W2	305	290	290	290
Peso (ton)	Rueda Frontal	Izquierda	3.430	3.055	3.380	3.985
		Derecha	3.340	2.950	3.580	3.645
		Total	6.770	6.005	6.960	7.630
	Rueda Posterior 1	Izquierda	4.885	5.625	4.605	5.570
		Derecha	4.705	4.590	4.855	4.575
		Total	9.590	10.215	9.460	10.145
	Rueda Posterior 2	Izquierda	4.815	5.330	4.635	5.220
		Derecha	4.330	4.220	4.905	4.290
		Total	9.145	9.550	9.540	9.510
	Total	Izquierda	13.130	14.010	12.620	14.775
		Derecha	12.375	11.760	13.340	12.510
		Total	**25.505**	**25.770**	**25.960**	**27.285**

Las situaciones de la prueba de carga se muestran en fotos en las figuras 10.2.11. La prueba fue llevada a cabo sin problemas y el volumen de tránsito no fue muy pesado en la mañana, se logró reducir el tiempo de la prueba.

Trabajos de Fabricación de las herramientas de medidas de deflexión

Medida de Carga Axial del Vehículo

Instalación de los equipos de medición

Prueba de Carga Caso 1

Medida de la Deflexión

Prueba de Carga Caso 3

Figura 10.2.11. Situación de Pruebas de Carga en Puente No.17

10.2.8 Prueba de Carga para el Puente No.26 Chirripó

La prueba de carga estática y dos tipos de prueba de carga dinámica fueron llevados a cabo en el puente No.26 Chirripó para confirmar la relación entre la carga y deflexión/esfuerzo de las vigas principales y la frecuencia de esfuerzo de miembros de acero. La evaluación de la capacidad de carga con la prueba de carga se desarrollo de acuerdo con la secuencia que se muestra en la Figura 10.2.5 al igual que para el puente No.17 Chirripó. La secuencia de evaluación de la durabilidad para la fatiga se muestra en la Figura 10.2.12.

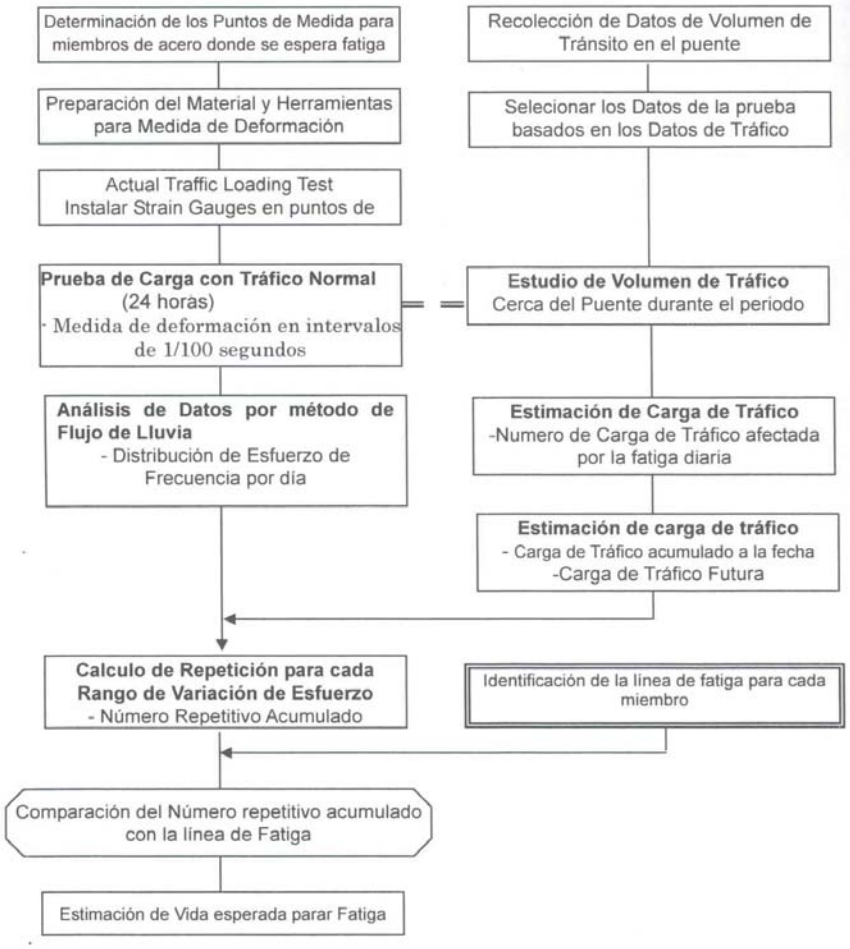


Figura 10.2.12. Secuencia de Evaluación de Durabilidad por Fatiga

1) Medida de los Puntos de Deflexión

La medida de los puntos de deflexión para le puente No.26 río Chirripó, fue a ambos lados del centro del tramo entre las pilas P5 y P6 como se muestra en la figura 10.2.13. La deflexión fue medida sólo para la prueba de carga estática.

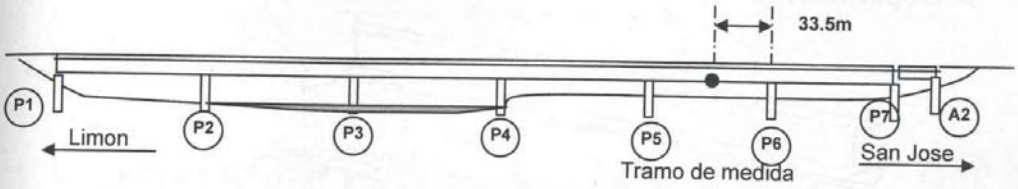


Figura 10.2.13 Puntos de Medida de Deflexión para el Puente No.26 Chirripó

2) Método de Medida de la Deflexión

Los puntos de medida de este puente se localizaban en un banco en el cauce y el claro bajo la viga es de 4 metros. Por lo tanto, la deflexión fue medida en la superficie del terreno bajo el puente usando el mismo equipo de medición que en el puente No.17. Los angulares de acero se fijaron al ala de la viga principal y fueron usados como herramienta de medida de la deflexión como se muestra en la Figura 10.2.14.

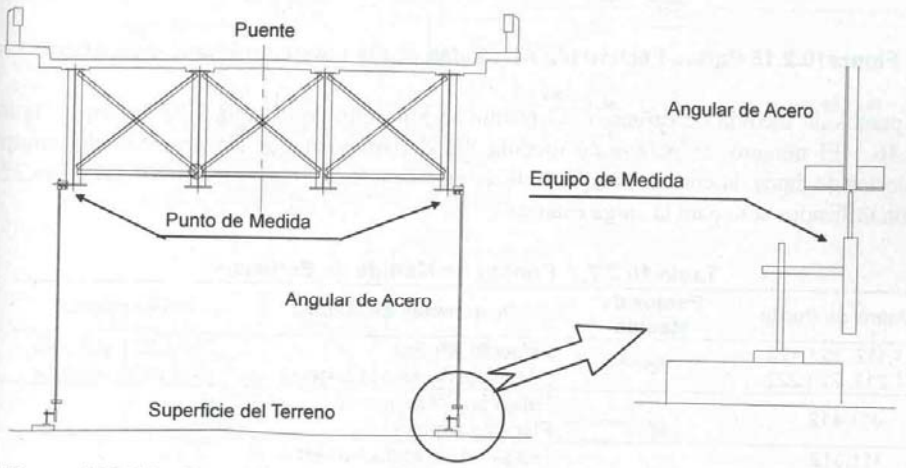


Figura 10.2.14 Herramientas de Medidas de Deflexión para Puente No.26 Chirripó

3) Medida de Puntos de Esfuerzo

Los puntos de medida del esfuerzo fueron seleccionados tomando en cuenta que se quiere evaluar tanto la capacidad de carga como la durabilidad a la fatiga. Como este puente es de vigas continuas de acero, los puntos de medida de capacidad de carga fueron determinados en el centro del tramo y en la pila. Los puntos de medida para la durabilidad de fatiga se seleccionaron en las conexiones que son afectadas fácilmente por la fatiga como se muestra en la figura 10.2.15.

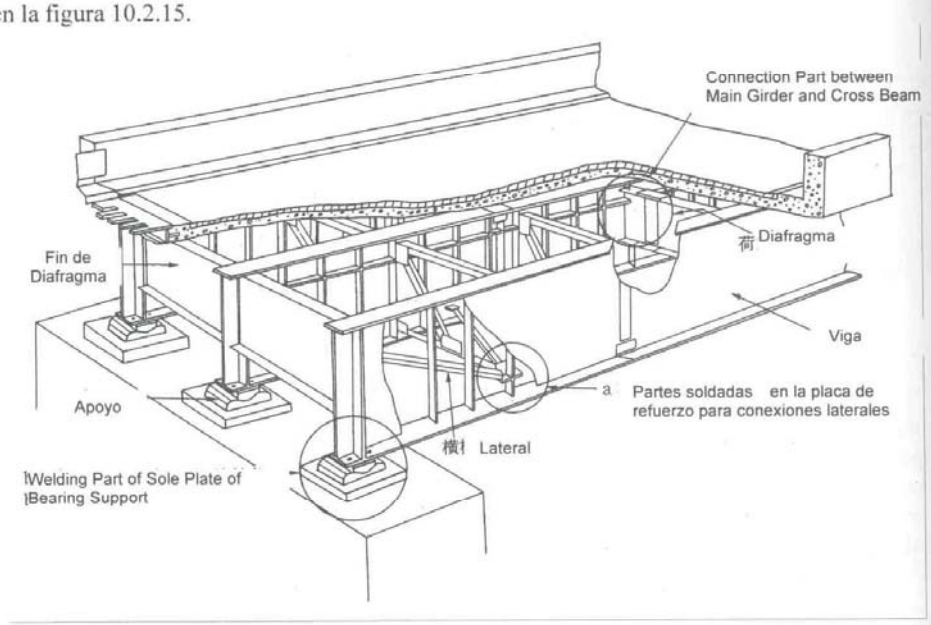


Figura10.2.15 Partes Fácilmente Afectadas por la Fatiga en Puentes de Acero

Los puntos de medida de esfuerzo del puente se muestran en la tabla 10.2.7 y en la figura 10.2.16. El número de puntos de medida fue determinado por la capacidad del equipo recolector de datos, la cual se pudo establecer en Costa Rica. Los puntos No.211 y No.221 fueron utilizados solo para la carga estática.

Tabla 10.2.7. Puntos de Medida de Esfuerzo

Número de Punto	Puntos de Medida	Propuestas de Medida	Comentarios
111,112, 121,122 211,212, 221,222	8	Esfuerzo en Viga (Alas superiores e inferiores)	211 & 221 son solo para carga estática
411,412	2	Fatiga en soldadura de Placa de soporte	
311,312, 321,322,	4	Fatiga en la soldadura entre el arriostre y el larguero vertical	
511,512	2	Fatiga en soldadura entre placa de refuerzo, arriostre lateral y placa del alma	
Total	16		

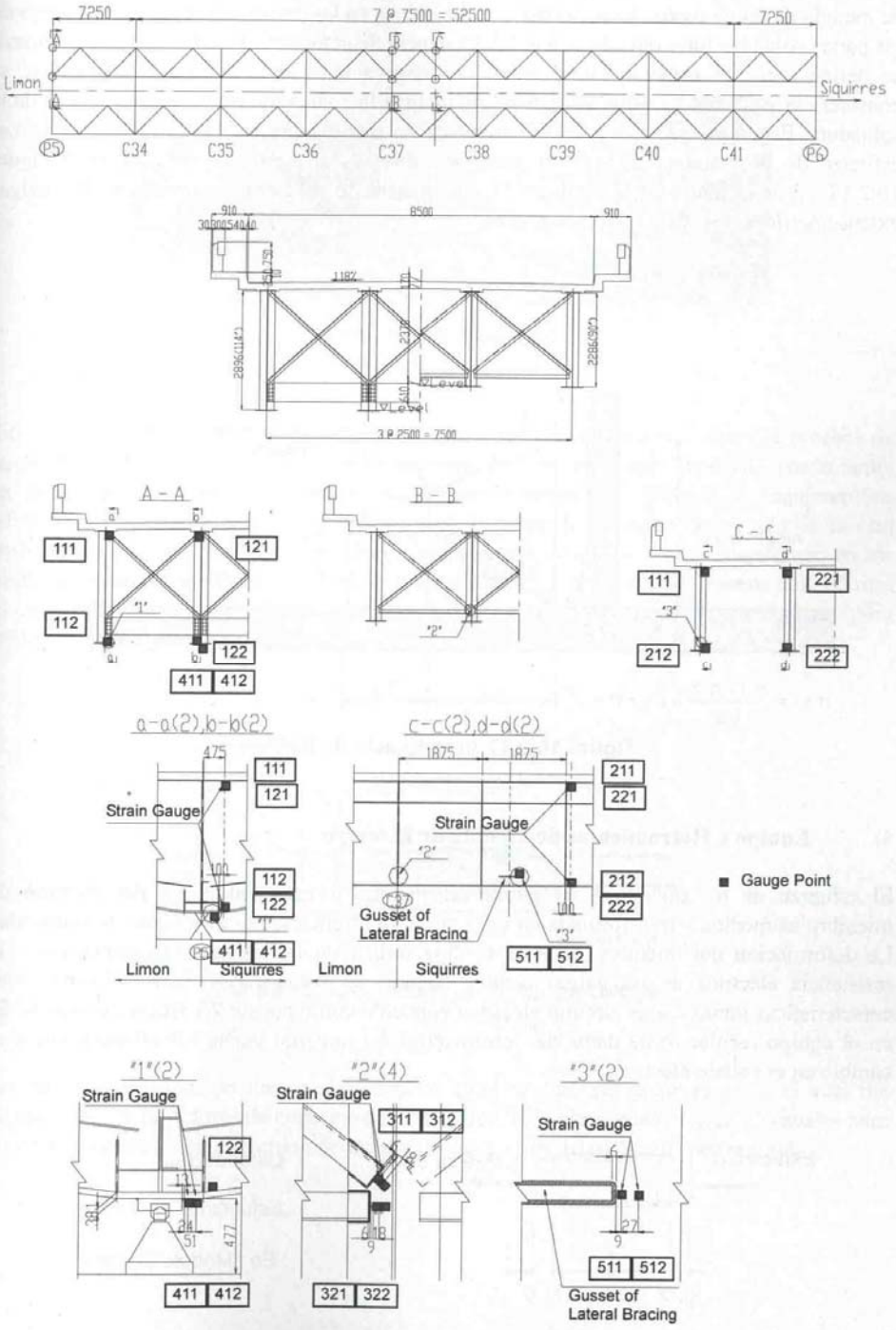


Figura 10.2.16 Colocación de Gauges en Puente No.26 Chirripó

Como la mayoría de los miembros están conectados por soldaduras en este puente, los puntos de medida de fatiga fueron seleccionados enfocándose en las partes soldadas. El esfuerzo en las partes soldadas fue evaluado con el "Área exacta de esfuerzo". El área exacta de esfuerzo se define como el esfuerzo en el punto de observación (fin de la soldadura) donde se considera la variación de esfuerzo, la cual no incluye la concentración de esfuerzo local de la soldadura. Esta área exacta de esfuerzo no puede ser medida directamente, y se calcula con el esfuerzo de dos puntos cercanos al punto de observación como se muestra en la figura 10.2.17. Por lo tanto, en la medida del área exacta de esfuerzo, se instalaron dos galgas extensométricas en cada parte de soldadura.

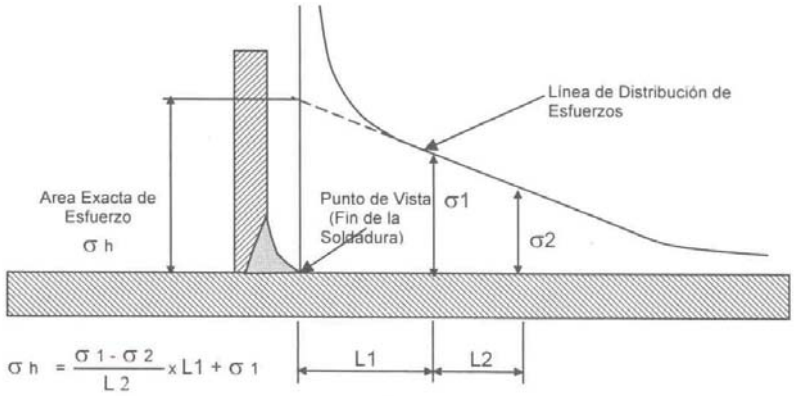


Figura 10.2.17 Área Exacta de Esfuerzo

4) Equipo y Herramientas de Medida de Esfuerzo

El esfuerzo de los miembros no puede ser medido directamente. La deformación del miembro es medida y transformada en esfuerzo al multiplicarla por el módulo de elasticidad. La deformación del miembro debe es medida utilizando las galgas extensométricas. La resistencia eléctrica de las galgas cambia cuando se expande o contrae. Usando estas características juntas con el circuito eléctrico conocido como puente Whetstone, el cual se fija en el equipo recolector de datos, la deformación del material puede ser obtenida como un cambio en el voltaje eléctrico.

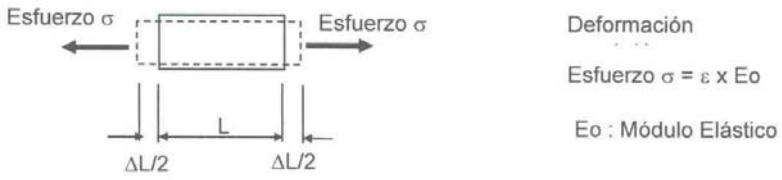


Figura 10.2.18. Esfuerzo y Deformación

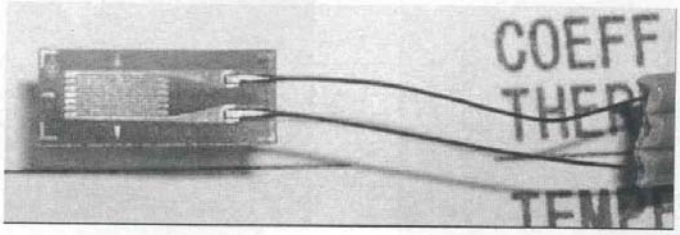


Figura 10.2.19. Strain Gauge

Hay varios tipos de galgas extensométricas para la medida propuesta. Para las pruebas de carga de puentes, los valores de esfuerzo son requeridos en áreas muy pequeñas, por lo tanto, las galgas que se usan deben tener una dimensión pequeña. Cuando se requieren los esfuerzos en las soldaduras, se utilizan más de 2 galgas instalados una seguida de la otra especialmente en los puntos de soldadura con una corta distancia, porque el esfuerzo en los puntos de soldadura no puede ser medido directamente. La galga extensométrica con 3.0 mm de largo fue usada para medir esfuerzos en miembros de acero y la de 0.5mm de largo para medir el esfuerzo en las soldaduras.

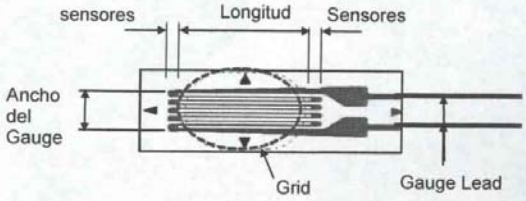


Figura 10.2.20. Detalle de un Strain Gauge

Los datos de deformación fueron almacenados en el equipo recolector de datos, el cual fue prestado por los suplidores de concreto de Costa Rica. Este almacenador tiene 15 canales para conectar las galgas y su capacidad de lectura de datos es de 10,000 datos por segundo.

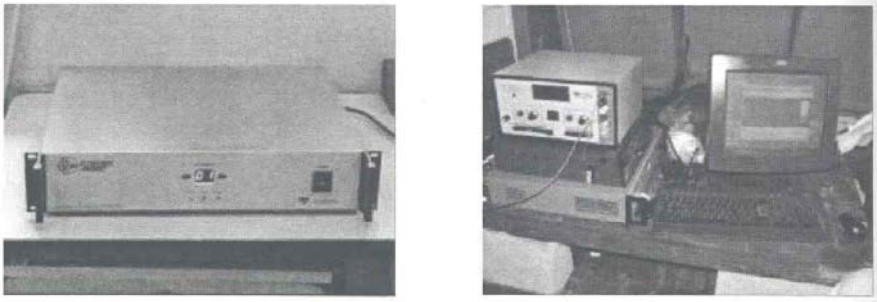


Figura 10.2.21. Sistema de Almacenamiento de Datos

5) Trabajos de Preparación para la Prueba

a. Instalación de los Andamios y Líneas Suplidoras de Energía Eléctrica

Los andamios para los sitios de trabajo fueron construidos bajo el puente y la energía eléctrica suplida temporalmente, la cual proporciono energía eléctrica estable para los equipos de medida y el sistema de iluminación como se muestra en la Figura 10.2.22.

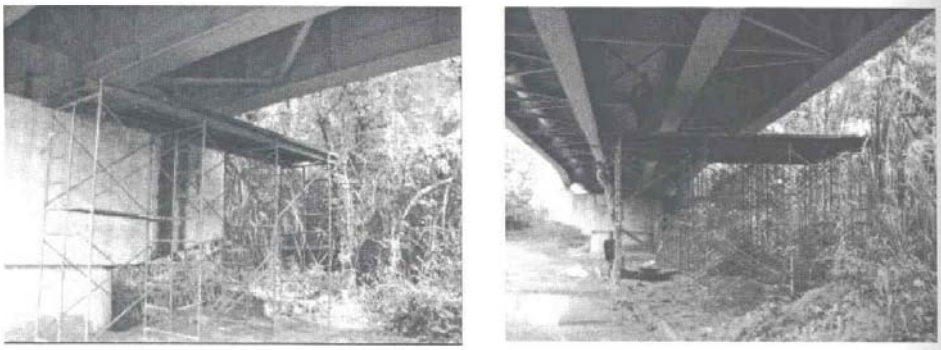


Figura 10.2.22. Andamios para las Zonas de Trabajo

b. Instalación de Strain Gauges y Herramientas de Medida de Deflexión

Las pruebas de carga fueron llevadas a cabo por la contraparte del MOPT en conjunto con el equipo de estudio como parte de la transferencia técnica del mantenimiento de puentes. Después de recibir el entrenamiento del método de instalación de las galgas, todas fueron instaladas en el puente por cada miembro de la contraparte. El flujo de actividades para la instalación de galgas se muestra en la figura 10.2.23 y 10.2.24. Las herramientas de medida de deflexión se instalaron en las alas inferiores de ambos vigas externas como se muestra en la figura 10.2.14

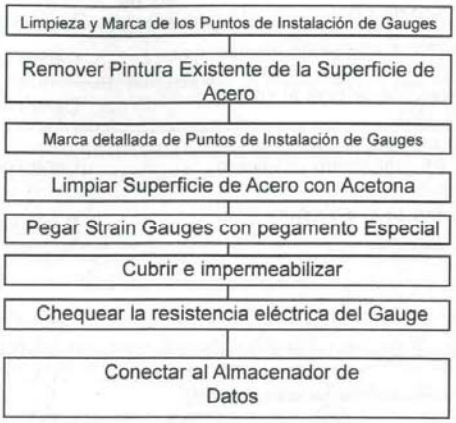


Figura 10.2.23. Instalación de Strain Gauges

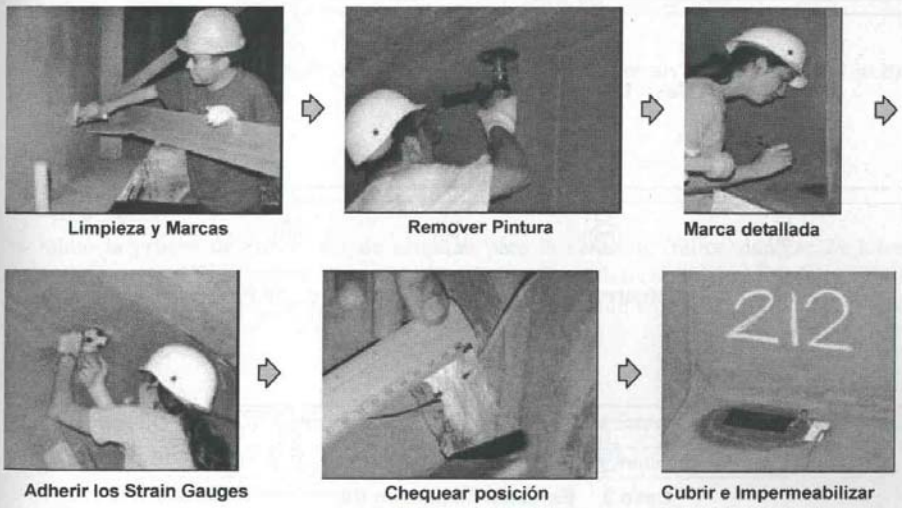


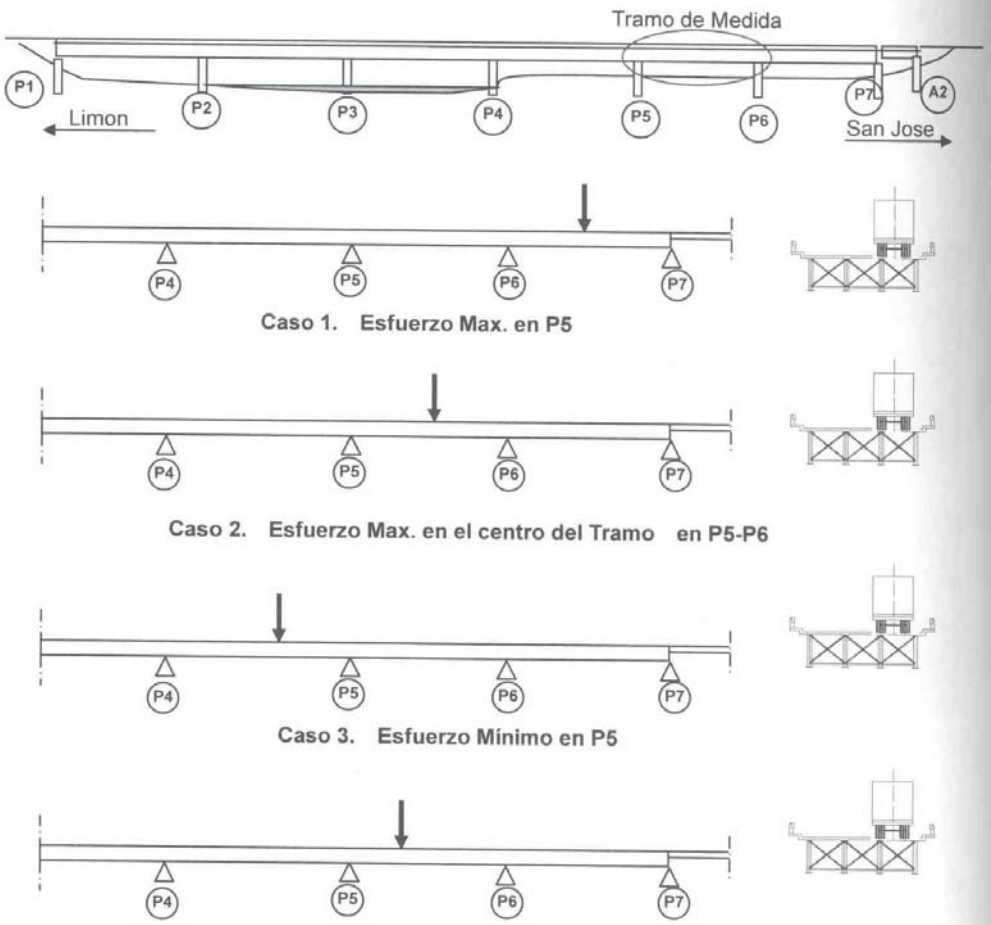
Figura 10.2.24. Instalación de Strain Gauges

6) Prueba de Carga estática

Los cuatro casos de carga fueron llevados a cabo en el Puente No.26 Chirripó para medir el esfuerzo y deformación como lo muestra la Tabla 10.2.8 y la Figura 10.2.25.

Tabla 10.2.8. Caso de carga Estática para el Puente No.26 Chirripó

Caso	Punto de Vista	No. de Camiones	Puntos de Carga
1	- Esfuerzo máximo en el soporte de viga en P5	1	Centro del Tramo P6 - P7, Una Via
2	- Esfuerzo máximo en la viga al centro del tramo P5 - P6	1	Centro del Tramo P5 - P6, Una Via
3	-Esfuerzo máximo en la viga en el soporte de la P5 y al centro del tramo P5-P6	1	Centro del Tramo P4 - P5, Una Via
4	- Esfuerzo máximo en el diafragma en el tramo P5-P6	1	Diafragma en Tramo P5 - P6, Una Via



Caso 1. Esfuerzo Max. en P5

Caso 2. Esfuerzo Max. en el centro del Tramo en P5-P6

Caso 3. Esfuerzo Mínimo en P5

Case 4. Esfuerzo Máximo en el Diafragma

Figura 10.2.25. Casos de Carga Estática para el Puente No. 26

7) Prueba de Carga Dinámica

Se realizaron dos tipos de pruebas de cargas dinámicas para medir la frecuencia del esfuerzo

- Carga Dinámica utilizando Camiones de carga de 25 toneladas
- Carga de Tráfico

a. Prueba de Carga Dinámica

Se realizó la Prueba de Carga Dinámica utilizando Camiones de Cargas con un peso de 25 toneladas. La frecuencia de esfuerzo para la carga dinámica se midió para tres diferentes casos, camiones moviéndose a velocidades de 20, 40 y 60 km/h.

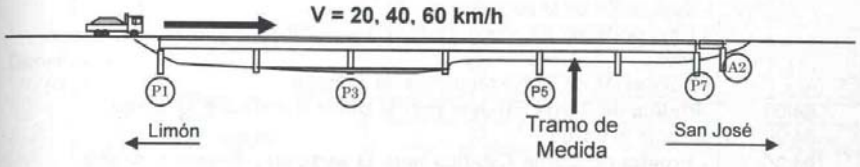


Figura 10.2.26. Imagen de la Prueba de carga en movimiento en el Puente No.27 sobre el Río Chirripó

b. Carga de Tráfico

Se midió la prueba de frecuencia de esfuerzo para la carga de tráfico durante 24 horas. Durante este periodo, se realizó el estudio de volumen de tráfico con la clasificación estándar del MOPT y realizado por peritos de tráfico de esta institución como se muestra en la tabla 10.2.9

Tabla 10.2.9. Clasificación de Vehículos para el Estudio de tráfico

	Clase	Tipo de vehículo
Vehículos Livianos	1	Pasajeros
	2	Carga Liviana
Vehículos Pesados	3	Buses
	4	Camiones de 2 Ejes
	5	Camiones de 3 Ejes
	6	Camiones de 4 Ejes
	7	Camiones de 5 o más Ejes

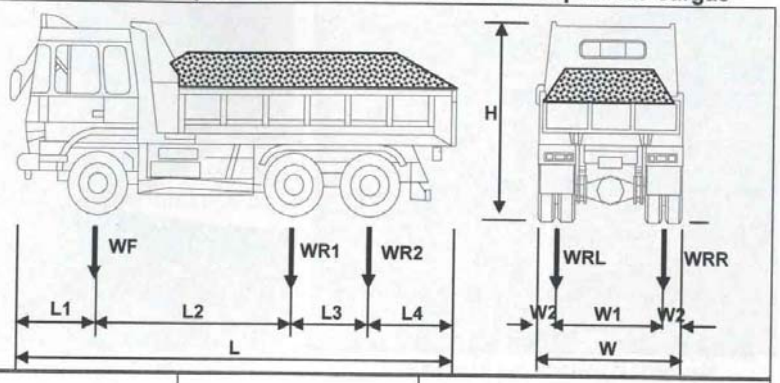
8) Operación de la Prueba de Carga.

La prueba de carga estática y la prueba de carga dinámica en el puente No.26 sobre el río Chirripó se realizaron el 30 de agosto con el equipo de estudio y la contraparte del MOPT. Para cada caso de carga se planeó una suspensión del tráfico de 30 minutos, y se abrió la carretera para el tráfico 15 minutos entre cada uno de los dos casos de carga. Sin embargo, para reducir el efecto sobre el tráfico en la ruta 32, se cambió el horario como se muestra en la tabla 10.2.10. Después de la reunión final en el sitio, se realizaron al mismo tiempo la medición de los camiones de carga y la colocación de las herramientas de medición de la deflexión. Se utilizaron camiones con un peso de 25 toneladas cada uno. Las dimensiones y los pesos del los camiones de carga se muestran en la tabla 10.2.11.

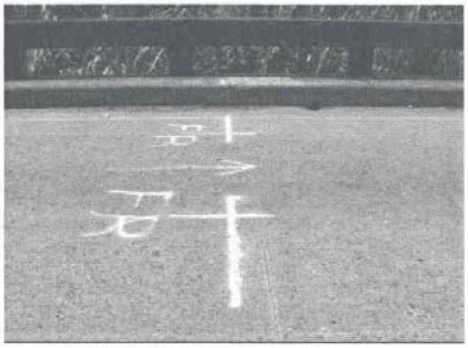
Tabla 10.2.10. Horario Detallado de la Prueba

Hora	Ítem de Trabajo
30/8, 01:30	Reunión en el Sitio: Todo el equipo
02:00	- Medición de la carga del camión - Colocación de la Iluminación - Colocación de los strain gauge y los sistemas de recolección de datos. - Colocación de las herramientas de deflexión
04:00	**-Prueba de Carga Estática para la primera posición de carga**
04:20	Se abre al trafico
04:30	**- Prueba de Carga Estática para la segunda,, tercera y cuarta posición de carga**
04:50	Se abre al trafico
05:00	**-Prueba de Carga en movimiento para la primera velocidad**
05:20	Se abre al trafico
05:30	**-Prueba de Carga en movimiento para la segunda velocidad**
05:45	Se abre al trafico
05:55	**- Prueba de Carga en movimiento para la tercera velocidad**
06:10	Se abre al trafico

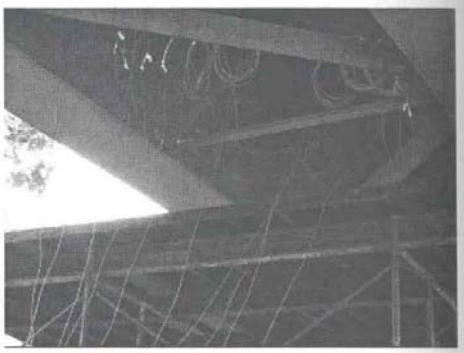
Tabla 10.2.11. Dimensiones y Pesos de los Camiones usados para las cargas

Figura			
Camiones			Camiones 1
Dimensiones (mm)	Longitud	L	8,140
		L1	1,270
		L2	4,410
		L3	1,310
		L4	1,150
	Ancho	W	2,400
		W1	1,800
		W2	300
Peso (toneladas)	Rueda Delantera	Izquierda	3.405
		Derecha	3.640
		Total	7.045
	Rueda Trasera 1	Izquierda	5.510
		Derecha	5.130
		Total	10.640
	Rueda Trasera 2	Izquierda	5.445
		Derecha	4.985
		Total	10.430
	Total	Izquierda	14.360
		Derecha	13.755
		Total	**28.115**

La prueba de carga de tráfico fue realizada durante 24 horas desde medio día del 31 de agosto seguida de la prueba de carga dinámica. El estudio de volumen de tráfico también se realizó durante el mismo periodo.



Marcando la posición de los camiones



Conexión de los cables al equipo

Herramienta para la medición de la deflexión

Registro de Datos de Esfuerzo

Prueba de Carga dinámica

Estudio de volumen de tráfico.

Figura 10.2.27. Situación de la Prueba de carga en el Puente No.26

10.2.9 Resultados y Conclusión para la Prueba de Carga en el Puente No.17 sobre el río Chirripó.

1) Resultados de la Prueba

Los resultados de la deflexión para la prueba de carga estática en el puente No. 17 sobre el río Chirripó se muestran en la tabla 10.2.12 y la figura 10.2.28. Las deflexiones fueron calculadas por el modelo estructural usando las condiciones de carga real tomando en cuenta la posición y el peso de cada eje de los camiones de carga.

Tabla 10.2.12. Comparación de la Deflexión en el Puente No.17 sobre el Río Chirripó.

Caso de Carga	Lado aguas arriba			Lado aguas abajo		
	Actual (mm)	Modelo (mm)	Diferencia (%)	Actual (mm)	Modelo (mm)	Diferencia (%)
Caso 1 Máximo Positivo	+ 49.3	+ 60.6	81.4	+ 49.3	+ 60.6	81.4
Caso 2 Torsión	+ 41.5	+ 55.1	75.3	+ 40.7	+ 53.6	76.0
Caso 3 Máximo Negativo	- 12.0	- 17.7	67.8	- 12.1	- 17.7	68.4

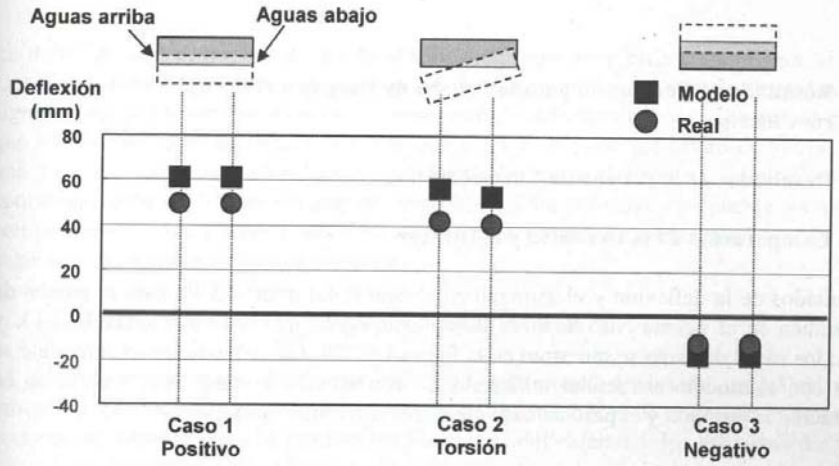


Figura 10.2.28. Comparación de la Deflexión en el Puente No. 17 sobre el río Chirripó

Las deflexiones reales en todos los casos son menores que las analizadas por el modelo con diferencias de 67 a 82%. Lo que significa que la rigidez de la viga es mayor que la del modelo. La rigidez real del puente incluye la rigidez de las barandas de concreto en ambos lados, las cuales son ignoradas en el análisis estructural del diseño. La rigidez de la viga principal que incluye la baranda de concreto es de alrededor 110% a 125% de la viga principal. Se calcula la deflexión por M (E x I), la deflexión tomando en cuenta la baranda se estima de un 90 a un 80%. Por lo tanto, la rigidez real del puente es mayor que la del análisis tomando en cuenta la baranda.

2) Conclusión

La rigidez real del puente es mayor que la rigidez calculada al utilizar los planos.

Por lo tanto, la condición existente de la viga principal del puente puede ser considerada como;

1) El trabajo de construcción satisface los requerimientos del diseño original y /o las especificaciones. La calidad de la viga principal satisface los requerimientos del diseño original.

2) En la viga, no hay grietas o defectos que bajen la rigidez de la viga.

3) No hay una disminución del modulo elástico del concreto causado por el deterioro, tal como la carbonatación.

[Conclusión]

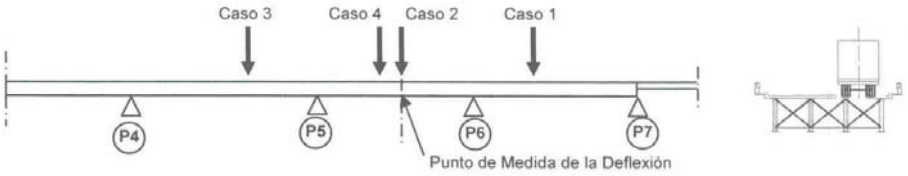
La capacidad de carga del Puente para HS20+25% puede ser evaluada por el análisis utilizando el modelo, el cual esta hecho basado en las condiciones del diseño original.

10.2.10 Resultados y Conclusión para la Prueba de Carga en el Puente No.26 sobre el río Chirripó

1) Resultados de la Prueba de Carga Estática

a. Comparación de la Deflexión y el Esfuerzo

Los resultados de la deflexión y el esfuerzo en el centro del tramo P5-P6 para la prueba de carga estática en el puente No. 26 sobre el río Chirripó se muestra en la tabla 10.2.13. y 10.2.14.; los casos de carga se muestran en la figura 10.2.29. Las deflexiones en el modelo se calculan con el modelo estructural utilizando las condiciones de carga real y tomando en consideración la posición y el peso de cada eje de los camiones de carga.



Caso 1: Esfuerzo Máximo en el P5, Caso 2: Esfuerzo Máximo en el Centro
Caso 2: Esfuerzo Mínimo en el P5, Caso 4: Esfuerzo Máximo en el arriostramiento cerca del centro

Figura 10.2.29. Caso de carga estática para el Puente No. 26 sobre el Río Chirripó

Tabla 10.2.13. Comparación de la Deflexión en el Centro del Tramo

Caso de Carga	Lado Aguas arriba			Lado aguas abajo		
	Real (mm)	Modelo (mm)	Diferencia (%)	Real (mm)	Modelo (mm)	Diferencia (%)
Caso 1	- 5.9	- 6.2	95.2	- 4.2	- 4.5	93.3
Caso 2	+ 19.6	+ 21.0	93.3	+ 8.7	+ 9.4	92.6
Caso 3	- 5.9	- 4.3	137.2	- 4.4	- 3.1	141.9
Caso 4	+ 19.2	+ 20.6	94.6	+ 8.7	+ 9.2	94.6

Tabla 10.2.14. Comparación de el Esfuerzo del Ala Inferior en el Centro del Tramo

Caso de Carga	Lado Aguas arriba			Lado aguas abajo		
	Real (mm)	Modelo (mm)	Diferencia (%)	Real (mm)	Modelo (mm)	Diferencia (%)
Caso 1	-5.9	-7.0	84.3	-4.2	-2.6	161.5
Caso 2	19.6	22.4	87.5	8.7	4.5	193.3
Caso 3	-5.9	-4.5	131.1	-4.4	-1.1	400.0
Caso 4	19.2	21.3	90.1	8.7	4.4	197.7

La deflexión real es menor que los resultados analizados para cada caso excepto el caso 3. Las diferencias reales entre ambas vigas son menores que la del modelo de análisis. Esto significa que la rigidez real de la viga es mayor que la del modelo. Este es un puente continuo que fue diseñado con una viga compuesta alrededor de la parte del centro del tramo y como una viga no compuesta alrededor de las áreas de apoyo. Las vigas en el diseño están conectadas solo en el arriostramiento transversal. Sin embargo, el puente es una viga compuesta en todas las secciones y las vigas están conectadas fuertemente por la losa no solamente con arriostramiento transversal.

b. Comparación con la revisión del modelo estructural.

Al poner atención a las diferencias entre las deflexiones de las dos vigas, el modelo estructural fue revisado al aumentar la rigidez de los miembros de conexión entre las vigas tomando en consideración la rigidez de la losa. Las deflexiones y los esfuerzos del modelo revisado se aproximan más a las reales que a las del modelo original como se muestra en la Figura 10.2.30 y la Figura 10.2.31

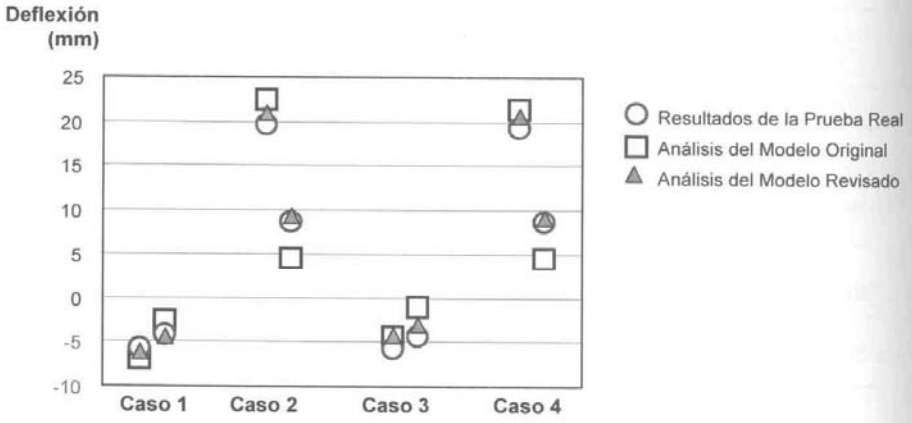


Figura 10.2.30. Comparación de las Deflexiones entre los resultados reales y los modelos

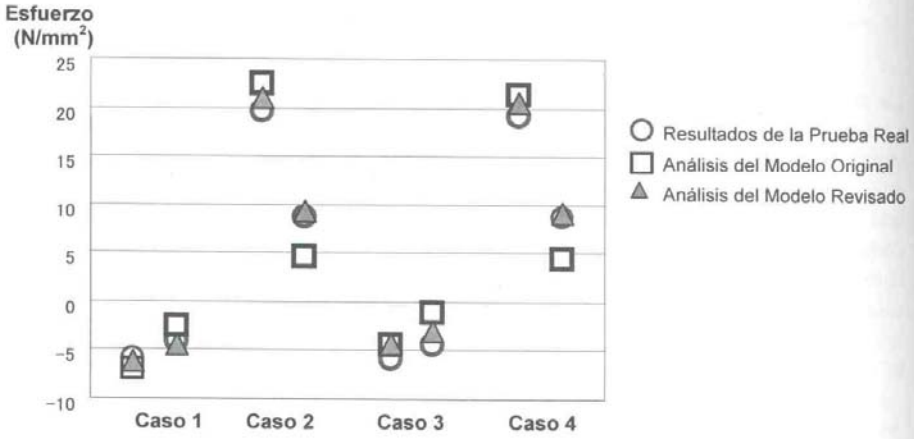


Figura 10.2.31. Comparación de los Esfuerzos entre los resultados reales y los modelos

c. Esfuerzo para la carga de diseño incrementada HS20+25%

Con base en el modelo estructural revisado, la deflexión y el esfuerzo del ala fueron analizadas para el diseño incrementado de la carga viva HS20 + 25%. La deflexión y el esfuerzo en el centro del tramo son menores que las permitidas como se muestra en la Figura 10.2.32.

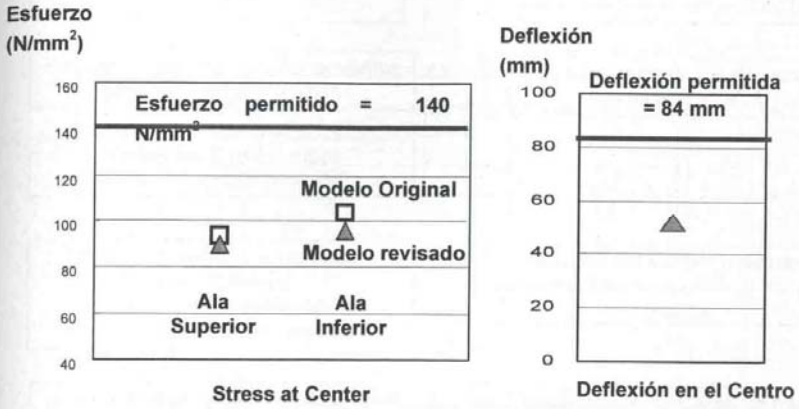


Figura 10.2.32. Esfuerzo y Deflexión revisada para HS20+25%

2) Resultados de la Prueba de Carga Dinámica

Los resultados de la prueba de carga dinámica en el Puente No. 26 sobre el Río Chirripó se muestran en la tabla 10.2.15. Las deflexiones en el modelo se calcularon con el modelo estructural usando las condiciones de carga real tomando en consideración la posición y el peso de cada eje del camión de carga.

Las diferencias de la deflexión entre las velocidades en movimiento no se toman en cuenta en el resultado de esta prueba. Lo que significa que el impacto que es considerado para el diseño es un 30% de carga viva no se confirmo con esta prueba.

Tabla 10.2.15. Comparación de la Deflexión para la Velocidad en movimiento

Velocidad	Lado aguas arriba				Lado aguas abajo			
(km/h)	Estática	20	40	60	Estática	20	40	60
Deflexión (mm)	19.6	18.8	19.2	18.1	8.7	9.3	9.2	10.1

3) Resultados de la Prueba de carga de tráfico

Los esfuerzos de lo miembros que evalúan la fatiga se miden bajo la prueba de carga de tráfico durante 24 horas en los puntos mostrados en la Figura 10.2.33.

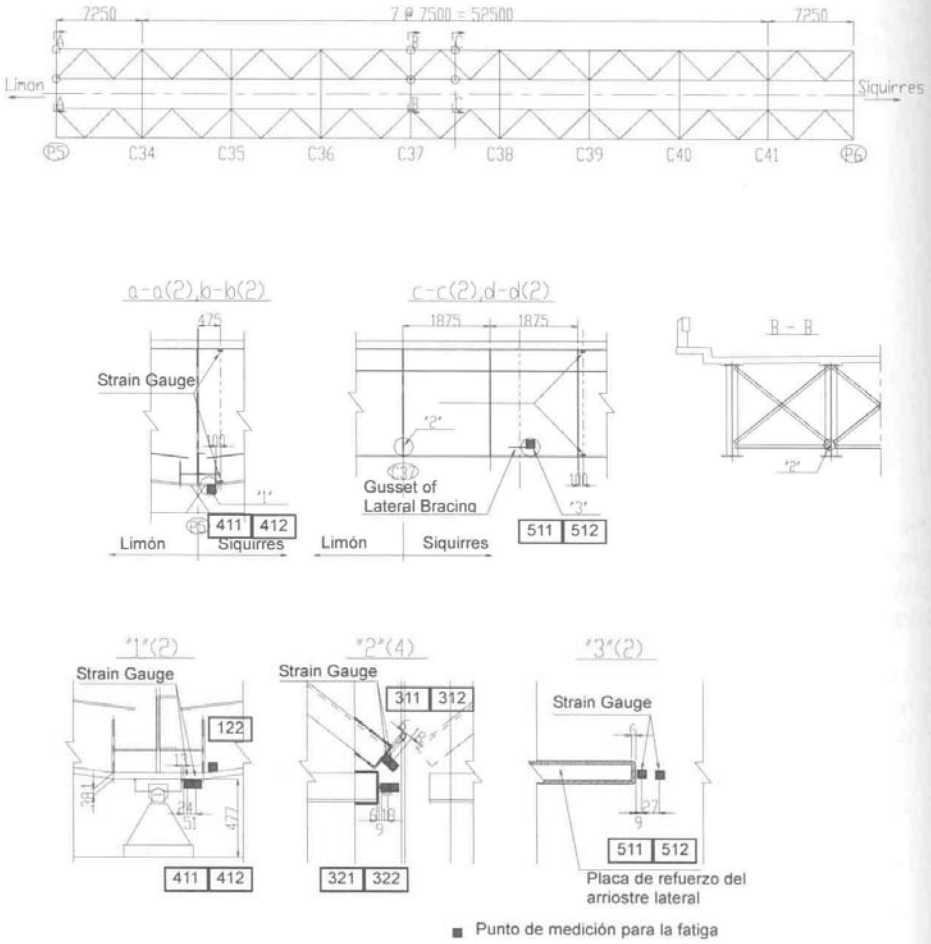


Figura 10.2.33. Punto de Medición del Esfuerzo para la evaluación de la Fatiga

(1) Método de evaluación de la durabilidad para la fatiga.

Para evaluar la durabilidad del miembro de acero para la fatiga, los datos del tráfico en la ruta donde se ubica el puente y los datos de medición por la frecuencia del esfuerzo se realiza la prueba de carga del tráfico real. La secuencia de evaluación de durabilidad para la fatiga se muestra en la Figura 10.2.34

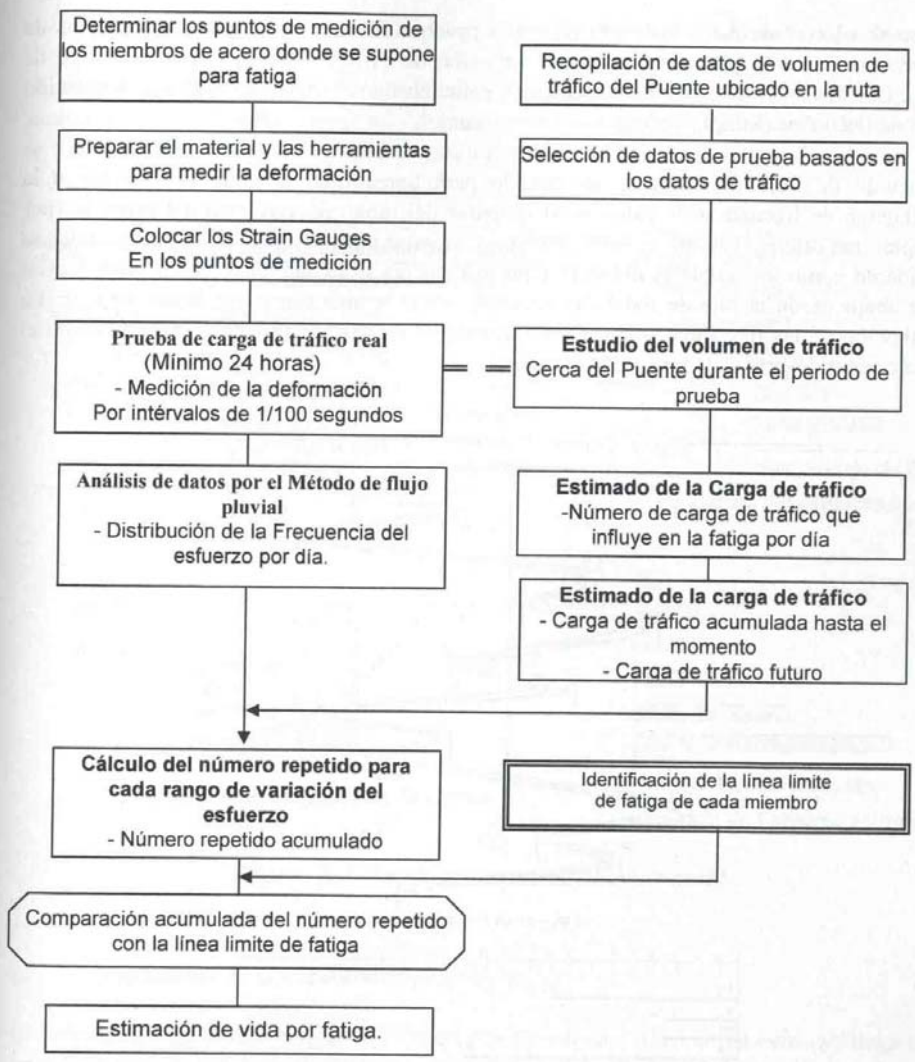


Figura 10.2.34. Secuencia de evaluación de durabilidad por fatiga.

Los datos de esfuerzo bajo la carga de tráfico fueron registrados durante 24 horas con el equipo recolector de datos utilizado para esta prueba. Después de la prueba, los datos de esfuerzo se contaron para cada rango de variación de esfuerzo por el Método de Flujo de lluvia. Los datos contados para cada rango de esfuerzo fueron evaluados por la acumulación lineal de los daños (Miner's low).

a. Método para analizar la distribución de la frecuencia del esfuerzo

Los datos de esfuerzo bajo la carga de tráfico fueron registrados durante 24 horas con el

equipo recolector de datos utilizado para esta prueba. Después de la prueba, los datos de esfuerzo se contaron para cada rango de variación de esfuerzo por el método de flujo de lluvia. Los datos contados para cada rango de esfuerzo fueron evaluados por la acumulación lineal de los daños (Miner's low).

El método de flujo de lluvia es un método para transformar la onda de esfuerzo a la distribución de frecuencia de esfuerzo al ocuparse del rango de variación del esfuerzo (por ejemplo, una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo). El patrón de las ondas se consideran como una cubierta múltiple y las diferencias se toman como si las gotas fluyen hacia abajo desde la raíz de todas las cubiertas como se muestra en la figura 10.2.35. La distribución de las frecuencias de esfuerzo durante el periodo de prueba se resume como el número repetido para cada rango de variación.

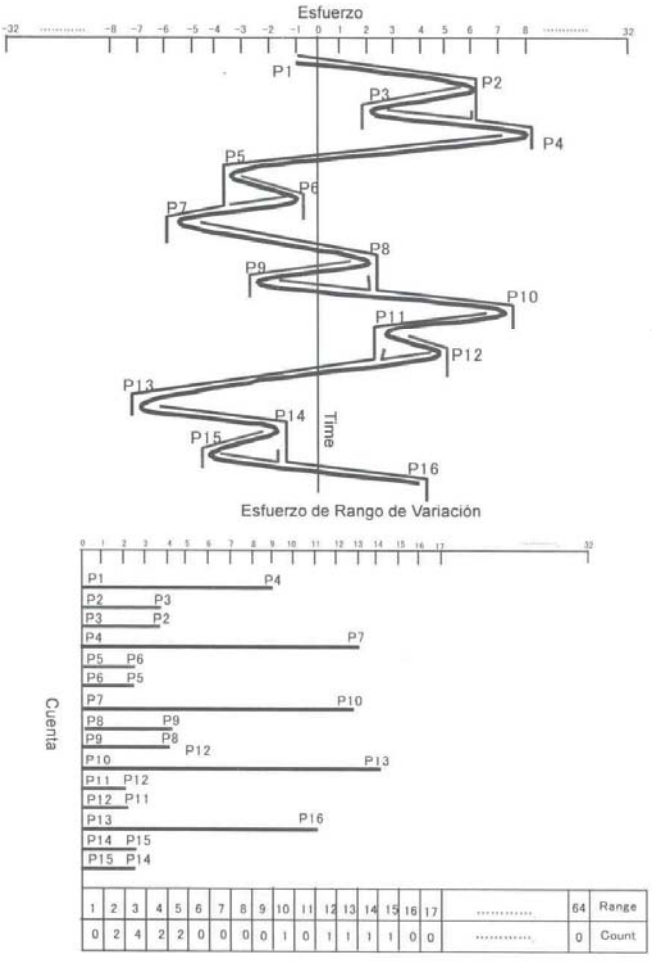


Figura 10.2.35. Imagen del Método de Flujo Pluvial

b. Número repetido acumulado para la distribución de la frecuencia del esfuerzo.

El número repetido acumulado para cada rango de variación de esfuerzo puede calcularse con base en volumen de tráfico observado durante el período de prueba y los datos del volumen de tráfico de años anteriores. El volumen de tráfico utilizado afecta la fatiga.

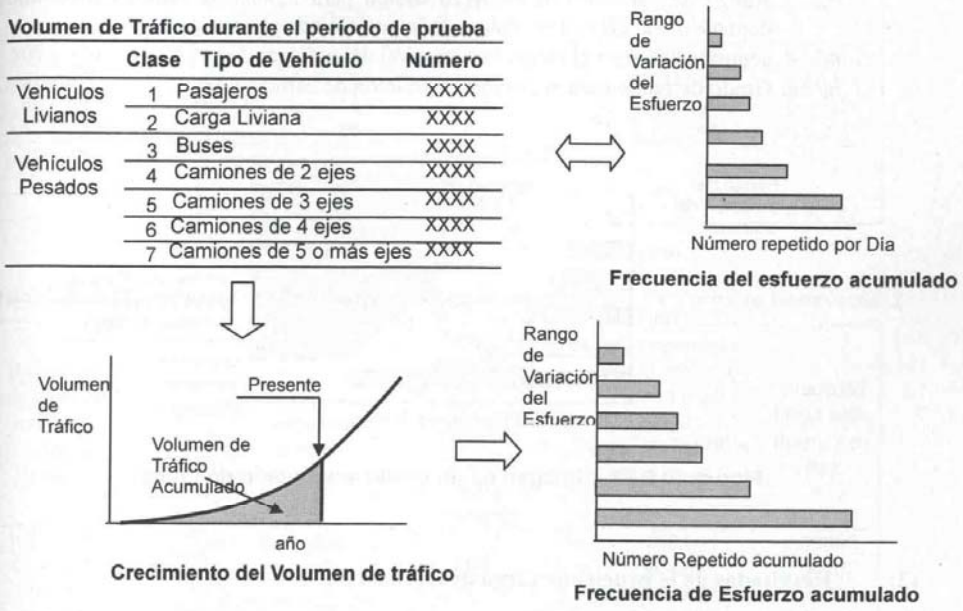


Figura 10.2.36. Número repetido acumulado

c. Evaluación de la durabilidad para fatiga.

El daño por fatiga ocurre cuando el número repetido de la variación del esfuerzo llega a su número límite, el cual depende del rango de variación del esfuerzo. Por este método, el grado de daño se evalúa con el método de daño lineal por el valor de grados acumulados de la fatiga D calculada con la siguiente ecuación. Cuando D alcanza un daño de 1,0 se ocasionará la fatiga.

En caso de evaluar la fatiga, se considera solo el volumen de tráfico de vehículos pesados, ya que se puede rechazar la influencia de la fatiga causada por vehículos livianos.

Cuando el rango de variación de frecuencia es menor que un cierto rango, no ocurre fatiga aunque se repita un daño de acumulación lineal de variación de esfuerzo.

$$D = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \frac{n_3}{N_3} + \text{------} + \frac{n_i}{N_i} + \text{------} + \frac{n_j}{N_j} + \text{----}$$

Donde, D: Grado acumulado de fatiga

N_i: número límite repetido que causa daño por fatiga por el rango de variación del esfuerzo $\Delta\sigma_i$
$= 2{,}000{,}000 \times (\text{Ave. } \Delta\sigma_i^3 / \sigma\text{lim.}^3)$

$\sigma_{lim.}$: Rango de variación de esfuerzo básico para 2,000,000 esfuerzos repetidos, depende de la clase de esfuerzo de la posición de miembro.

n_i: acumulación para el rango de variación del esfuerzo $\Delta\sigma_i$

n_i / N_i: Grado de fatiga para el rango de variación de esfuerzo $\Delta\sigma_i$

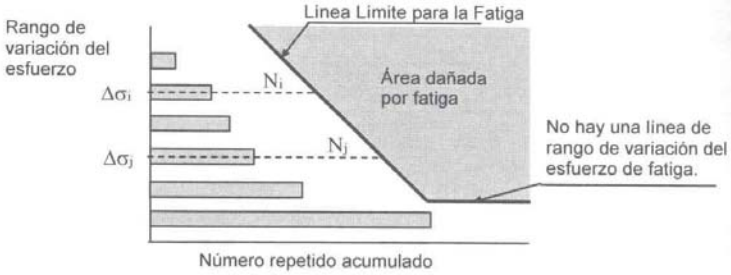


Figura 10.2.37. Imagen de un grado acumulado de fatiga

(2) Resultados de la prueba de carga de tráfico real

a. Frecuencia del esfuerzo para cada miembro

Los datos de frecuencia del esfuerzo para cada miembro bajo la prueba de carga de tráfico real durante 24 horas se muestran de la Tabla 10.2.16. a la 10.2.19.

Tabla 10.2.16. Frecuencia de esfuerzo de la parte de conexión de la placa de refuerzo

Rango de variación del esfuerzo $\Delta\sigma_i$ (N/mm^2)	Rango de esfuerzo promedio Ave. $\Delta\sigma_i$ (N/mm^2)	Número de ocurrencia n_i	Rango de Variación del esfuerzo básico 2,000,000 Esfuerzo repetido σlim (N/mm^2)	Número permitido para el esfuerzo promedio del rango $N_i = 2{,}000{,}000 \times (\text{Ave. } \Delta\sigma_i^3 / \sigma_{lim.}^3)$	Grado de fatiga para Prom. $\Delta\sigma_I$ (%)
100 – 120	110	2	72	560,853	0.00036
80 – 100	90	12		1,024,000	0.00112
60 – 80	70	42		2,176,373	0.00191
40 – 60	50	138		5,971,968	0.00231
20 – 40	30	377	Inferior al Limite de Fatiga	-	-
0 - 20	10	1,963		-	-
	Total				0.00570

Tabla 10.2.17. Frecuencia de esfuerzo en la parte de conexión del arriostre transversal 1

Rango de variación del esfuerzo $\Delta\sigma_i$ (N/mm^2)	Rango de esfuerzo promedio Ave. $\Delta\sigma_i$ (N/mm^2)	Número de ocurrencia n_i	Rango de Variación del esfuerzo básico 2,000,000 Esfuerzo repetido σlim (N/mm^2)	Número permitido para el esfuerzo promedio del rango $N_i = 2,000,000 \times (\text{Ave. } \Delta\sigma_i^3 / \sigma_{\text{lim.}}^3)$	Grado de fatiga para Prom. $\Delta\sigma_I$ (%)
100 – 120	110	1	80	769,346	0.00013
80 – 100	90	2		1,404,664	0.00014
60 – 80	70	24		2,965,423	0.00079
40 – 60	50	66		8,192,000	0.00081
20 – 40	30	205	Inferior al Limite de Fatiga	-	-
0 - 20	10	1,331		-	-
	Total				0.00187

Tabla 10.2.18. Frecuencia de esfuerzo en la parte de conexión del arriostre transversal 2

Rango de variación del esfuerzo $\Delta\sigma_i$ (N/mm^2)	Rango de esfuerzo promedio Ave. $\Delta\sigma_i$ (N/mm^2)	Número de ocurrencia n_i	Rango de Variación del esfuerzo básico 2,000,000 Esfuerzo repetido σlim (N/mm^2)	Número permitido para el esfuerzo promedio del rango $N_i = 2,000,000 \times (\text{Ave. } \Delta\sigma_i^3 / \sigma_{\text{lim.}}^3)$	Grado de fatiga para Prom. $\Delta\sigma_I$ (%)
100 – 120	110	0	80	769,346	0.00000
80 – 100	90	1		1,404,664	0.00007
60 – 80	70	1		2,985,423	0.00003
40 – 60	50	13		8,192,000	0.00016
20 – 40	30	94	Inferior al Limite de Fatiga	-	-
0 - 20	10	831		-	-
	Total				0.00026

Tabla 10.2.19. Frecuencia de esfuerzo en la parte de conexión lateral

Rango de variación del esfuerzo $\Delta\sigma_i$ (N/mm^2)	Rango de esfuerzo promedio Ave. $\Delta\sigma_i$ (N/mm^2)	Número de ocurrencia n_i	Rango de Variación del esfuerzo básico 2,000,000 Esfuerzo repetido σlim (N/mm^2)	Número permitido para el esfuerzo promedio del rango $N_i = 2,000,000 \times (\text{Ave. } \Delta\sigma_i^3 / \sigma_{\text{lim.}}^3)$	Grado de fatiga para Prom. $\Delta\sigma_I$ (%)
100 – 120	110	1	80	769,346	0.00006
80 – 100	90	9		1,404,664	0.00061
60 – 80	70	41		2,985,423	0.00136
40 – 60	50	150		8,192,000	0.00183
20 – 40	30	339	Inferior al Limite de Fatiga	-	-
0 - 20	10	2,310		-	-
	Total				0.00386

b. Volumen de Tráfico durante la Prueba

El volumen de tráfico durante la prueba de carga se muestra en la Tabla 10.2.20.

Tabla 10.2.20. Volumen de Tráfico durante la prueba (Ambos Lados)

Horas		Vehículos Livianos		Vehículos Pesados					TOTAL
Desde	Hasta	Pasajeros	Pick Up	Bus	2 Ejes	3 Ejes	4 Ejes	5 Ejes	
12:00	13:00	137	58	12	39	8	0	81	335
13:00	14:00	144	55	19	28	6	0	113	365
14:00	15:00	165	87	14	27	10	0	103	406
15:00	16:00	168	68	17	20	5	0	129	407
16:00	17:00	162	75	16	29	17	0	145	444
17:00	18:00	224	80	16	28	6	0	133	487
18:00	19:00	162	42	11	17	4	0	135	371
19:00	20:00	105	35	11	20	5	0	108	284
20:00	21:00	87	19	1	12	1	0	140	260
21:00	22:00	57	13	1	5	6	0	99	181
22:00	23:00	32	11	2	6	1	0	77	129
23:00	0:00	19	5	1	3	2	0	71	101
0:00	1:00	5	3	0	0	1	0	52	61
1:00	2:00	7	0	0	1	0	0	37	45
2:00	3:00	4	0	0	0	0	0	20	24
3:00	4:00	5	1	0	3	0	1	19	29
4:00	5:00	29	11	4	6	0	0	40	90
5:00	6:00	54	36	15	17	7	1	70	200
6:00	7:00	94	54	23	28	5	0	63	267
7:00	8:00	133	66	24	19	10	0	65	317
8:00	9:00	131	75	21	32	7	0	64	330
9:00	10:00	141	67	16	39	8	0	85	356
10:00	11:00	162	89	11	40	11	0	78	391
11:00	12:00	148	69	15	37	12	0	69	350
TOTAL		**2,375**	**1,019**	**250**	**456**	**132**	**2**	**1,996**	**6,230**
		38.1%	16.4%	4.0%	7.3%	2.1%	0.0%	32.0%	100.0%

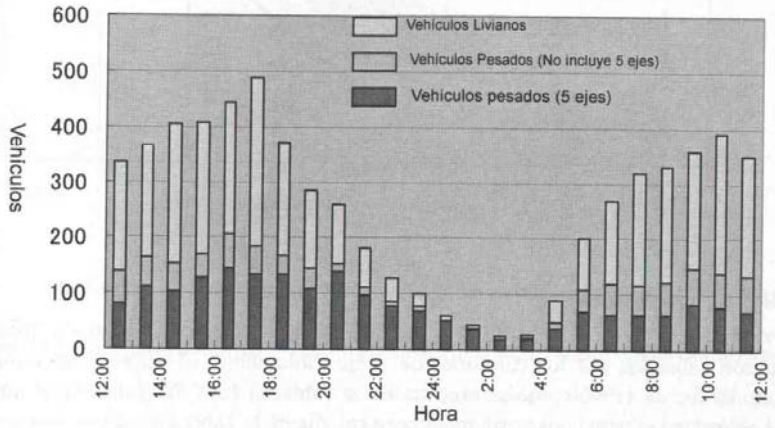


Figura 10.2.38. Volumen de Tráfico durante Pruebas (Ambos lados)

c. Estimación de Durabilidad para fatiga

Cuando la parte del miembro de acero no está dañado por fatiga, por ejemplo el grado acumulado de fatiga D es menor que el valor de 1,0, la expectativa de vida se estima por la predicción del volumen de tráfico. El grado acumulado de fatiga por un vehículo se calcula por los resultados de la prueba de carga de tráfico real. Con base en este grado, se calcula el número límite de vehículos que causa el daño por fatiga. Luego, cuando el número de tráfico acumulado alcanza el número límite se puede estimar la curva del volumen de tráfico acumulado como se muestra en la Figura 10.2.37. La vida por la fatiga es el periodo restante en años a partir de ahora.

$$D(v) = D(\text{día}) / V(\text{día})$$
$$N_f = 1.0 / D(v)$$

Donde,
- $D(v)$: Grado de fatiga por un vehículo
- $D(\text{día})$: Grado de Fatiga para Uno
- $V(\text{día})$: Volumen de tráfico por día basado en la prueba de carga
- N_f: Número de vehículos acumulados que causan el daño por fatiga.

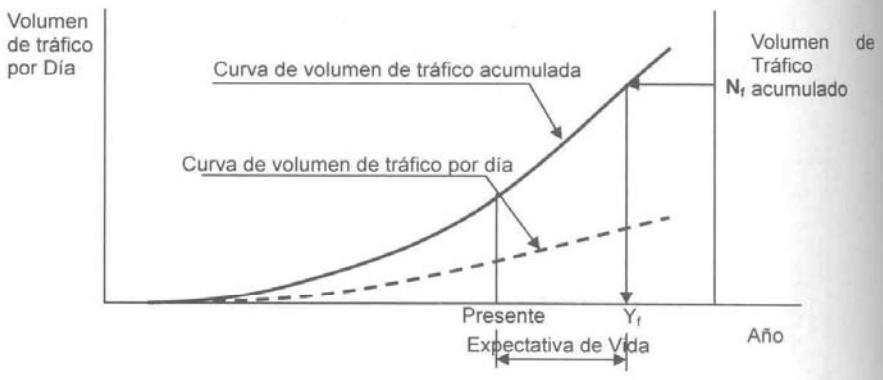


Figura 10.2.39. Expectativa de Vida y volumen de tráfico acumulado

Así como es imposible medir el peso de cada vehículo durante la prueba, se asume que estos esfuerzos fueron causados por los camiones de 5 ejes solamente. El número de vehículos durante la prueba fue de 1,996 como se muestra en la Tabla 10.2.20. Por lo tanto, el número de vehículos acumulados para cada parte medida se calcula en la Tabla 10.2.21.

Tabla 10.2.21. Daño ocurrido por número de vehículos acumulados

Parte	Grado de Daño durante la prueba D (día) (%)	Número de Vehículos pesados durante la Prueba V(día) (No.)	Número de vehículos acumulados que causan daño Nf (No.)
Placa	0.00570	1,996	35,069,339
Arriostramiento transversal 1	0.00187	1,996	107,120,710
Arriostramiento transversal 2	0.00026	1,996	758,602,892
Lateral	0.00386	1,996	51,791,664

Con base en la taza de crecimiento del volumen de tráfico por año, el grado de daño para la fatiga actualmente se asume y se puede estimar la expectativa de vida.

Se asumió que el volumen de tráfico incremento constantemente por año y el volumen de tráfico por día es Vp en Yp años desde la finalización del puente. Se puede calcular con las siguientes ecuaciones la taza de crecimiento A y el número de tráfico acumulado Np.

$$A = Vp / Yp$$

$$Np = A / 2 \times Yp^2 \times 365$$

El crecimiento de los camiones de 5 ejes y el volumen acumulado basado en el número de camiones durante la prueba y los años de 28 después de la finalización del puente se muestra en la Figura 10.2.40.

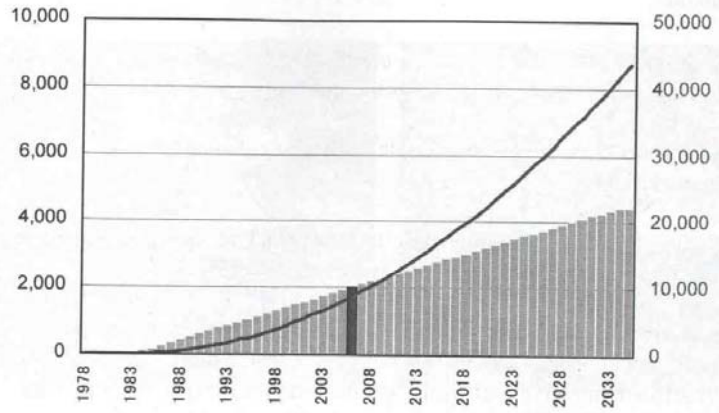


Figura 10.2.40. Crecimiento y volumen de tráfico acumulado para camiones de 5 ejes

Luego, el año Yf, cuando el número de tráfico acumulado alcanza el número de vehículos acumulados ocurre el daño de fatiga Nf, que se calcula con la siguiente ecuación.

$$Yf = (2 \times Nf \quad / (A \times 365))^{1/2}$$

Por lo tanto, el año en que el miembro se dañaría por fatiga se estima en la Tabla 10.2.22.

Tabla 10.2.22. Número de Vehículos Acumulados que causa daño

Parte	Número de Vehículos pesados por día actualmente Vp (No.)	Años después de finalizar Yp (año)	Número de vehículos acumulados que causa daños Nf (No.)	Año n el que ocurrirá el daño	
				Años después de finalizar Yf (año)	Año
Placa	1,998	28	35 millón	52	2030
Arriostramiento transversal 1	1,998	28	107 millón	91	2069
Arriostramiento transversal 2	1,998	28	758 millón	241	2219
Lateral	1,998	28	52 millón	63	2041

Como resultado de lo anterior, todos los miembros medidos en las pruebas no se han dañado por fatiga todavía. La expectativa de vida mínima se estima de 24 años para la parte soldada de la placa, las otras partes no tienen problemas con la fatiga.

4) Conclusión

Como resultado de los análisis basados en las pruebas de carga en el Puente No. 26 sobre el río Chirripó, la condición existente de la viga principal del puente es la siguiente:

1) La rigidez real del Puente es mayor que la rigidez calculada para el diseño basada en los planos existentes.

2) La deflexión máxima y el esfuerzo de la viga principal satisface las que se permiten para el diseño incrementado de carga viva de HS20 +25%.

3) La expectativa de vida para la fatiga se estima en 25 años apartir de ahora en el punto de la conexión alrededor de la placa del apoyo. Y las otras partes de conexión tales como el arriostramiento transversal y lateral tienen una expectativa de vida mayor.

10.3 Estudio de Condiciones Naturales

10.3.1 Estudio de la Condición de los Ríos

La condición de flujo del río, erosión y las condiciones de depósito de las riberas y cauces fueron investigados para 29 puentes del Estudio. Las condiciones de los cauces y riberas han cambiado grandemente en algunos de los sitios de puentes con respecto a las condiciones de cuando los puentes fueron construidos, debido a crecidas en los ríos durante un largo periodo largo después de la construcción. Los perfiles de los ríos cercanos al puente y condiciones de las riberas y cauces para 29 puentes son mostrados en los apéndices 3 y 4 respectivamente. En esta sección, en la Tabla 10.3 se muestran las condiciones de los 10 puentes seleccionados.

La socavación del cauce en el puente río Nuevo No.16 es muy seria. El nivel de cauce presenta una socavación de alrededor de 6 m de su nivel de profundidad original, y no sólo en el área alrededor del puente sino también en el área de aguas arriba y aguas abajo. Los pilotes de las pilas P1 y P2 están expuestos y la protección del talud frente al bastión A2 está profundamente erosionada.

Se observa erosión en los rellenos de suelo detrás de los bastiones en varios puentes, donde, se utilizan las pilas tipo bastión. Estas erosiones ocurrieron por la erosión de la protección del talud frente a los bastiones, la cual fue causada por inundaciones o por el drene de agua llovida cerca del bastión. Estas erosiones en los rellenos causan el asentamiento de la superficie de la vía detrás de los bastiones.

Figura 10.3.1 Socavación en el Cauce del puente sobre río Nuevo No.16

Figura 10.3.2. Erosión en los Rellenos del puente sobre río Puerto Nuevo No.12

La velocidad de flujo de inundación es muy rápida en el la mayoría de los ríos, porque los perfiles del río son muy abruptos como se muestra en la tabla 10.3. En los puentes, como el No.17 puente río Chirripó y No.20 puente río Sucio, localizados en áreas montañosas, los ríos traen grandes rocas que se depositan en el cauce. Estas rocas han dañado las pilas al golpearlas.

Figura 10.3.3. Deposito de Grande Rocas en el Puente río Chirripó No.17

Figura 10.3.4. Depósito de Grandes Rocas en el Puente río Sucio No.20

Tabla 10.3.1 Condición de los Ríos de los 10 Puentes

Puente No. y Nombre	Perfil Rió cerca Puente (Aprox. %)	Condiciones de Flujo de los Cauces y Riveras del Río
No.2 Aranjuez	1.0	- La pendiente del talud cercano al B1 esta parcialmente erosionado - El cauce cercano a las pilas esta erosionado profundamente. - La pendiente frene al B1 es pronunciada y esta cubierta con árboles
No.3 Abangares	1.6	- Las pendientes de los Bastiones B1 y B2 no están erosionadas - Hay depósitos de arena y grava cerca del bastión B2, hay madera enredada en las pilas. - No se encontró erosión cercana a las pilas.
No.7 Azufrado	1.0	- El puente esta colocado sobre una capa de roca expuesta - No se encontró socavación y erosión. - El cauce rocoso es profundo con un ancho estrecho al centro del rió.
No.12 Puerto Nuevo	0.3	- Los taludes en frente del los Bastiones B1 y B2 son pronunciados y el talud atrás del B1 está erosionado. - El cauce cerca de las pilas está erosionado, especialmente cerca de la P4 que están erosionadas profundamente.
No.16 Nuevo	1.2	- El cauce esta profundamente erosionado a todo el ancho del rió, no solo en el área cercana al puentes sino también en zonas aguas arriba y aguas abajo. - El nivel del cauce esta 6m bajo del nivel original en la zona del puente. - Los pilotes de ambas pilas están expuestos por la socavación. - Los trabajos de protección de talud en el frente del bastión están rotos por la erosión.
No.17 Chirripó	1.5	- La protección del talud en el bastión B2 esta erosionada. - El cauce esta erosionado en todo su espesor. - El área de flujo del rió a sido cambiada por la influencia de canteras localizadas aguas arriba y aguas abajo.
No.19 Sarapiquí	0.5	- La protección del bastión B2 esta erosionada. - El cauce cercano a la pila P2 esta erosionada.
No.20 Sucio	2.4	- El cauce esta cubierto por rocas acarreadas por el rió con diámetros de 2m. Los daños causados por estas rocas se encuentran en la pila. - La protección del bastión B2 esta erosionada por el agua llovida.
No.26 Chirripó	0.3	- El cauce esta socavado en todo su ancho, especialmente cerca de la pila P6. - El bastión B2 esta quebrado por el terremoto.
No.29 Torres	2.1	- El cauce esta erosionado cerca de la pila P1. - El terreno bajo el puente, entre P1 y B2 esta cubierto por desechos industriales

10.3.2 Estudio Geológico

Se desarrollaron estudios geológicos para conocer las condiciones del terreno, las cuales son requeridas para chequear la seguridad estructural de las fundaciones existentes. Existen datos de perforaciones en los planes generales de los 10 puentes seleccionados. Los puntos de perforación y el número para cada puente fueron determinados en base a esos datos. Los estudios geológicos incluyendo las perforaciones mecánicas y las pruebas de laboratorio de los 10 puentes seleccionados fueron divididos en tres grupos para reducir el tiempo de trabajo en el estudio y fue desarrollado por tres compañías de estudio como lo muestra la tabla 10.3.2.

Tabla 10.3.2. Puentes y Compañías de Estudios Geológicos

Grupo	Puente No. Y Nombre	Numero de Perforaciones	Compañía de Estudio
1	No.2 Aranjuez No.3 Abangares No.7 Azufrado No.20 Sucio	2 3 2 2	IMNSA
2	No.12 Puerto Nuevo No.16 Nuevo No.29 Torres	2 2 2	Vieto & Asociados, S.A.
3	No.17 Chirripó No.19 Sarapiquí No.26 Chirripó	2 2 2	INGEOTEC, S.A.

Un total de 21 perforaciones fueron realizadas con el fin de determinar el perfil geológico y la evaluación del suelo y rocas existentes en las zonas de los diez puentes. Equipos de perforación rotacional fueron utilizados para perforar y fue utilizada la prueba de penetración estándar (STP) combinada con las muestras estándar y las archivadas, para obtener muestras de suelo. El método del doble tubo fue utilizado para obtener los núcleos de muestra. Se analizaron en el laboratorio las muestras no alteradas y las características de las diferentes capas, tales como el contenido de humedad, peso unitario, análisis de mallas, gravedad especifica del suelo, límites de plasticidad, límites líquidos y la prueba de compresión inconfinada.

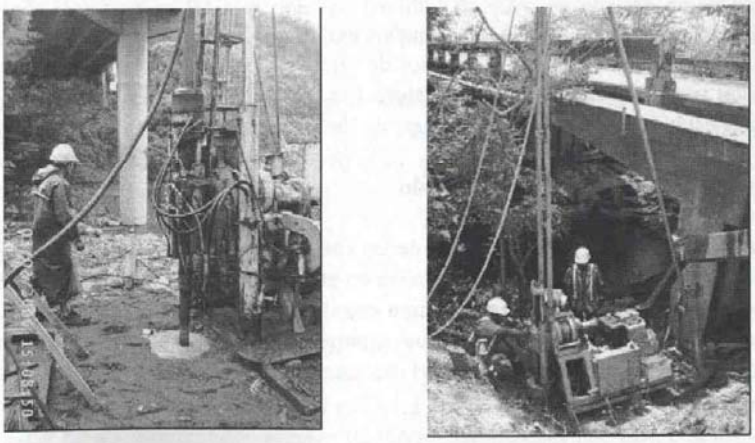


Figura 10.3.5. Perforaciones en las Zonas de los Puentes

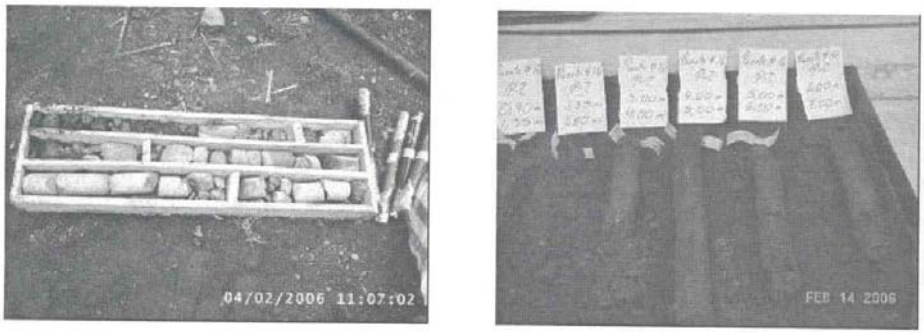


Figura 10.3.6. Muestras de Sueles de Perforaciones en Estudio Geológico

Las condiciones geológicas de cada zona donde se ubican los puentes, están basadas en los resultados de los estudios geológicos y de la información de los planos de cómo fue construido, estás están descritas a continuación.

1) Zona de Puente No. 2 Rió Aranjuez

Depósitos del río, como bloques de rocas ígneas, algunos bloques de roca limosa y arena están localizados en la base de un estrato rocoso, el cual esta con rocas ígneas con fracturas. El espesor de la capa de deposito es alrededor de 4 a 7 metros en camino del rió. La capa de roca esta localizada en las partes altas a ambos lados de las riveras. Todas las fundaciones extendidas están colocadas sobre esta capa de roca.

2) Zona de Puente No. 3 Rió Abangares

Se encuentra una capa de limo arcilloso bien compactada y con un espesor de 5.5m en los rellenos del bastión B1. Esta capa de limo arcillosa se encuentra sobre la capa de arena y grava con bloques volcánicos y bloques de lava. Esta capa de arena y grava es considerada como una capa de roca ígnea

Depósitos del rió, como la arena con tamaños mayores a 20cm, se localizan en la base de roca o en la capa aluvial volcánica. El espesor de esta capa de deposito es alrededor de 4m en el camino del rió y a 7m del punto de perforación desde el bastión B2. Todas las fundaciones extendidas están localizadas sobre las capa de roca o la capa de aluvión volcánico.

3) Zona de Puente No. 7 Rió Azufrado

Se encuentra toba expuesta en el cauce de las zonas de ambas pilas. Arena mal graduada con capas de toba de densidad media se localiza en ambos bastiones. Las fundaciones extendidas de ambos marcos de pila están sobre una capa de toba. Sin embargo, ambos bastiones no están construidos como estructuras que soporten las fuerzas de la superestructura. Esos bastiones están colocados para detener el deslizamiento del material de relleno.

4) Zona de Puente No. 12 Río Puerto Nuevo

El depósito de materiales aluviales consiste en bloques calcáreos y bloques ígneos con arena, las que cubren las rocas ígneas gabbro. El material aluvial del camino del río dónde P2 se localiza, tiene condiciones buenas para la capacidad de soporte a una capa con una profundidad de 15 m.

Al borde del río donde se localiza el bastión B2, hay capas de bloques alterados y fracturados de piedra calcárea y piedra ígnea que pueden ser consideradas muy estables. Todas las fundaciones extendidas de las pilas están colocadas sobre un estrato de roca ígnea.

5) Zona de Puente No. 16 Río Nuevo

El cauce del río está socavado más de 4m de profundidad con respecto al nivel original, los pilotes de ambas pilas están expuestos por la socavación. La capacidad de fricción de los pilotes se ha reducido con respecto a la capacidad de diseño original.

El talud del bastión B2 esta llenado alrededor de una altura de 10m desde el nivel original del terreno. Las condiciones iniciales del material de aluvión en 13m de profundidad desde la superficie del talud (3m desde el nivel original del terreno) tiene la suficiente capacidad como un estrato de carga con valores de N mayores a 56.

Al borde del río, en donde está localizada la pila P1, los valores de N del STP para capas de hasta una profundidad de 8m y a profundidades de entre 18m y 22m son menores de 20. Las capas de aluvión y arcilla muy densa se encuentran a una profundidad de 22m. Todos los pilotes de fundación han penetrado a una profundidad mayor a 10m desde el nivel de terreno original.

6) Zona de Puente No. 17 Río Chirripó

En ambos puntos de soporte del lado de B1 y B2, la capa superior desde la superficie hasta 1m de profundidad consiste en una capa limo arenosa con valores de N de 13. Los depósitos del río con rocas de lava y arenas gruesas muy toscas continúan a una profundidad de 15m del lado del bastión B1 y a una profundidad de 12m en el lado del bastión B2. Todos los valores del STP no fueron contabilizados porque el martillo rebotaba en esta capa.

Dentro del área de flujo de río, el cauce esta cubierto con el mismo depósito del río con los bloques de gran tamaño de lava y las arenas gruesas muy toscas. Todas las fundaciones extendidas de las pilas y los bastiones están fijas en esta capa del depósito en la profundidad entre 11 m y 15 m del terreno.

7) Zona de Puente No. 19 Río Sarapiquí

Al punto de soporte del bastión B1, una capa de relleno de grava que consiste en bloques lava fracturada y fragmentada, continúa de la superficie a una profundidad de 6m. La plasticidad media del elemento arcilloso cuenta con un espesor de 9.4m bajo la capa del relleno. Esta capa de arcilla es muy suave con valor de N de 0. La arena y la capa de grava tiene un valor de N de alrededor de 40 continúa con espesor de 4.6m. Bajo la capa anterior, con un valor de N que se reduce de nuevo a 0 en la capa de arcilla suave con el espesor de 3.9m. Una capa de

arcilla rígida con valor de N de 40 continúa para 1m de espesor. Finalmente, encuentran piedras basálticas con las lavas muy vesiculares alteradas completamente a la profundidad de 25 m de la superficie. Los pilotes existentes con 22.5 m a lo largo del bastión B1 fueron penetrados hasta esta capa.

Al punto de soporte en el área de flujo de río cerca de la pila P2, se encuentra una plasticidad baja con valor de N de entre 2 y 22 para el espesor de 2 m cubre los depósitos del río de capa de arena tosca. La capa de arena continúa en la profundidad de 2 m a 11 m con valores de N entre 2 y 35. Los valores de N a la capa más profunda que 11.5m son 65 o más. Los pilotes de acero de forma H con 12.5m largo penetran en esta capa de arena en la pila P2.

8) Zona de Puente No. 20 Sucio

A lo largo de toda las profundidad estudiada de una perforación de 18m cerca de la pila P1 se encontraron lavas. Los depósitos consisten en lava compactada y fragmentos de lava que incluyen bloques de roca de gran tamaño con diámetros mayores a 1m. Las fundaciones extendidas de la pila P1 están colocadas sobre esta capa 15m por debajo del cauce.

En toda la perforación cercana a la pila P2 localizada a la izquierda del banco, solo existe una capa de grava a lo largo de toda la perforación de 10m. Esto consiste en fragmentos de lava indefinida. La fundación extendida de la pila P2 está colocada sobre esta capa a 6m por debajo de la superficie.

9) Zona de Puente No. 26 Chirripó

En la perforación cercana a la pila P1, hay una capa de limo arcilloso con un espesor de 1.5m de depósitos del río. Este limo arcilloso está muy suelto con valores de N entre 3 y 4. La capa de 1.5m a 8m de profundidad está compuesta de grava fina con un tamaño máximo de 7cm. Los rebotes del STP fueron medidos a lo largo de esta capa. Esta capa es susceptible a la licuefacción durante un terremoto. Por debajo de este material fue detectada, con la misma arena con densidad relativamente suelta (valores de N entre 3 y 10). Finalmente entre 35.0 hasta el fondo de la perforación, fue detectada arcilla suave con alta plasticidad. El esfuerzo de compresión inconfinada de esta arcilla esta entre 0.30 y 0.40 kg/cm^2 y los valores de N de ella están entre 7 y 12.

En la perforación B26-2 cercana a la pila P7, el perfil del suelo es básicamente material de grava en toda la perforación. La capa desde la superficie del terreno hasta la profundidad de 22.0m consiste en bloques de lava aluvial indefinida y fragmentos con un tamaño máximo de 13cm. Los rebotes de la STP fueron medidos a lo largo de la perforación. La capa desde los 22m hasta los 35m de profundidad consiste en una grava arenosa bastante fina con un tamaño máximo de 5cm. Los rebotes de la STP no pudieron ser medidos. Debido a que el estrato soportante es muy profundo, todas las subestructuras de este puente están soportadas por pilotes de acero de forma H con longitud de 30m.

10) Zona de Puente No. 29 Río Torres

El terreno original esta cubierto por material de relleno incluyendo bloques de concreto. La consistencia de este terreno es variable entre suave y muy rígido. Bajo el nivel de fundación,

en donde la pila P1 esta localizada, se encontró una mezcla entre grava, arena arcillosa lo cual puede ser susceptible a la erosión. En el punto de perforación en frente del bastión B2, se encuentra material de relleno aun a una profundidad de 4m al igual que en P1. Desde una profundidad de 5m, una matriz de arcilla con rocas ígneas alteradas continúan con un valor de N entre 19 y 41.

Todas las fundaciones extendidas de las pilas y bastiones están colocadas sobre la capa de arena arcillosa a una profundidad de entre 3m y 8m desde el nivel de terreno original.

10.4 Selección del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento

10.4.1 General

Medidas apropiadas para la rehabilitación, reforzamiento y mejoramiento deben ser planificadas para los puentes que se han evaluado o determinado con un riesgo de degradación en su funcionamiento actual y en el futuro por los siguientes resultados de inspección:

- Uno o más puntos del funcionamiento como durabilidad, seguridad, servicio, riesgo de daños a otras partes y estética/paisaje se han observado con un nivel inaceptable.
- Aunque no se observe deterioro en la actualidad, se predice que el puente va a tener un riesgo de deterioro en su funcionamiento durante el período remanente de servicio.
- Cuando el rango de progreso en el deterioro de funcionamiento es más rápido que el rango inicial de progreso que se predijo para un futuro cercano.

Es necesario considerar una categoría de mantenimiento y una investigación comprensiva acerca del período de servicio remanente, el ciclo de costo de vida, el presupuesto disponible, el impacto social del puente y la dificultad del mantenimiento.

Una medida correctiva apropiada debe ser planeada considerando el mecanismo de deterioro y el grado de deterioro. Cuando muchos métodos y materiales pueden ser aplicados a la medida correctiva seleccionada, es importante escoger el método y material más viable para el mecanismo y el grado de deterioro. Principalmente se debe prestar atención que el método de corrección es diferente para cada mecanismo de deterioro aunque el grado de deterioro sea el mismo.

Cuando la medida correctiva para el deterioro del puente es planeada, el nivel deseado de funcionamiento del puente debe ser determinado como se muestra en la tabla 10.3.1

En el caso de un serio deterioro que pone en riesgo otras partes en un futuro cercano, la medida correctiva apropiada debe ser llevada a cabo inmediatamente.

Tabla 10.4.1. Medidas de Corrección Clasificadas por Nivel Deseado de Funcionamiento

Funcionamiento	Grado Deseado de Medida		
	Grado medio de condición entre la condición de la etapa de finalización y el nivel existente	Misma condición de finalización	Condición más alta que la condición de etapa finalizada
Durabilidad	Reparación	Reparación o Reforzamiento	Reparación o Reforzamiento
Seguridad	Reparación o Reforzamiento	Reforzamiento	Reforzamiento
Servicio	Reparación o Reforzamiento	Reparación o Reforzamiento	Reforzamiento
Riesgo de daño de otras partes	Reparación	Reparación	-
Apariencia estética / paisaje	-	Mejoramiento de la apariencia	Mejoramiento de la apariencia

10.4.2 Tipos de Medidas de Corrección

Los tipos de medidas de corrección se clasifican en siete tipos, como se muestran a continuación, y las medidas se deben seleccionar de estos tipos.

1) Intensificación de la Inspección

La Intensificación de la inspección quiere decir una inspección fortalecida por el aumento de la frecuencia de inspección y/o el número de ítems de inspección. La frecuencia y el número de ítems de inspección deben ser determinados del resultado de algún criterio, juicio y el período de servicio remanente.

2) Reparación

El plan de reparación debe ser hecho con base al nivel deseado de funcionamiento del puente. El método y materiales para los trabajos de reparación deben ser seleccionados considerando los mecanismos de deterioro y el mantenimiento después de la reparación.

Los propósitos de reparación son la rehabilitación y mejoramiento de la durabilidad y exclusión del riesgo que pone en peligro otras partes en el futuro cercano. Es importante también que el trabajo de reparación pueda eliminar los factores de deterioro. Sin embargo, cuando sea difícil eliminar los factores de deterioro mediante los trabajos de reparación, deben ser tomadas medidas para controlar el progreso de deterioro.

El plan de política básica de reparación debe hacerse por la selección del método apropiado para el mecanismo de deterioro, estableciendo el nivel de reparación requerido, determinando la política de reparación, especificaciones para material y dimensión de sección y método de ejecución. La Tabla 10.4.3 resume los ejemplos de políticas de reparación, composición de trabajos de reparación y factores a ser considerados en el nivel de reparación.

Tabla 10.4.2. Mecanismos de Deterioro y Plan de Reparación

Mecanismos de Deterioro	Políticas de Reparación	Composición de trabajos de reparación	Factores que deben ser considerados para el nivel de reparación
Carbonatación	- Remover el concreto carbonatado. - Restricción para la infiltración de CO2 y agua después de reparar	- Restauración de la parte carbonatada - Protección de la superficie - Re-alcalinización	- Remover la profundidad de concreto carbonatado - Método de protección de corrosión para el refuerzo - Material para parchar - Material protector de superficie - Espesor de protección - Alcalinidad del concreto
Corrosión Salina	- Remover el Cl- penetrado en concreto - Protección de penetración de Cl-, agua y oxígeno después de reparar	- Restauración de la parte carbonatada - Protección de la superficie - Desalineación	- Remover la profundidad del concreto penetrado por Cl- - Método de protección de corrosión para el refuerzo - Material para parchar - Material protector de superficie - Espesor de protección - Reducción del volumen de Cl-

Ataque Químico	- Remover el concreto deteriorado. - Restricción de infiltración de deterioro induciendo químicos.	- Restauración de la parte deteriorada - Protección de la superficie	- Material para parchar - Material protector de superficie - Espesor de protección - Remover la profundidad del concreto deteriorado
Reacción del agregado Alcalino	- Restricción para provisión de agua - Liberación de agua interna - Restricción para provisión de alcalinos - Restricción de progreso de grietas (requiere más resistencia)	- Inyección en grietas - Protección en la superficie	- Material protector de superficie - Espesor de la protección
Corrosión de los elementos de acero	- Restauración de la parte corroída - Volver a pintar	-	- Protección de la corrosión en elementos de acero
Socavación en fundación	- Restauración del lugar de socavación - Protección alrededor de la fundación	Protección por: -Piedras Grandes -Gaviones -Bloques concreto	- Tamaño del material y método.

Los trabajos de reparación están compuestos por las siguientes obras:

- Reparación en grietas o descascaramiento, en el caso de estructuras de concreto y reparación de corrosión o descascaramiento de pintura en estructuras de acero.
- Reparación de partes deterioradas por iones de cloruro carbonatación, etc.
- Recubrimiento de la superficie para prevenir la penetración de sustancias riesgosas.

3) Reforzamiento

El Reforzamiento se lleva a cabo como la medida para restaurar o mejorar el funcionamiento mecánico del puente, como por ejemplo la capacidad de carga y rigidez del elemento. Cuando los resultados de la evaluación/criterio muestran que se requiere el reforzamiento del puente, es importante investigar su forma, dimensiones, distribución del acero de refuerzo y condiciones de esfuerzo de los elementos utilizando los planos de diseño y especificaciones, y además es importante medir la forma actual, dimensiones, distribución del acero y transformación en sitio.

Después de que el nivel apropiado de reforzamiento es determinado considerando la importancia del puente y el período de servicio remanente, la política básica del plan de reforzamiento debe ser elaborada. Y el método de reforzamiento debe ser seleccionado para satisfacer el nivel apropiado de refuerzo considerando la condición estructural, la condición de ejecución, durabilidad y dificultad de mantenimiento después del reforzamiento del puente. Además debe ser realizado con base a los resultados de la inspección, evaluación y criterios.

El nivel de reforzamiento es un grado de restauración o mejoramiento del funcionamiento mecánico como la capacidad de carga y rigidez del elemento. Esto debe ser determinado

considerando lo siguiente:

- El resultado de la evaluación/criterios.
- Deterioro de mecanismo(s)
- Características de la estructura del puente
- Importancia del puente.
- Condiciones de carga
- Facilidad de mantenimiento
- Período de servicio remanente

Los métodos principales de reforzamiento son clasificados como se muestran en la Tabla 10.4.3. Cuando el método de reforzamiento es seleccionado es necesario considerar el efecto en el refuerzo, la condición de ejecución, costo e influencia en la comunidad/medio ambiente durante la ejecución. Es notable que la facilidad de mantenimiento después del reforzamiento y la influencia en el medio ambiente deban de tomarse en consideración también.

Tabla 10.4.3. Métodos Principales de Reforzamiento

Reforzamiento	Cambio de elementos	- Reconstrucción de losa - Cambio de elementos de acero - Cambio de apoyos - Cambio de juntas de expansión
	Aumento de sección	- Aumento de espesor - Encamisado con Concreto
	Adición de elementos y/o apoyos	- Adición de viga - Adición de soportes
	Adición de refuerzo	- Adehesión con Placas de acero - Unión con FRP - Encamisado con placas de acero - Encamisado con FRP - Adición placas de acero a elementos de acero
	Reforzamiento por preesfuerzo	- Método del Cable Externo
	Mejoramiento antisísmico	- Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la longitud de asiento (LA) - Instalar sistema preventivo de caída
	Reconstrucción o refuerzo	- Aumento de pilotes y extensión del cimiento - Reconstrucción de nuevas fundaciones

4) Mejoramiento de la Apariencia

El mejoramiento de la apariencia significa mejorar el paisaje, por ejemplo esto se puede lograr con el recubrimiento de la estructura o colocando una sobrecapa de concreto. El plan de mejora en la apariencia y el plan de ejecución deben ser hechos tomando en consideración el paisaje del área, el período remanente de servicio del puente y el mantenimiento después de los trabajos de mejoramiento.

5) Mejoramiento en la Función del Puente

El mejoramiento en la función del puente quiere decir que la función del puente debe ser mejorada con respecto a la condición actual del puente con el aumento de un carril o la adición de una acera. Antes de iniciar el mejoramiento, el nivel deseado y el plan de ejecución debe ser escogido.

6) Restricción en el Servicio de Tráfico

Restricción en el servicio de tráfico significa limitar el uso, como por ejemplo con un límite en la carga de tráfico o un límite en la velocidad de los vehículos, etc. El grado y el método de la restricción impuesta para el uso debe ser determinada del resultado de evaluación, criterios e inspección.

7) Demolición/Remoción

Debe de considerarse como se va a tratar la condición del medio ambiente, seguridad, uso o eliminación de elementos después de la demolición o remoción del puente.

10.4.3 Nivel deseado de Funcionamiento del Puente

El nivel deseado de funcionamiento del puente después del mejoramiento debe ser determinado antes de realizar la planificación de las medidas de remedio para el deterioro del puente. El nivel deseado es clasificado en tres (3) niveles como se muestran a continuación.

1) Nivel medio de funcionamiento entre la etapa de finalización y la condición presente.
2) Mismo funcionamiento en la etapa de finalización.
3) Nivel más alto que el funcionamiento en la etapa de finalización.

En este estudio el nivel deseado de funcionamiento de los 10 puentes fue determinado como se muestra en la Tabla 10.4.4. La mayoría del nivel deseado de funcionamiento es mayor que el de la etapa de finalización. Por que estos 10 puentes fueron diseñados con la versión Antigua de AASHTO en la cual la carga viva es menor que la de la nueva versión y la carga de sismo no fue considerada.

De todos modos, si se reconoce que el deterioro afecta la seguridad de otras partes en el presente o en un futuro cercano, la apropiada medida correctiva para este deterioro debe llevarse a cabo inmediatamente.

Tabla 10.4.4. Nivel deseado de Funcionamiento del Puente

Elemento	Nivel Deseado
Losa	Asegurar la suficiente capacidad de carga para carga viva utilizada (HS20-25%)
	Mejorar la durabilidad de la losa de pavimento asfáltico y colocar impermeabilizante
Superestructura	Asegurar suficiente capacidad de carga para la capacidad permitida, regulada por AASHTO (Edición 17 2002) considerando carga adicional de reforzamiento de losa y pavimento asfáltico.
	Prevenir la caída de las vigas, aún en el momento de un sismo.
Subestructura	Asegurar la suficiente capacidad de carga para la capacidad permitida regulada por AASHTO (Edición 17 2002) en el momento de un sismo.
Fundaciones	Asegurar la suficiente capacidad de carga para la capacidad permitida regulada por AASHTO (Edición 17 2002) en el momento de un sismo.
Juntas de Expansión	Instalar juntas de expansión tipo no-drenables

10.4.4 Evaluación del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento

Los métodos de rehabilitación, reforzamiento y mejoramiento que se aplican para los 10 puentes se muestran en el apéndice 7. A estos métodos se les asigna una clasificación de acuerdo a los tres grados del sistema de evaluación mostrado en la tabla 10.4.5. Los resultados de la evaluación para cada método se muestran en la tabla 10.4.6.

Tabla 10.4.5. Sistema de Evaluación para el Método Seleccionado

Ítem de Evaluación	Grado A	Grado B	Grado C
Costo	Bajo	Entre A y C	Alto
Periodo de Ejecución	Corto	Entre A y C	Largo
Control de Tráfico	No requiere control de tráfico	Requiere cierre del camino por pocas horas o control de tráfico en un lado	Requiere cierre del camino por más de un dia
Radio de Aumento de Carga Muerta	No	Menos del 10 %	Más del10%
Situación del Mercado de Material	Mercado está disponible en Costa Rica	No hay mercado en Costa Rica pero es fácil obtenerlo	Más difícil que B
Tamaño del Campo de Ejecución	El Campo de Ejecución puede ser colocado en el ancho del camino	El Campo de Ejecución puede ser colocado en una LINEA	Se requiere otro espacio cerca del sitio de la construcción
Influencia en el Medio Ambiente	No	Pequeño cambio en la formación del terreno dentro de una LINEA es necesario	Cambio en la formación del terreno fuera de una LINEA o material nocioso será requerido
Dificultad de Mantenimiento después del Reforzamiento	El presente Método de Inspección estará disponible	El presente método de Inspección estará disponible pero el inspector necesitará una observación más detallada.	Técnicas o instrumentos especiales serán necesarios
Condición Ejecutiva	Equipo y experiencia están disponibles en Costa Rica	El equipo está disponible pero la asistencia tecnológica va a ser necesaria.	El Equipo y experiencia no están disponibles en Costa Rica

Tabla 10.4.6. Resultados de la Evaluación para Cada Método

	Repair / Reinforcement Method	Costo	Periodo de Trabajo	Control de Tráfico	Incremento en el ancho	Preparación de materiales	Campo de ejecución	Influencia en el ambiente	Mantenimiento después del refuerzo	Grado de dificultad de ejecución
Deck Slab	Inyección y Relleno	B	B	A	A	B	A	A	A	B
	Recubrir o restaurar dimensión del miembro	C	C	A	A	B	A	A	A	B
	Cubrir superficie	A	A	A	A	A	A	A	A	B
	Refuerzo por laminas de FRP	C	A	A	A	C	A	A	C	B
	Incremento en el espesor de la losa (Colocando concreto sobre	A	B	B	B	A	A	A	A	B
	Incremento en el espesor de la losa (Colocando concreto por	B	B	A	B	B	A	A	B	B
	Construir nuevas vigas	B	B	A	B	A	A	A	A	A
	Reforzar por medio de Placas de acero	B	A	A	B	B	A	A	C	B
	Reemplazar la losa	C	C	B	B	A	A	A	A	A
Main Girder	Inyección y Llenado	B	B	A	A	B	A	A	A	B
	Restaurar la dimensión del miembro	C	C	A	A	B	A	A	A	B
	Cubrir superficie	A	A	A	A	A	A	A	A	B
	Refuerzo por laminas de FRP	C	A	A	A	C	A	A	C	B
	Incrementar la altura de la viga	B	B	A	B	B	A	A	B	B
	Reforzar por medio de Placas de acero	B	A	A	B	B	A	A	C	B
	Reforzar por medio de Cables externos	C	B	A	B	C	A	A	A	B
	Instalación de nuevas vigas principales	B	A	A	B	B	A	A	C	B
	Reforzar con placas de acero adicionales	A	A	A	B	A	A	A	A	A
Substructure	#REF!	B	B	A	A	B	A	A	A	B
	Restauración de las Dimenciones del Elemento	C	C	A	A	B	A	A	A	B
	Recubrir Superficie de Concreto	A	A	A	A	A	A	A	A	B
	Recubrimiento con Placas de Acero	B	B	A	A	A	A	B	B	B
	Recubrimiento con Hojas de Fibra de carbón	C	A	A	A	C	A	B	B	B
	Reinforced Concrete Jacketing	A	C	A	B	A	A	B	A	A
	Refuerzo con Presfuerzo	B	B	A	B	C	A	A	A	B
Fandation	Incremento de Pilotes y Extensión de la Fundación	B	B	A	B	A	A	B	A	A
	Incremento de Pilotes y Construcción de un Pila tipo	B	B	A	A	A	A	B	B	A
	Protección con Piedras de gran tamaño	A	A	A	-	A	A	B	A	A
	Protección con Gaviones	B	B	A	-	A	A	B	A	A
	Protección con Bloques de Concreto	C	C	A	-	A	A	B	A	A

10.4.5 Evaluación del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento para los 10 Puentes

1) Selección del método para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento

Con el objetivo de alcanzar el nivel deseado de rehabilitación, reforzamiento y mejoramiento en los 10 puentes, el plan preliminar se llevó a cabo con base a la evaluación de costos respectivos, período de ejecución, condición de ejecución, dificultad de mantenimiento después del reforzamiento, influencia del tráfico, etc. Los métodos propuestos para rehabilitación, reforzamiento y mejoramiento para los 10 puentes están resumidos como se muestran en la Tabla 10.4.7.

Tabla 10.4.7. Resumen de los Métodos Propuestos para los 10 Puentes

Member	Bridge No.	2	3	7	12	16	17	19	20	26	29
	Bridge Name / Remedial method	Rio Aranjuez	Rio Abangares	Rio Azufrado	Rio Puerto Nuevo	Rio Nuevo	Rio Chirripo	Rio Sarapiqui	Rio Sucio	Rio Chirripo	Rio Torres
Slab	Replacement	Apply	Apply								
	Bonded FRP or Steel plate				Apply	Apply					
	Increase Thickness			Apply							Apply
	Install additional stringer	Apply	Apply								
superstructure	Reinforced Additional Member	Apply	Apply		Apply for steel girder			Apply		Apply	
	PC Cable										Apply
	Bonded FRP or Steel plate				Apply for concrete girder	Apply					Apply
	install New Abutment			Apply							
	install New Support							Apply		Apply	
	Install Unseating Prevention System				Apply			Apply		Apply	
Abutment	widen the bearing base	Apply	Apply		Apply	Apply	Apply	Apply	Apply	Apply	Apply
	Slope Protection				Apply	Apply	Apply				
Pier	widen the bearing base	Apply	Apply		Apply	Apply		Apply		Apply	Apply
	Concrete Jacketing	Apply				Apply					Apply
	Protection for rolling stone						Apply		Apply		
Foundation	Expand Footing	Apply	Apply		Apply						Apply
	Reconstruction					Apply					
	Install Additional Pile							Apply			
Scouring	Protection of stone or mat gabion	Apply				Apply	Apply	Apply	Apply	Apply	Apply
Increase of inspection				Apply	Apply		Apply	Apply	Apply	Apply	

Cada idea básica para el método de rehabilitación, reforzamiento y mejoramiento es descrita a continuación. Y más detalles del método para cada puente se muestran de la tabla 10.4.10 a la 10.4.19.

a) Losa

- Debido a que las losas en los puentes de la ruta No.1 presentan mucho daño, el método de reemplazarlas ha sido seleccionado.

- Las losas de los puentes en la ruta No.2 no están tan dañadas, sin embargo de acuerdo con el resultado del análisis, su capacidad de carga es menor a la capacidad especificada en la carga viva actual (HS20+25%) y en algunos de los puentes de la ruta No.2, el espesor de la losa no cumple el mínimo requerido (17cm) especificado por la norma AASHTO (Edición 17 2002). Además la capacidad de carga de la viga es también menor que la

especificada en la carga viva utilizada actualmente (HS20+25%). Por lo que la losa debe ser reforzada por el método de unión con láminas de FRP o el método de unión con placas de acero para evitar el aumento de la carga muerta.

- En el caso de los puentes de la ruta No.4 y 32, los puentes fueron diseñados para carga HS20, y la capacidad de carga en la losa satisface el nivel de capacidad requerido en la norma AASHTO (Edición 17 2002). Sin embargo, se requiere la intensificación de la inspección aumentando la frecuencia de inspección en la losa. Y cuando se de un criterio de que el deterioro de la losa va en aumento, la losa debe ser reforzada por un método viable como el método de unión con láminas FRP, método unión con placas de acero y/o método de inyección para evitar el control de tráfico.

- En el caso del puente sobre el río Torres en la ruta 218, el puente nuevo fue construido al lado del puente viejo para aumentar el flujo por el aumento en el volumen de tráfico. La losa en el puente nuevo usado para el tráfico que va hacia San José tiene suficiente capacidad para la carga viva actual. Sin embargo por el volumen del tráfico pesado, la losa ha sido muy dañada. Por esto durante el trabajo de reforzamiento del puente, el otro puente puede ser utilizado como camino alterno. El método, que consiste en aumentar el espesor de losa agregando concreto a la losa existente con refuerzo adicional, puede ser aplicado para este puente.

b) Viga (Cercha, Viga I Acero, Viga Concreto Reforzado, Viga I Preesforzado)

En el caso de los puentes diseñados de acuerdo a la carga viva antigua como HS15 o HS20, la capacidad de carga de la viga es menor que la capacidad requerida para la carga viva actual (HS20+25%). Por lo que el método de reforzamiento apropiado se muestra en la tabla que está a continuación debe ser seleccionado para evitar el aumento de la carga muerta.

Tabla 10.4.8. Métodos de Rehabilitación para Viga Principal

Tipo de Puente		Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento
Puente de Acero	Cercha	Reforzar con un elemento adicional para disminuir la longitud de pandeo
	Viga I	Reforzar con elemento adicional o preesfuerzo con el método de Cable externo
Puente Viga de Concreto Reforzado		Método de Unión con placas de acero o método de unión con FRP
Puente Marco Rigido Concreto Reforzado		Instalar un nuevo bastión para disminuir el momento flector de un tramo del Puente sobre el rio Azufrado (No.7).
Puente Viga I Prefabricada		Reforzar con el método de unión con FRP o el método de Cable externo

c) Subestructura

Todos los 10 puentes tienen la suficiente capacidad de carga para la carga viva actual (HS20+25%). Sin embargo de acuerdo al resultado del análisis en algunas pilas, el esfuerzo del refuerzo para carga sismo es mayor que la capacidad de esfuerzo permitido especificado en la norma AASHTO (Edición 17 2002) como se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 10.4.9. Subestructuras Requeridas para Reforzamiento

Nombre del Puente (No.)	Pila No.	Tipo de Pila	Dirección del Cargado
Puente sobre Río Aranjuez (No 2)	Pila (No.2)	Pared	Longitudinal
Puente sobre Río Nuevo (No.16)	Pila (No.1)	Marco Rígido	Longitudinal
Puente sobre Río Torres (No.29)	Pila (No.1)	Columna	Longitudinal y Transversal

El método de encamisado de concreto debe ser seleccionado para reforzar estas pilas. Para las pilas a las que no se les puede aumentar el ancho por causa de la condición del flujo del río o por la condición de ejecución, el método de encamisado con placas de acero o el método de encamisado con FRP también ha sido seleccionado para reforzar la pila

Además, cuando los trabajos de reforzamiento se convierten en trabajos de larga escala, se utiliza un sistema especial de apoyo, esto cuando la fuerza de momento sísmica de la superestructura no es trasmitida a la subestructura por ese apoyo y se fractura por la carga de sismo.

d) Fundación

Todas las fundaciones de los 10 puentes tiene la suficiente capacidad de carga para la carga viva actual (HS20+25%).

Sin embargo, de acuerdo al resultado del análisis para carga de sismo, las fundaciones en los 10 puentes no son estables contra las componentes de soporte, volcamiento y deslizamiento. En el caso de fundaciones con pilotes, la capacidad de carga de las fundaciones con pilotes en el Puente sobre el Río Nuevo (No.16) y Puente sobre Río Sarapiquí (No.19) es menor que la fuerza generada por la carga de sismo.

Además, en el Puente sobre Río Nuevo (No.16) y el Puente sobre el Río Torres (No.29), se observó socavación de gran escala con una profundidad de más de 3 metros. Los pilotes de las pilas en el Puente sobre Río Nuevo han sobresalido de la tierra cerca de unos 2.5m. El reforzamiento de las pilas es requerido para ambos puentes.

Para el reforzamiento de las fundaciones del puente sobre río Nuevo (No16), se debe de construir una nueva fundación aumentando el número de pilotes y además la expansión del cimiento es requerida.

Cuando se hace el criterio de que ninguno de los dos métodos se pueden llevar a cabo debido a la condición del flujo del río y de la condición de ejecución, el sistema de apoyo, cuando la fuerza de momento sísmica de la superestructura no es trasmitida a la subestructura por ese apoyo y se fractura por la carga de sismo, es empleado.

Con respecto a la medida para socavación en el lecho del río alrededor de la pila, los trabajos de protección con piedras grandes, gaviones o bloques de concreto deben ser aplicados. Los materiales y su tamaño deben ser seleccionados basados en la velocidad del flujo del río, descarga de inundación y la condición del lecho del río.

2) Otros

Para aumentar la durabilidad de los puentes, otros trabajos de reparación listados a continuación deben ser requeridos.

i) Instalación de nuevas juntas de expansión de tipo no drenables para los 10 puentes.

ii) Colocación de pavimento asfáltico (5cm de espesor) e impermeabilizante en la losa de concreto para los 10 puentes.

iii) Reparación de protección de talud en frente de los bastiones.

iv) Instalación del Sistema de Prevención de Falta de Asiento y/o ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento para los 10 puentes.

v) Volver a pintar los elementos de acero en los puentes de vigas de acero.

vi) Reemplazo de los apoyos por unos nuevos.

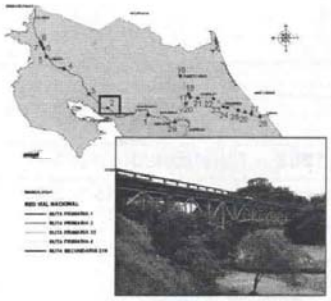
vii) Reparación de defectos en la construcción o grietas.

viii) Instalación de protección alrededor de la pila por piedras acarreadas por el flujo del río.

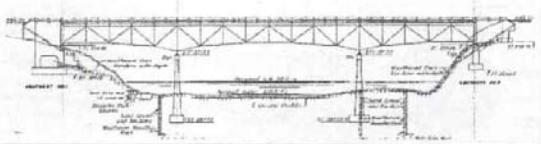
ix) Instalación de tubos de drenaje.

Tabla 10.4.10. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre río Aranjuez (No.2)

Localización



Vista Lateral



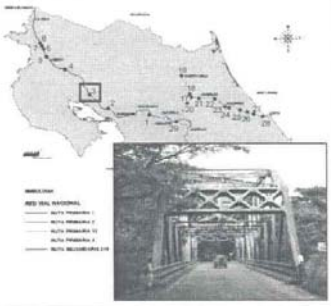
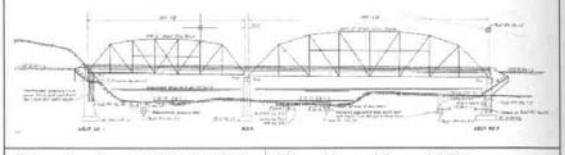
Diseñado: 17/11/1950

Finalización: 1955

Longitud: 87.78m, Carga Viva de Diseño: H15-S12
Sup: Cercha Acero
Sub: Pila Tipo Pared, Bastión tipo Marco
Fundación: Fundaciones corridas

Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Elemento Cercha)	Reforzamiento con elemento adicional para disminuir la longitud de pandeo del miembro	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
	Volver a pintar los elementos de acero	Restaurar a la condición de la etapa final
Sistema de Arrostramiento Losa	Reemplazar la losa. Instalar vigas adicionales para disminuir espesor de losa, si es requerido.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
Bastión	Reparación de agrietamiento y exposición del refuerzo (Remover el concreto suelto y las varillas corroídas antes de colocar el concreto).	Restaurar a la condición de la etapa final
	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento (L_A) para Mejoramiento antisísmico.	Mejoramiento antisísmico
Pila	Reforzamiento por Encamisado de concreto	Mejoramiento antisísmico
	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento (L_A) para mejoramiento antisísmico.	
Fundación	Expansión del ancho del cimiento	Mejoramiento antisísmico
	Protección del lecho de río con piedras o gaviones	Protección contra socavación

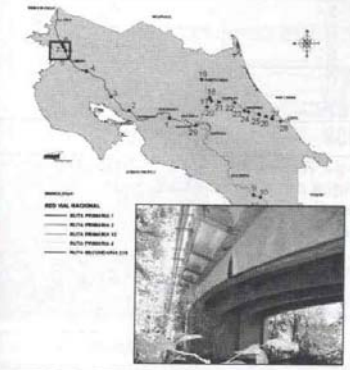
Tabla 10.4.11. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento para el Puentes sobre río Abangares (No.3)

Localización	Vista Lateral
	
Diseñado: 07/03/1952	**Finalización: 1953**
Longitud: 101.34m, Carga Viva de Diseño: H15-S12-44 **Sup: Cercha de Acero** **Sub: Pila tipo pared, Bastión tipo Marco** **Fundación: Fundación corrida**	

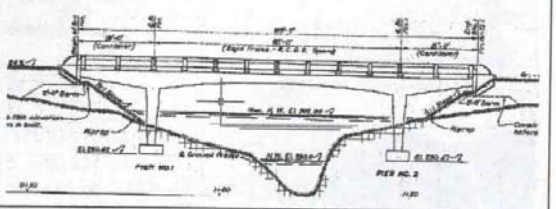
Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Elemento Cercha)	Reforzamiento con elemento adicional para disminuir la longitud de pandeo del miembro	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
	Volver a pintar los elementos de acero	Restaurar a la condición de la etapa final
Sistema de Arrostramiento Losa	Reemplazar la losa. Instalar vigas adicionales para disminuir espesor de losa, si es requerido.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
Bastión	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento (L_A) para mejoramiento antisísmico.	Mejoramiento antisísmico
Pila	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento (L_A) para mejoramiento antisísmico.	Mejoramiento antisísmico
Fundación	Expansión del ancho del cimiento	Mejoramiento antisísmico

Tabla 10.4.12. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Azufrado (No.7)

Localización



Vista Lateral

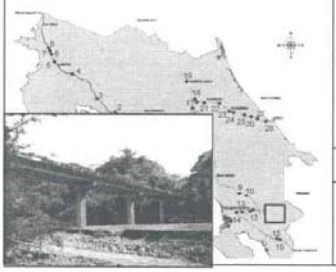
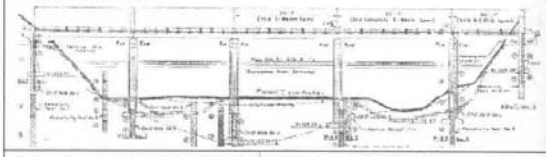


Diseñado: 08/09/1953 **Finalización: 1955**

Longitud: 31.39m, Carga Viva de Diseño: H15-S12-44
Sup: Marco Rígido de Concreto Reforzado
Sub: Marco Rígido
Fundación: Fundaciones corridas

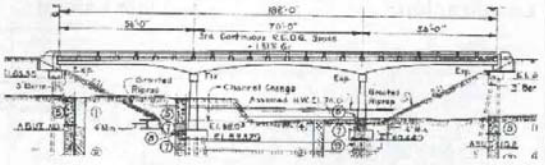
Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Baranda	Reparación de daños e instalación de una nueva baranda.	Restaurar a la condición de etapa final.
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Losa	Aumentar el espesor de la losa utilizando el método de colocación de concreto en la losa existente.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
Viga de Concreto	Instalación de un nuevo bastión para apoyar la viga de un lado del tramo.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
	Aumentar la frecuencia de inspección para observar el progreso de las grietas.	Observar el progreso de las grietas.
Pila y Fundación	Ejecutar una inspección periódicamente.	Observar el deterioro.

Tabla 10.4.13. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Puerto Nuevo (No.12)

Localización	Vista Lateral
	
Diseñado: 10/01/1958	**Finalización: 1961**
Longitud: 104.89m, Carga Viva de Diseño: H15-S12-44 **Sup: Viga de Acero y Vigas de Concreto Reforzado** **Sub: Pila Tipo T, Bastión Marco Rígido** **Fundación: Fundaciones corridas**	

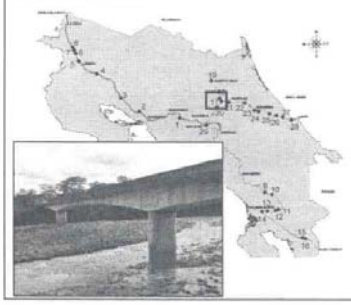
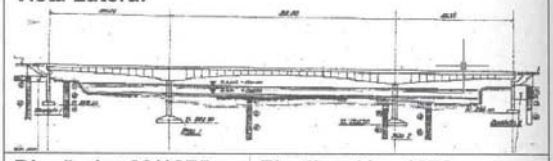
Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Viga I de Acero)	Reforzar adicionando un elemento o usando el método del cable externo.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
	Instalación del sistema de prevención de caída	Mejoramiento antisísmico
	Volver a pintar los elementos de acero	Restaurar a la condición de la etapa final
Viga Principal (Viga Concreto Reforzado)	Reforzar por el método de unión con láminas de FRP o método de unión con placas de acero.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
	Instalación del Sistema de Prevención de caída	Mejoramiento antisísmico
Losa	Reforzar con el método de Unión con láminas de FRP o el método de unión con placas de acero.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
Bastión	Reparar la protección del talud en frente del bastión.	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento (L_A) para mejoramiento antisísmico.	Mejoramiento antisísmico
Pila	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento (L_A) para mejoramiento antisísmico	Mejoramiento antisísmico
	Aumentar la frecuencia de inspección para observar el progreso de las grietas.	Observar el progreso de las grietas.
Fundación	Expansión del ancho del cimiento	Mejoramiento antisísmico

Tabla 10.4.14. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Nuevo (No.16)

Localización	Vista Lateral
	
Diseñado: 19/12/1957	**Finalización: 1961**
Longitud: 55.47m, Carga Viva de Diseño: H15-S12-44 **Sup: Viga Continua de Concreto Reforzado.** **Sub: Pila tipo Marco , Bastión Tipo T Revertido** **Fundación: Fundación de pilotes**	

Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Viga Concreto Reforzado)	Reforzar por el método de unión con lámina FRP o método de Unión con Placas de Acero.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
Losa	Reforzar con el método de Unión con lámina FRP o el método de unión con placas de acero.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
Bastión	Reparar la protección del talud en frente del bastión.	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento (L_A) para mejoramiento antisísmico.	Mejoramiento antisísmico
Pila	Reforzamiento con encamisado en Concreto	Mejoramiento antisismico
	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento (L_A) para mejoramiento antisísmico	
Fundación	Reconstrucción de una nueva fundación	Mejoramiento antisísmico
	Protección del lecho de río con gaviones o bloques de concreto	Protección contra socavación

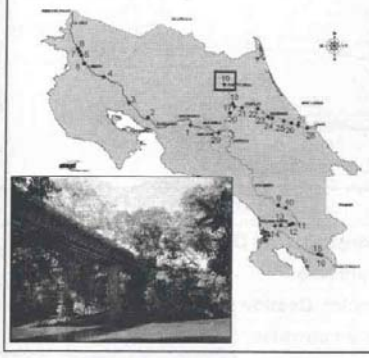
Tabla 10.4.15. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Chirripó (No.17)

Localización	Vista Lateral
	
Diseñado: 03/1975	**Finalización: 1978**
Longitud: 175.8m, Carga Viva de Diseño: HS20-44 **Sup: Viga Cajón de Concreto** **Sub: Pila tipo Pared, Bastión tipo Marco** **Fundación: Fundaciones corridas**	

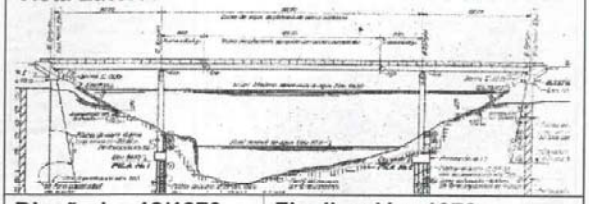
Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Viga Cajón Concreto Prefabricado)	Reparar defectos causados en la construcción	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Aumentar la frecuencia de inspección para observar deformación y el progreso del deterioro.	Observar la deformación y deterioro.
Bastión	Reparar la protección del talud en frente del bastión.	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento (L_A) para mejoramiento antisísmico.	Mejoramiento antisísmico
Pila	Reparar agrietamiento y exposición del refuerzo.	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Instalación de protección alrededor de las pilas de rocas acarreadas por el flujo del río.	Mejorar durabilidad
Fundación	Protección del lecho de río con gaviones o bloques de concreto	Protección contra socavación

Tabla 10.4.16. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Sarapiquí (No.19)

Localización



Vista Lateral



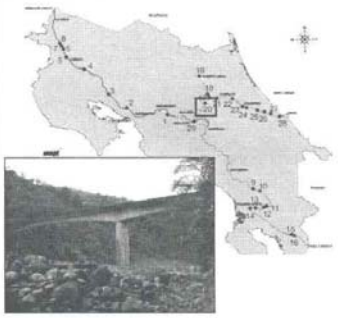
Diseñado: 12/1970 **Finalización: 1978**

Longitud: 100.96m, Carga Viva de Diseño: HS15-44
Sup: Viga I de Acero
Sub: Pila tipo T, Bastión Tipo T Revertido
Fundación: Fundación de Pilotes

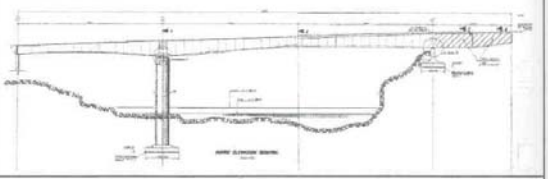
Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Viga I de Acero)	Reforzar adicionando un elemento	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
	Reparar la parte de sección de acortamiento en la viga y diafragma reemplazando con nuevas placas de acero.	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Instalación de nuevos apoyos para evitar el levantamiento de las vigas en ambos bastiones.	Mejorar durabilidad
	Instalación del sistema de prevención de caída en ambos bastiones y ambas articulaciones Gerber.	Mejoramiento antisísmico
	Volver a pintar los elementos de acero	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
Losa	Aumentar la frecuencia de inspección para observar el progreso de las grietas.	Observar el progreso de las grietas.
Bastión	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento (L_A) para mejoramiento antisísmico	Mejoramiento antisísmico
Pila	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento (L_A) para mejoramiento antisísmico	Mejoramiento antisísmico
Fundación	Reforzamiento adicionando pilotes y expandiendo el cimiento.	Mejoramiento antisísmico
	Proteger el lecho del río con gaviones.	Protección contra socavación.

Tabla 10.4.17. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Sucio (No.20)

Localización



Vista Lateral



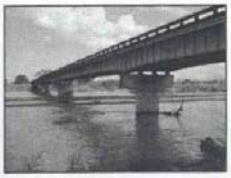
Diseñado: N.D. **Finalización: N.D.**

Longitud: 187.25m, Carga Viva de Diseño: Desconocida
Sup: Viga Cajón de Concreto
Sub: Pila Cilindro Circular, Bastión tipo Marco
Fundación: Fundaciones corridas

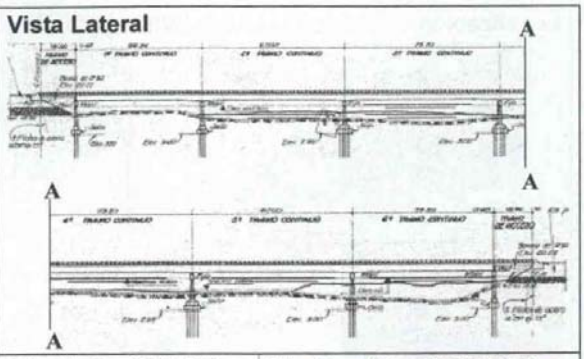
Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Viga Cajón Concreto Prefabricado)	Reparar defectos causados en la construcción	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Aumentar la frecuencia de inspección para observar deformación y el progreso del deterioro.	Observar la deformación y deterioro.
Bastión	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento (L_A) para mejoramiento antisismico	Mejoramiento antisismico
Pila	Reparar agrietamiento.	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Instalación de protección alrededor de las pilas de rocas acarreadas por el flujo del río.	Mejorar durabilidad
Fundación	Protección del lecho de río con gaviones o bloques de concreto	Protección contra socavación

Tabla 10.4.18. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Chirripó (No.26)

Localización



Vista Lateral



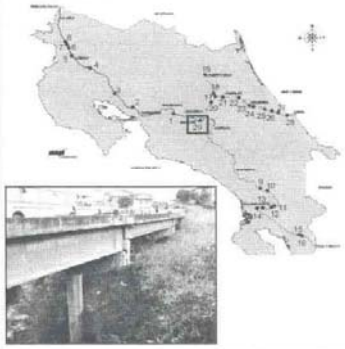
Diseñado: 07/1969 | **Finalización: 1974-1978**

Longitud: 431.9mCarga Viva de Diseño: Desconocida
Sup: Viga I Continua de Acero
Sub: Pila Tipo Pared, Bastión Tipo T Revertido
Fundación: Fundaciones de Pilotes

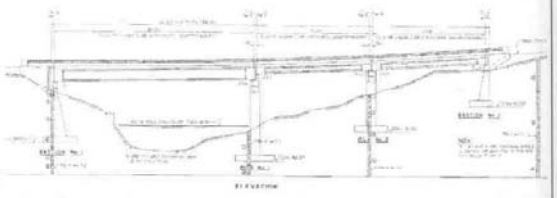
Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Viga I de Acero)	Reforzar adicionando un elemento	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
	Volver las vigas a su posición original	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Instalación de nuevos apoyos para evitar el levantamiento de las vigas en ambos bastiones.	
	Instalación del sistema de prevención de caida.	Mejoramiento antisísmico
	Volver a pintar los elementos de acero	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
Losa	Aumentar la frecuencia de inspección para observar el progreso de las grietas.	Observar el progreso de las grietas.
Bastión	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento (L_A) para mejoramiento antisísmico	Mejoramiento antisísmico
Pila	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento (L_A) para mejoramiento antisísmico	Mejoramiento antisísmico
Fundación	Reforzamiento adicionando pilotes y expandiendo el cimiento.	Mejoramiento antisísmico
	Proteger el lecho del río con gaviones.	Protección contra socavación.

Tabla 10.4.19. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Torres (No.29)

Localización



Vista Lateral



Diseñado: 05/1979 | **Finalización: N.D.**

Longitud: 66.46m, Carga Viva de Diseño: HS20-44
Sup: Viga I Concreto Postensado
Sub: Pila Tipo T, Bastión Tipo Marco
Fundación: Fundaciones corridas

Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Viga I Postensada)	Reforzar con el método de unión con FRP o el método del Cable externo.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
Losa	Aumentar el espesor de la losa utilizando el método de colocación de concreto en la losa existente.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
Bastión	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento (L_A) para mejoramiento antisísmico	Mejoramiento antisísmico
Pila	Reforzar con el encamisado de concreto	Mejoramiento antisísmico
	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento (L_A) para mejoramiento antisísmico	
	Reparar las grietas con el método de inyección.	Mejorar durabilidad
Fundación	Expansión del cimiento.	Mejoramiento antisísmico
	Proteger el lecho del río con gaviones.	Protección contra socavación.

CAPÍTULO 11 DISEÑO DETALLADO

11.1 Losa

La losa de concreto es la parte de la estructura del Puente donde se observan más daños, ya que es esta la que soporta la carga de las ruedas directamente de los vehículos. Los daños observados en la losa de concreto pueden se las grietas, filtraciones de agua, descascaramiento y la subsidencia del concreto. Estos daños se dan como causa de la repetición de la carga de las ruedas. La grieta en una dirección se desarrolla hasta una malla y finalmente algunas partes del concreto se descascaran. Por lo que, los daños se deben de reparar en una etapa temprana para evitar que se desarrolle el daño. Se necesita reforzar el puente, ya que este fue diseñado para cargas vivas pequeñas.

El diseño de cargas vivas de los 10 puentes seleccionados son HS15 o HS20, lo cual depende del año de construcción del puente. El diseño de carga viva en Costa Rica actualmente usado es el HS20 + 25, lo que corresponde al aumento del peso de los vehículos. Por lo tanto, la capacidad de carga de la losa no es suficiente para la mayoría de los 10 puentes excepto el Puente No. 17 sobre el Río Chirripó y el Puente No. 20 sobre el Río Sucio. Como estos dos puentes son de tipo viga cajón de PC, y la estructura presforzada también se usa para su losa. El Tipo de estructura de concreto reforzado de la losa se usa para otros puentes y el esfuerzo del acero de refuerzo en la losa excede el esfuerzo permitido para la carga viva incrementada HS20 + 25%.

Por lo tanto, el refuerzo para la losa se necesita para los 8 puentes, inclusive para los puentes que tienen daños serios que no se observaron en la inspección detallada.

11.1.1 Método para Reforzar la Losa

Se combinan y aplican varios tipos de métodos para la reparación y el Refuerzo de la losa de concreto según el grado de daño. Las medidas correctivas para la losa de la estructura del puente se clasifican según su propósito y método, como se muestra en Tabla 11.1.1.

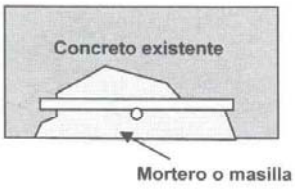
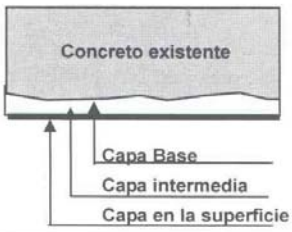
Tabla 11.1.1. Métodos Correctivos para la Losa

Propósito	Medidas Correctivas	Métodos
Reparación o Rehabilitación	Reparación de la grieta	Inyección de la resina de mortero
		Rellenar de Resina de Mortero
	Restaurar la sección estructural	Restaurar la sección estructural
	Cubierta de Concreto	Cubrir la superficie
Refuerzo	Incrementar la dimensión	Incrementar espesor de losa en la parte superior
		Incrementar espesor de losa en parte inferior
	Apoyo Adicional	Instalar un larguero adicional
	Reforzar el material adicional	Adherencia de Placa de acero
		Adherencia FRP (Fibra de carbón, otro)
	Remplazar	Losa de Concreto Reforzado
		Losa de concreto reforzado prefabricado
		Losa prefabricada
		Losa de concreto semi-prefabricado
		Losa de acero
		Losa de rejilla

1) Método de Reparación de la Losa de Concreto

La Tabla 11.1.2 muestra el ejemplo principal del método de reparación para los daños en la losa de concreto, tal como grietas, segregación de limos y descascaramiento. Estas reparaciones son también necesarias para reforzar donde se observan daños.

Tabla 11.1.2. Métodos de Reparación para la losa

Método de reparación	Figuras y Fotografías	Descripción del Método
Reparación de la Grieta -Inyección del Mortero de Resina -Rellenar de mortero de resina		Cortar la superficie del concreto en forma de V o U alrededor de las grietas y rellenarlas con mortero de resina para prevenir que el agua, la sal o el dióxido de carbono penetren. Los materiales de relleno deberán de ser de calidad para poder penetrar la grieta y ser flexibles para ajustarse a esta.
Restaurar la sección estructural		Remover las partes dañadas y restaurar la dimensión de la estructura. Los materiales aplicados a la losa deben de tener resistencia adhesiva al concreto original y no pueden oxigenar el acero de refuerzo en el concreto.
Cubierta de la Superficie de Concreto -Cubrir la Superficie		Cubrir la superficie del concreto para prevenir que el agua, la sal o dióxido de carbono se filtre. Los materiales de esta cubierta deben de tener esta cualidad resistente al agua y a los factores climáticos.

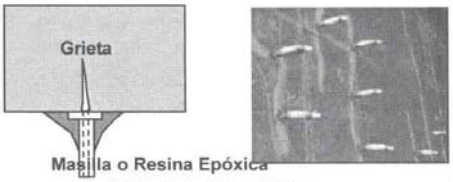
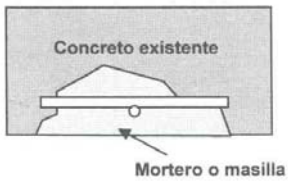
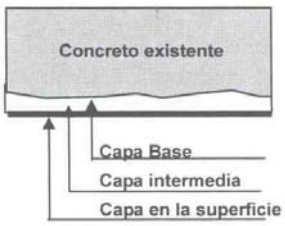
2) Método de Refuerzo

La Tabla 11.1.3 muestra los ejemplos principales del método de Refuerzo para la losa de concreto. Algunos de los métodos de Refuerzo incrementan el peso de la losa, el método se debe de seleccionar tomando en consideración los efectos de la influencia a la superestructura y la subestructura.

1) Método de Reparación de la Losa de Concreto

La Tabla 11.1.2 muestra el ejemplo principal del método de reparación para los daños en la losa de concreto, tal como grietas, segregación de limos y descascaramiento. Estas reparaciones son también necesarias para reforzar donde se observan daños.

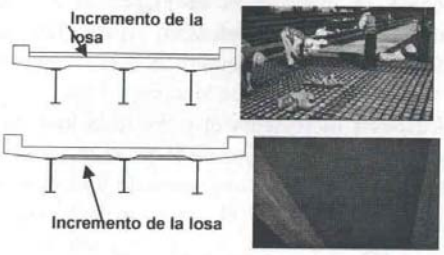
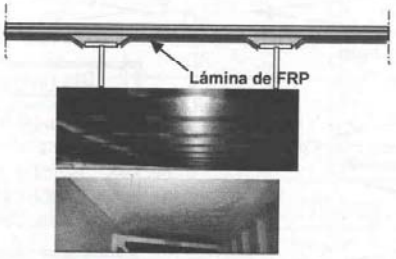
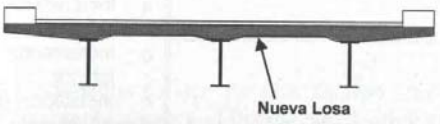
Tabla 11.1.2. Métodos de Reparación para la losa

Método de reparación	Figuras y Fotografías	Descripción del Método
Reparación de la Grieta -Inyección del Mortero de Resina -Rellenar de mortero de resina		Cortar la superficie del concreto en forma de V o U alrededor de las grietas y rellenarlas con mortero de resina para prevenir que el agua, la sal o el dióxido de carbono penetren. Los materiales de relleno deberán de ser de calidad para poder penetrar la grieta y ser flexibles para ajustarse a esta.
Restaurar la sección estructural		Remover las partes dañadas y restaurar la dimensión de la estructura. Los materiales aplicados a la losa deben de tener resistencia adhesiva al concreto original y no pueden oxigenar el acero de refuerzo en el concreto.
Cubierta de la Superficie de Concreto -Cubrir la Superficie		Cubrir la superficie del concreto para prevenir que el agua, la sal o dióxido de carbono se filtre. Los materiales de esta cubierta deben de tener esta cualidad resistente al agua y a los factores climáticos.

2) Método de Refuerzo

La Tabla 11.1.3 muestra los ejemplos principales del método de Refuerzo para la losa de concreto. Algunos de los métodos de Refuerzo incrementan el peso de la losa, el método se debe de seleccionar tomando en consideración los efectos de la influencia a la superestructura y la subestructura.

Tabla 11.1.3. Métodos de Refuerzo para la losa

Método de reparación	Figuras y Fotografías	Descripción del Método
Incremento de la Dimensión - Incremento del espesor de la losa en la parte superior - Incremento del espesor de la losa en la parte inferior		Al aumentar la rigidez de la losa se reduce el esfuerzo del acero de refuerzo existente y el concreto. La carga muerta de la losa ha aumentado Se necesita suspender el tráfico cuando se aplica el Método de engrosar la parte superior de la losa
Apoyo Adicional -Instalación de larguero adicional		Se reduce la longitud del tramo de la losa para reducir el momento de esta Efectivo para los puentes de acero.
Reforzar con material adicional -Placa de Adherencia de Acero - Adherencia de FRP		Distribuir el esfuerzo al material adicional para reducir el esfuerzo del acero de refuerzo. La placa de acero no se puede adherir a la parte superior de la losa, ya que el pavimento no se puede colocar sobre el acero. Por lo tanto, no es efectiva para el momento negativo en la viga
Remplazo -Losa de Concreto Reforzado -Losa de Concreto Reforzado prefabricada -Losa Prefabrizada -Losa Semi prefabricada -Losa de acero -Losa de Rejilla abierta	 	Efectivo para una losa grande dañada, la cual no puede ser reforzada. Es necesaria una suspensión de tráfico prolongada Se puede reducir el periodo de construcción con el método prefabricado. La losa de concreto reforzado puede reducir la carga muerta. La losa de acero y la losa de rejilla pueden reducir el peso propio pero es costosa.

11.1.2 Selección del Método de Refuerzo para la Losa

La selección de la reparación o Refuerzo para la losa dañada depende de la capacidad de carga de la losa existente como se muestra en la Figura 11.1.1. es importante evitar incrementar el peso propio de la losa por el Refuerzo, ya que las superestructuras y las subestructuras se necesitan reforzar por el incremento de la carga viva HS20 + 25%.

El método de incremento del espesor incrementa el peso de la losa, lo cual no es ninguna ventaja para la superestructura. Sin embargo este método presenta una ventaja para la losa de concreto reforzado, ya que el incremento de la losa se puede tomar como parte del ala de la viga de concreto reforzado y se puede reducir el esfuerzo de la viga principal por carga muerta.

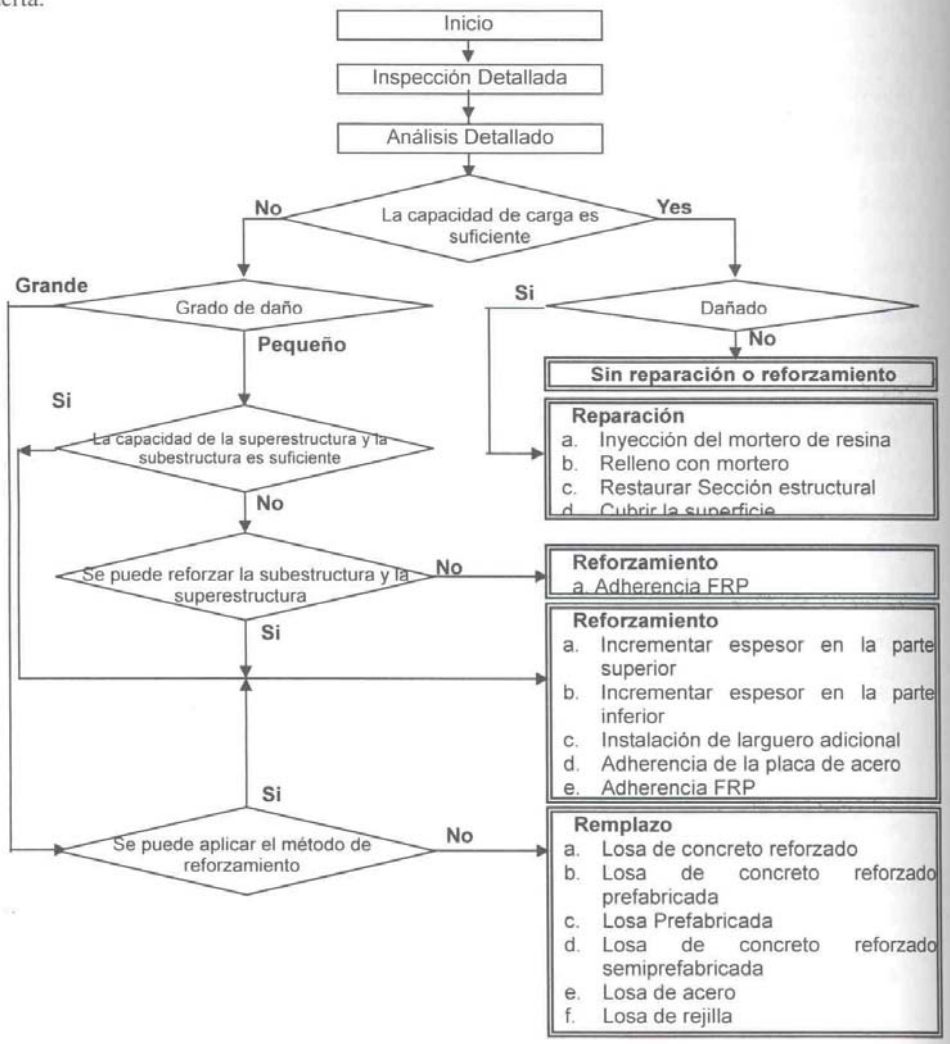


Figura 11.1.1. Selección de Programación para la reparación o refuerzo para la losa

El método aplicable para las diferentes condiciones se muestra en la Tabla 7.2.3.

El momento negativo de la losa es el mismo que el momento positive estándar que se muestra en AASHTO. Todos los puentes seleccionados con excepción del puente de cajón prefabricado no tienen un pandeo en la losa en la parte superior de la viga. La losa que requiere ser reforzada para el momento positivo también requiere ser reforzada para el momento negativo. No se puede aplicar la adherencia de la placa de acero en la parte superior de la losa, ya que no se puede colocar el pavimento sobre la superficie de acero. La losa que tiene un incremento en la parte inferior de la losa no es efectiva para el momento negativo en la viga.

Por lo tanto, el método de Refuerzo que se aplica para los puentes de concreto reforzado y para los puentes prefabricados solo incrementa el espesor de la losa con el método de Incremento del espesor de la losa en la parte superior y el método de adherencia del FRP y para el puente de acero el método de colocar un larguero adicional se aplica al añadir estos dos métodos.

Tabla 11.1.4. Comparación del Método Aplicable

	Incremento del espesor de la losa		Adherencia		Larguero Adicional
	Parte Superior	Parte Inferior	FRP	Placa de Acero	
Puente de concreto reforzar	OK	OK	OK	OK	NO
Puente prefabricado	OK	OK	OK	OK	NO
Puente de acero	OK	OK	OK	OK	OK
Peso incrementado	Grande	Grande	NO	Pequeño	Pequeño
Momento negativo	OK	NO	OK	NO	OK
Suspensión del tráfico	NO	OK	Aplicable	Aplicable	OK
Capacidad de la viga	Aplicable	NO	OK	OK	OK
Costo	Bajo	Bajo	Mediano	Mediano	Alto

1) Puente de cercha

En los 10 puentes seleccionados existen puentes de tipo cercha, lo cual se observa en el Puente No. 2 sobre el Puente Aranjuez y el Puente No. 3 sobre el Puente Abangares el cual se ubica en la Ruta 1. Los daños en la losa en estos dos puentes de tipo cercha se comparan seriamente con el otro tipo de puente. Especialmente, la losa del Abangares tiene una gran hoyo cerca del bastión, la única vía se cierra al tráfico. Ya que el diseño de carga viva para estos puentes es el HS15, el refuerzo del acero de refuerzo para la carga viva incrementada excede el esfuerzo permitido, lo mismo que en los otros puentes.

Sin embargo, las razones principales que causan los daños en la losa es el daño del larguero del sistema de cubiertas, el cual apoya la losa directamente. En los largueros del puente sobre el río Abangares se observan grietas y pernos fracturados, que fueron causados por la fatiga del acero debido a la carga pesada repetitiva de los camiones. Estos daños ya desarrollados no

pueden ser reforzados y es necesario mejorar el sistema de cubiertas para que no se dañe la losa en ambos puentes. Por lo tanto, se necesita remplazar la losa en estos puentes y usar una losa prefabricada para reducir el peso propio de la losa y para reducir la influencia sobre el tráfico lo máximo posible.

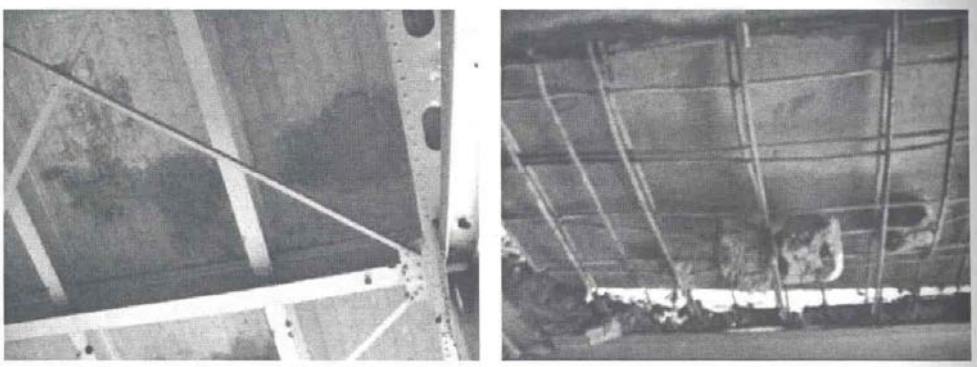


Figura 11.1.2. Daños en la losa del Puente de cercha

2) Puente de Viga tipo I de Acero

De los 10 puentes seleccionados, los puentes existentes de viga tipo I de acero son: el puente No. 12 sobre el río Puerto Nuevo en la Ruta 2, el Puente No. 19 sobre el Río Sarapiquí en la ruta 4 y el Puente No. 26 sobre el Río Chirripó en la Ruta 32. El diseño de la carga viva es el HS20 para el Puente sobre el Río Chirripó y HS15 para los otros puentes. En los tres puentes se observan grietas en dos direcciones. A pesar de la diferencia de la carga de diseño, el grado de daño es casi el mismo para los tres puentes aunque puede ser reforzada. Las razones parecen ser que el volumen de tráfico de los puentes en la Ruta No. 2 y No. 3, que están diseñadas para HS15, las cuales no son tan pesadas de ser comparadas con el Puente en la Ruta 32.

Los tres puentes no pueden suspender el tráfico por un periodo prolongado. Por lo tanto, el método de adherencia de FRP es el más adecuado para reforzar la losa de estos puentes.

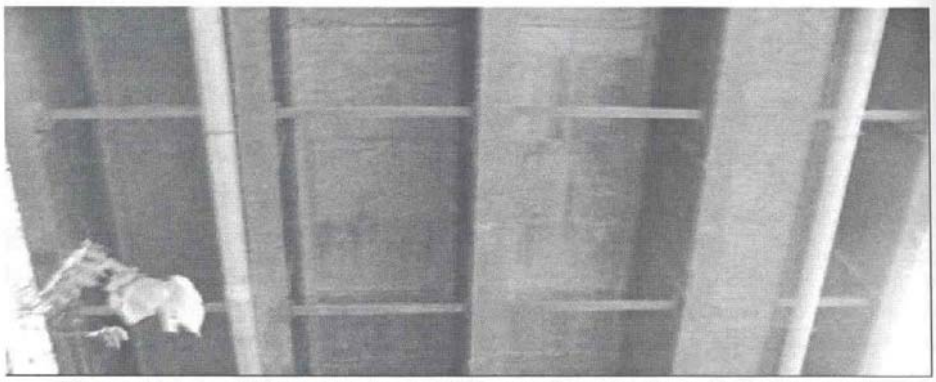


Figura 11.1.3. Grieta en la losa del Puente No. 19 sobre el Río Sarapiquí

3) Puente de losa de concreto reforzado

De los 10 puentes seleccionados los que cuentan con losa de concreto reforzado son los siguientes. El puente No. 7 sobre el Río Azufrado en la Ruta 1, el tramo final del puente No. 12 sobre el Río Puerto Nuevo en la Ruta 2 y el puente No.16 sobre el Río Nuevo. Todos estos fueron diseñados con la carga viva HS15 y se requiere incrementar la carga viva en las losas. Además se observan grietas en dos direcciones en las losas.

Para los puentes de concreto reforzado sólo se aplican dos métodos, los cuales se muestran en la Tabla 11.2.4. Las vigas de estos tres puentes no tienen suficiente capacidad para incrementar la carga viva y la carga viva de la losa por lo que es mejor evitar el peso muerto de la losa. Sin embargo, la losa incrementada pueden ser efectiva como parte del ala de la viga de concreto reforzado. Especialmente, para el puente continuo (puente No. 16 sobre el Río Nuevo) y el puente de marco rígido (Puente No. 7 sobre el Río Azufrado), la sección aumentada de la losa es más efectiva para el momento negativo en el apoyo.

En el Puente sobre el Río Puerto Nuevo no se puede suspender el tráfico, ya que no se puede hacer un desvío. Por lo tanto, para el puente sobre el Río Azufrado y el puente sobre el Río Nuevo se selecciona el incremento del espesor de la losa con el método de Incremento del espesor de la losa en la parte superior y para el puente sobre el Río puerto Nuevo se selecciona el método de adherencia de FRP.

4) Puente de Viga tipo I prefabricada

De los 10 puentes seleccionados solamente el Puente No. 29 sobre el Río Torres ubicado cerca de San José en la Ruta 218 es un puente de viga tipo I prefabricada. El esfuerzo del acero de refuerzo del este puente es menor que el esfuerzo permitido para la carga viva incrementada, ya que el puente fue diseñado para la carga viva HS20. Sin embargo, se observan grietas de dos direcciones en muchas partes de la losa debido al pesado volumen de tráfico de 29,5000 por día. Parece que muchos vehículos sobre cargados pasan sobre este puente y la losa se ha dañado debido a la carga de las ruedas pesadas.

Por lo tanto, fue el criterio que para reparar no es suficiente poner mortero en las grietas para mantener la losa en buenas condiciones por un tiempo prolongado y para reforzar este puente lo que se necesita es colocar fibra de concreto.

5) Puente de viga cajón prefabricado

Los puentes de viga cajón prefabricado que se encuentran dentro de los 10 puentes seleccionados son el Puente No. 17 sobre el Río Chirripó en la Ruta 4 y el puente sobre el Río Sucio en la ruta 32. Ambos puentes están diseñados con una carga viva HS20 y la losa presforzada tiene suficiente capacidad de carga para la carga viva incrementada. No se observan daños serios en estos puentes. Por lo tanto, no se necesita reforzar la losa de estos puentes.

11.1.3 Metodología del Diseño para la losa reforzado con Lámina FRP

La metodología del diseño para reforzar la losa con adherencia FRP es el reducir el esfuerzo del acero de refuerzo dentro de la losa existente al distribuir el esfuerzo a las láminas de adherencia de fibra de carbono. Las láminas de fibra de carbono pueden resistir las fuerzas debido a la carga viva y la carga muerta solamente después de la adherencia. La fuerza dada por la carga muerta antes de adherir la lámina de fibra tiene que ser resistida por el acero de refuerzo.

Muchos tipos de materiales de láminas de fibra de carbono se producen para el módulo de resistencia y el módulo elástico. En la Tabla 11.1.5 se muestran las características de la lámina de fibra de carbono típica.

Tabla 11.1.5. Características de la Hoja de Fibra de Carbono Típica

Resistencia	Grande ... Pequeña						
Elasticidad	Pequeña ... Grande						
Peso unitario	g/m^2	200	300	200	300	300	300	300
Espesor	mm	0.111	0.167	0.111	0.167	0.165	0.143	0.143
Esfuerzo Máximo	N/mm^2 Kgf/cm^2	3,400 35,000	3,400 35,000	2,900 30,000	2,900 30,000	2,900 30,000	1,900 20,000	1,900 20,000
Módulo Elástico	N/mm^2 Kgf/cm^2	$2.3x10^5$ $2.35x10^6$	$2.3x10^5$ $2.35x10^6$	$2.3x10^5$ $2.35x10^6$	$2.3x10^5$ $2.35x10^6$	$3.9x10^5$ $4.00x10^6$	$5.4x10^5$ $5.50x10^6$	$6.4x10^5$ $6.5x10^6$

La resistencia de las láminas de fibra es de 7 o 8 veces mayor al del material de acero, como se muestra en la Figura 11.1.4.

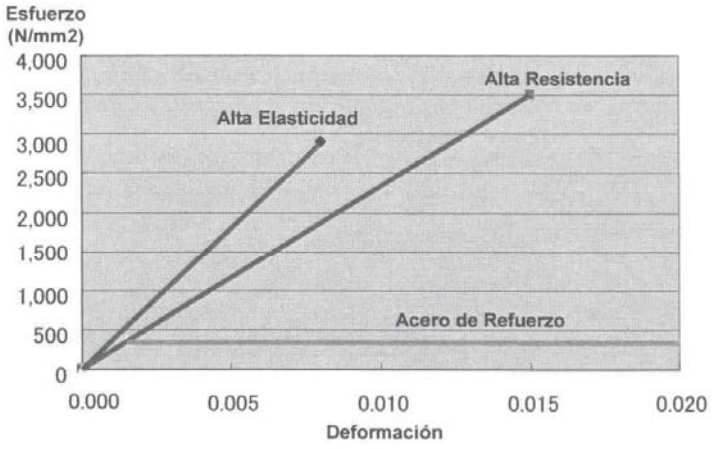


Figura 11.1.4. Curva de Esfuerzo/ Deformación

1) Programa del Diseño para la Adherencia del FRP

El Programa del Diseño para los miembros que serían reforzados con la adherencia del FRP se muestra en la Figura 11.1.5.

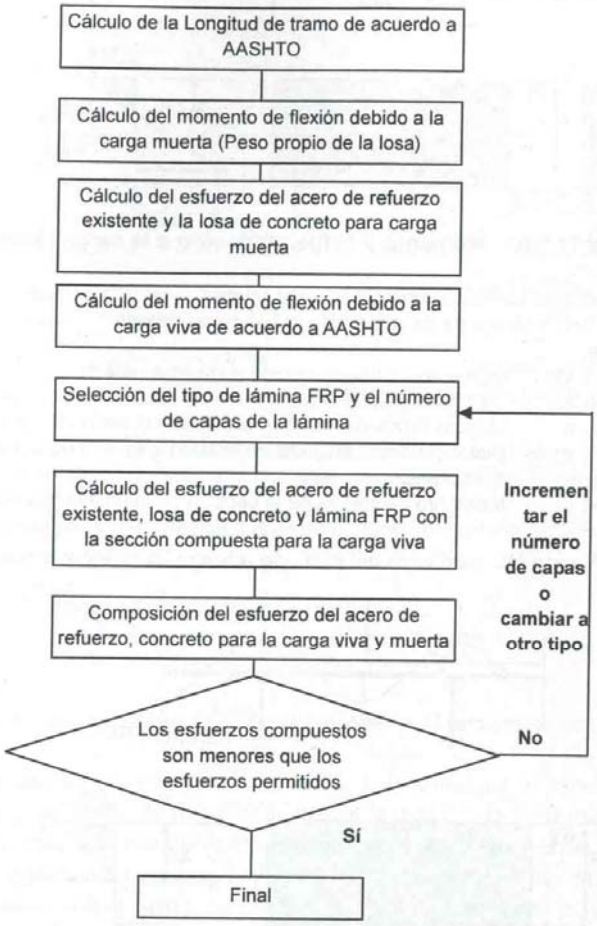


Figura 11.1.5. Programa del Diseño para la losa del la adherencia FRP

El esfuerzo del acero de refuerzo en la losa existente, el cual está compuesto de los esfuerzos debido a la carga viva y a la carga muerta, debe ser menor que el esfuerzo permitido. La lámina de fibra de carbono tiene un valor alto de esfuerzos permitidos, el cual es un tercio de la resistencia especificada, el esfuerzo de la fibra es normalmente menor que el esfuerzo permitido. El número requerido de capas de de láminas de fibra se selecciona por el esfuerzo del acero de refuerzo.

2) Método de Verificación de esfuerzo para la adherencia de FRP

A continuación se observa el método de verificación del esfuerzo para la losa de adherencia de FRP.

1. Momento de Flexión **Md** y esfuerzo del acero de refuerzo y el concreto debido a la **carga muerta**

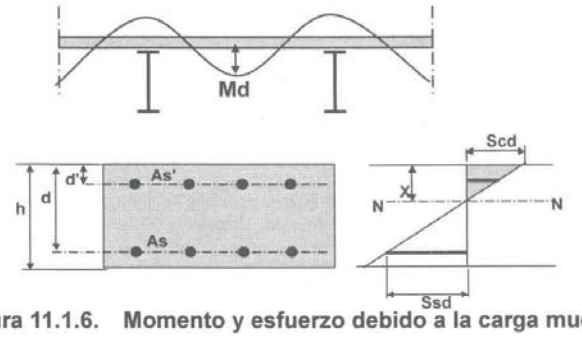


Figura 11.1.6. Momento y esfuerzo debido a la carga muerta

Esfuerzo del concreto debido a la carga muerta **Scd**: = Md x X / I
Esfuerzo del acero de refuerzo debido a la carga muerta **Ssd**: = Md x n (d-X)/
Donde,

Md : Momento de flexión debido a la carga muerta
X: Distancia entre neutrales
n: Módulo Promedio entre el concreto y el acero de refuerzo
d: Distancia entre el acero de tensión y el lado de compresión del borde del concreto
I: Momento de inercia de la sección de la losa de concreto reforzado

2. Momento de Flexión **ML** y esfuerzo del acero de refuerzo, concreto y lámina FRP debido a la carga viva.

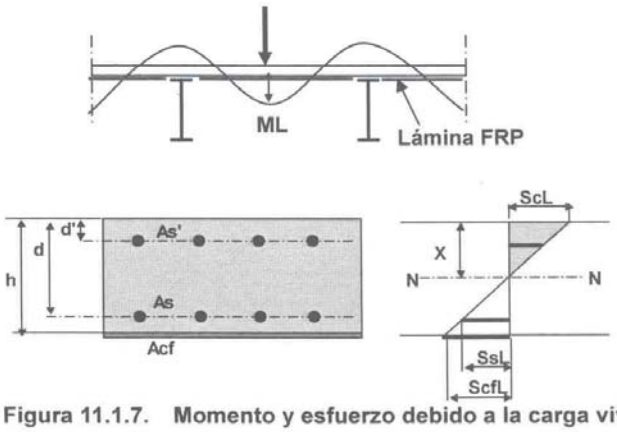


Figura 11.1.7. Momento y esfuerzo debido a la carga viva

Esfuerzo del concreto debido a la carga viva **ScL**: = ML x X / Ip
Esfuerzo del acero de refuerzo debido a la carga viva **SsL**: = ML x n (d -X)/ Ip
Esfuerzo de FRP debido a la carga viva **ScfL**: = ML x nsp (h -X)/ Ip

Where,

ML : Momento de Flexión debido a la carga viva
nsp: Módulo promedio entre el Concreto y el FRP
Ip: Momento de inercia para la sección de la losa de concreto reforzado con FRP

3. Esfuerzo del acero de refuerzo, concreto y lamina FRP debido a la carga viva y a la carga

muerta

Todos los esfuerzos del concreto, del acero de refuerzo y de la lámina FRP deben de ser menores que el esfuerzo permitido respectivo.

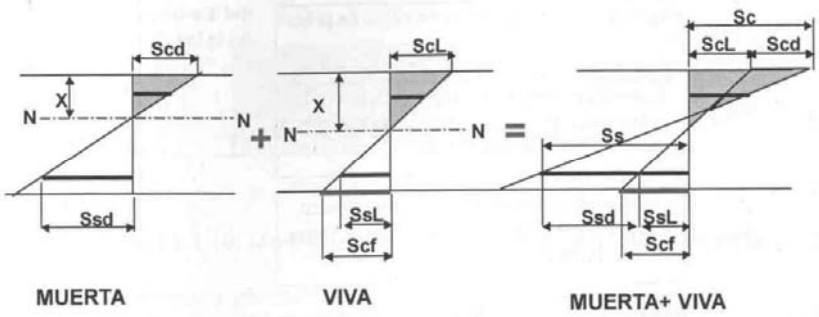


Figura 11.1.8. Esfuerzo debido a la Carga muerta y la carga viva

Esfuerzo del concreto debido a la carga muerta + carga viva **Sc = Scd + ScL < Sca**
Esfuerzo del acero de refuerzo debido a la carga muerta + carga viva
Ss = Ssd +SsL < Ssa
Esfuerzo del FRP debido a la carga muerta + carga viva **Scf= ScfL < Scfa**

Donde,
Sca : Esfuerzo permitido del concreto
Ssa: Esfuerzo permitido del acero de refuerzo
Scfa: Esfuerzo permitido de la lámina de FRP

11.1.4 Metodología del Diseño de la Losa reforzada al incrementar el espesor de la losa

La metodología del diseño para reforzar la losa al incrementar el espesor de la losa es el reducir el esfuerzo del acero de refuerzo dentro de la losa existente al incrementar la sección transversal de la losa. La sección original tiene que resistir las fuerzas de la carga muerta incluyendo la carga muerta adicional al incrementar la sección incrementada. La sección incrementada puede sólo resistir por la fuerza de la carga viva y la carga muerta del pavimento.

El esfuerzo del acero de refuerzo y el concreto en la sección original, se dan por la carga muerta que permanece aún después de incrementar el espesor de la losa. Por lo tanto, el esfuerzo de la sección original se puede reducir para la carga viva de la misma manera que en el método de adherencia FRP.

1) Programa del Diseño para incrementar el espesor de la losa

En la Figura 11.1.9 se muestra el Programa del Diseño para la losa que consiste en el Refuerzo con el método de incremento del espesor de la losa. El esfuerzo del acero de refuerzo en la losa original, la cual está compuesta del esfuerzo que se da por la carga muerta y la carga viva debe de ser menor al esfuerzo permitido.

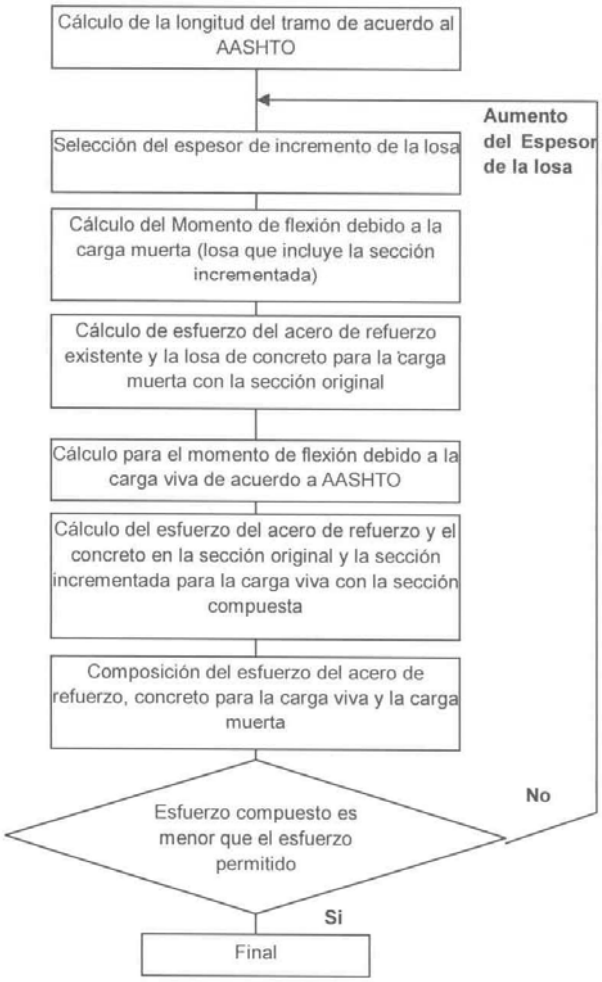


Figura 11.1.9. Programa del Diseño para incrementar el espesor de la losa

2) Método de Verificación del esfuerzo para incrementar el espesor de la losa

A continuación se describe el método para verificación del esfuerzo para incrementar el espesor de la losa.

1. Momento de flexión **Md** y esfuerzo del acero de refuerzo debido a la **carga muerta** que incluye el peso de la losa incrementada.

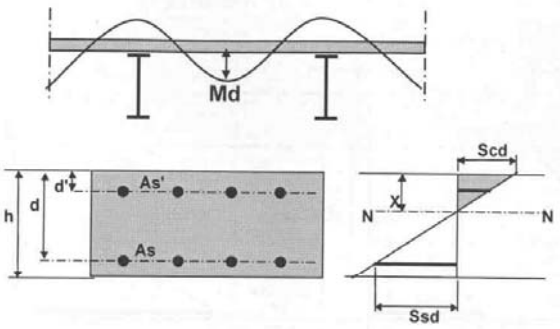


Figura 11.1.10. Momento y Esfuerzo debido a la carga muerta

Scd : esfuerzo del concreto debido a la carga muerta
Ssd : esfuerzo del acero de refuerzo debido a la carga muerta

2. Momento de flexión **ML** y esfuerzo del acero de refuerzo y el concreto debido a la carga viva de la sección incrementada.

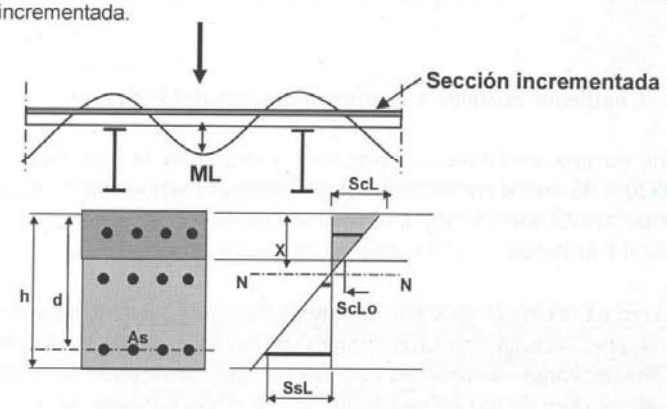


Figura 11.1.11. Momento y esfuerzo debido a la carga viva

ScL : Esfuerzo del concreto en la nueva superficie debido a la carga viva
ScLo : Esfuerzo del concreto en la superficie original debido a la carga viva
SsL : Esfuerzo del acero de refuerzo debido a la carga viva

3. Composición del esfuerzo del acero de refuerzo y el concreto debido a la carga viva y a la carga muerta.

Todos los esfuerzos compuestos del concreto y el acero de refuerzo y la lámina de FRP debe de ser menor que el esfuerzo permitido para cada uno de estos.

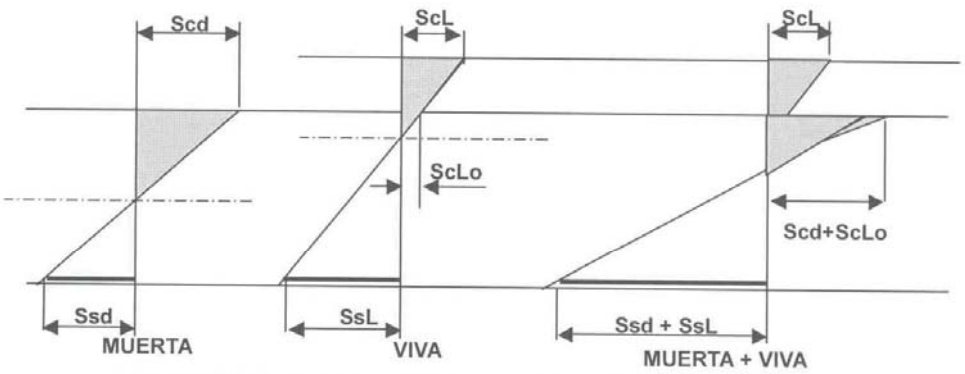


Figura 11.1.12. Esfuerzo debido a la carga viva y a la carga muerta

Esfuerzo del concreto en la nueva superficie	**Scn = ScL < Sca**
Esfuerzo del concreto en la superficie original	**Sco = Scd + ScLo < Sca**
Esfuerzo del acero de refuerzo en la sección original	**Ss = Ssd +SsL < Ssa**

11.1.5 Condición existente y condición después del Refuerzo

Los siete puentes necesitan ser reforzados o remplazar la losa para el incremento de carga viva HS20 + 25 y el incremento de carga muerta del pavimento asfáltico (5cm), a excepción del puente No. 17 sobre el Río Chirripó, el Puente No. 20 sobre el río Sucio y el Puente No. 29 sobre el Río Torres.

El esfuerzo del acero de refuerzo del Puente No. 29 sobre el Río Torres es menor al esfuerzo permitido para la carga viva incrementada, ya que este puente fue diseñado para la carga viva HS20. Sin embargo, se observan grietas en dos direcciones en muchas partes de la losa debido al volumen de tráfico pesado de 29,500 por día. Parece ser que muchos camiones con sobre carga transitan este puente y se ha dañado la losa debido al golpe de las ruedas. Por lo tanto, fue el criterio que para reparar no es suficiente poner mortero en las grietas para mantener la losa en buenas condiciones por un tiempo prolongado y para reforzar este puente lo que se necesita es colocar fibra de concreto.

En la Tabla 11.1.6. se muestra los métodos de Refuerzo y las condiciones de esfuerzo de ambos antes y después del Refuerzo para los 8 puentes.

Tabla 11.1.6. Comparación de las Condiciones de la losa

Puente No.	Nombre del puente	Condiciones Existentes para cargas Incrementadas				Conditions after Reinforcement						
		Espesor de la losa (Mm)	Área del acero de refuerzo (cm^2/m)	Esfuerzo (N/mm^2)		Método de Reforzam	Espesor de la losa (mm)	Área del acero de refuerzo (cm^2/m	Capas FRP	Esfuerzo (N/mm^2)		
				Concreto (7.40))	Acero de refuerzo (138)					Concreto (7.40)	Acero de refuerzo (138)	FRP (633)
2	Aranjuez	17.78	11.13	7.95	224	remplazar (Losa prefab.)	16.0	-	-	-	-	-
3	Abangares	16.51	11.13	6.14	173	remplazar (Losa prefab.)	16.0	-	-	-	-	-
7	Azufrado	16.51	11.13	8.18	203	Incrementar	25.51	11.13	-	2.77	93	-
12	Puerto Nuevo (Puente de Acero)	17.78	11.13	7.50	211	Adherencia FRP	17.78	11.13	1	6.04	136	478
	Puerto Nuevo (Puente de concreto reforzado)	16.51	11.13	7.73	203	Adherencia FRP	16.51	11.13	1	6.11	127	476
16	Nuevo	16.51	11.13	8.18	203	Incrementar	25.51	11.13	-	2.77	93	-
19	Sarapiquí	17.0	11.13	5.93	163	Adherencia FRP	17.0	11.13	1	4.90	114	390
26	Chirripó	17.0	14.49	6.76	136	Adherencia FRP	17.0	14.49	1	5.85	121	426
29	Torres	18.0	15.34	5.76	136	Incrementar	-	-	-	-	-	-

11.2 Sistema de Cubiertas

11.2.1 Método para Reforzar el Sistema de Cubiertas

Varios tipos de métodos se aplican para el Refuerzo del sistema de cubiertas del puente dependiendo de la capacidad que se necesita al reforzar. Los métodos de Refuerzo para el sistema de cubiertas del puente se clasifican según su propósito como se muestra en la Tabla 11.2.1.

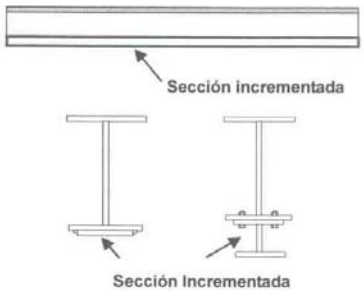
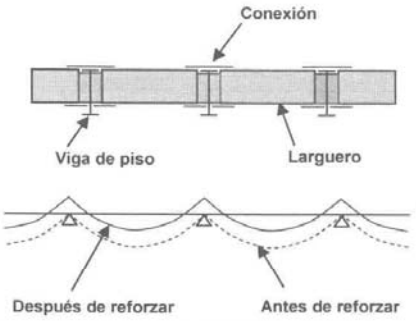
Tabla 11.2.1. Método de Refuerzo para el Sistema de Cubiertas

Propósito	Medidas Correctivas	Métodos	Larguero	Diafragma
Reduce el Esfuerzo de la sección	Dimensión Incrementada	Incrementar el espesor de la placa de acero (Placa de Cubierta)	Ap.	Ap.
		Incrementar sección del miembro	Ap.	Ap.
Reduce la Fuerza de la sección	Introducir pre-esfuerzo	Cambiar de vigas simples a vigas continuas	Ap.	-

Ap. : Aplicable

La Tabla 11.2.2 muestra el ejemplo principal del método de Refuerzo para el sistema de cubiertas.

Tabla 11.2.2. Método de Refuerzo para el Sistema de Cubiertas

Método de Refuerzo	Figuras	Descripción del Método
Dimensión incrementada - Incrementar del espesor de la placa de acero - incremento de la sección del miembro		Incrementar la inercia de la sección y reducir el esfuerzo del miembro original. La consideración se necesita especialmente para las juntas recién puestas, para que no interfieran con los miembros existentes y los materiales.
Sistema Estructural reconstruido -Cambiar el sistema de carga		Cada viga simple se remplaza a una viga fija. Por lo tanto, las cargas que actúan (muerta, viva, etc.) se sostienen por una viga continua.

11.2.2 Selección del Método de de Refuerzo para el Sistema de Cubiertas

Los puentes de tipo cercha son: el Puentes No. 2 sobre el Río Aranjuez y el Puente No. 3 sobre el Río Abangares, los cuales se ubican sobre la Ruta 1. De los 10 puentes seleccionados sólo estos tienen un sistema de cubiertas. El diseño para la carga viva de estos puentes es HS15, el esfuerzo del sistema de cubiertas para la carga viva incrementada excede el esfuerzo permitido.

1) Larguero

El Puente No 2 sobre el Río Aranjuez y el Puente No. 3 sobre el Río Abangares tienen el mismo tipo de larguero. La grieta de la placa de conexión y el daño del perno se encuentran en la inspección detallada. La causa del daño se basa en la fatiga.

Como método de refuerzo del larguero se adopta el método de cambiar de viga simple a viga continua. La razón de este cambio se da por las siguientes razones:

- la condición original es de estructura de viga simple
- La estructura de viga continua tiene una durabilidad de fatiga alta.
- El incremento en la sección de acero no es necesario y no hay un incremento en la

carga muerta.

2) Diafragma

El Puente No. 2 sobre el Río Aranjuez y el Puente No. 3 sobre el Río Abangares tienen el mismo tipo de diafragma. El incremento de la sección del miembro se ha adoptado como el método de refuerzo del diafragma, por las siguientes razones:

- Se mejora la rigidez de la viga y se reduce el esfuerzo secundario que causa la fatiga.
- El espacio debajo del la viga del peso es suficiente.

11.2.3 Metodología de Diseño para reforzar el Sistema de Cubiertas

1) Larguero

(1) Programa del Diseño para el Larguero

En la Figura 11.2.1 se muestra el programa de diseño para reforzar el larguero usando el método que cambia de viga simple a viga continua.

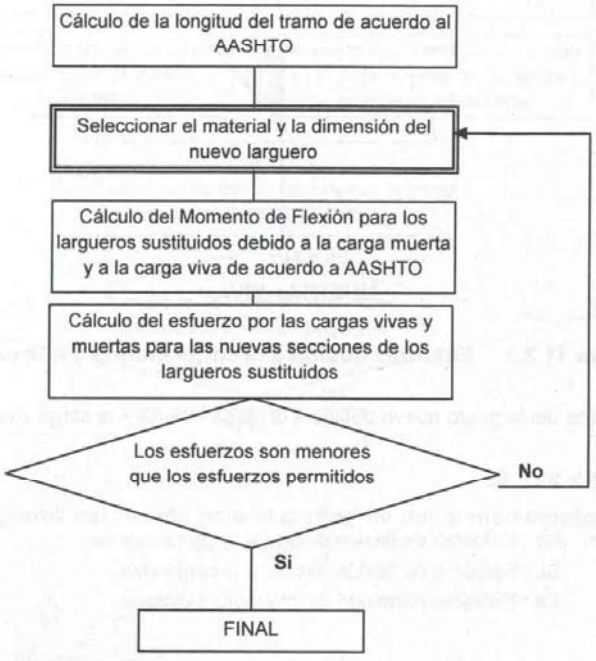


Figura 11.2.1. Programa del Diseño para el Larguero usando el método de cambiar de viga simple a viga continúa.

(2) Método de Verificación para Cambiar de Viga Simple a Viga Continua

1. Análisis Estático para la nueva estructura
   Para reconstruir, los largueros se sustituyen con otros nuevos, los cuales se deben de fijar al diafragma. Como se muestra en la figura de abajo, el sistema estructural de vigas simples múltiples se cambia por un sistema estructural de vigas continuas. Una vez reconstruido, se le debe de realizar un análisis estático.

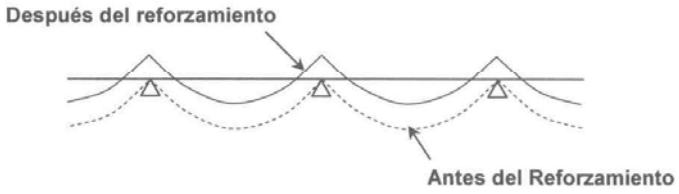


Figura 11.2.2. Momento de flexión

2. Verificar el esfuerzo para los nuevos miembros añadidos
   A continuación, se realiza el procedimiento de verificación de esfuerzo y el resultado es la respuesta del análisis estático. Este procedimiento es casi el mismo que el realizado que en una estructura diseñada nueva. Una de las diferencias yace en que los materiales y las dimensiones de otros miembros existentes ya están fijos.

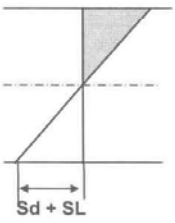


Figura 11.2.3. Esfuerzo debido a la carga muerta y a la carga viva

Los esfuerzos del larguero nuevo debido a la carga muerta + la carga viva

$$S = Sd + SL < Sa$$

Donde, Sd : Esfuerzo de flexión debido a la carga muerta
SL : Esfuerzo de flexión debido a la carga viva
Sa : Esfuerzo permitido del miembro existente

2) Diafragma

(1) Programa de Diseño del Diafragma

En la Figura 11.2.4. se muestra el programa de diseño para reforzar el diafragma al incrementar la sección del miembro.

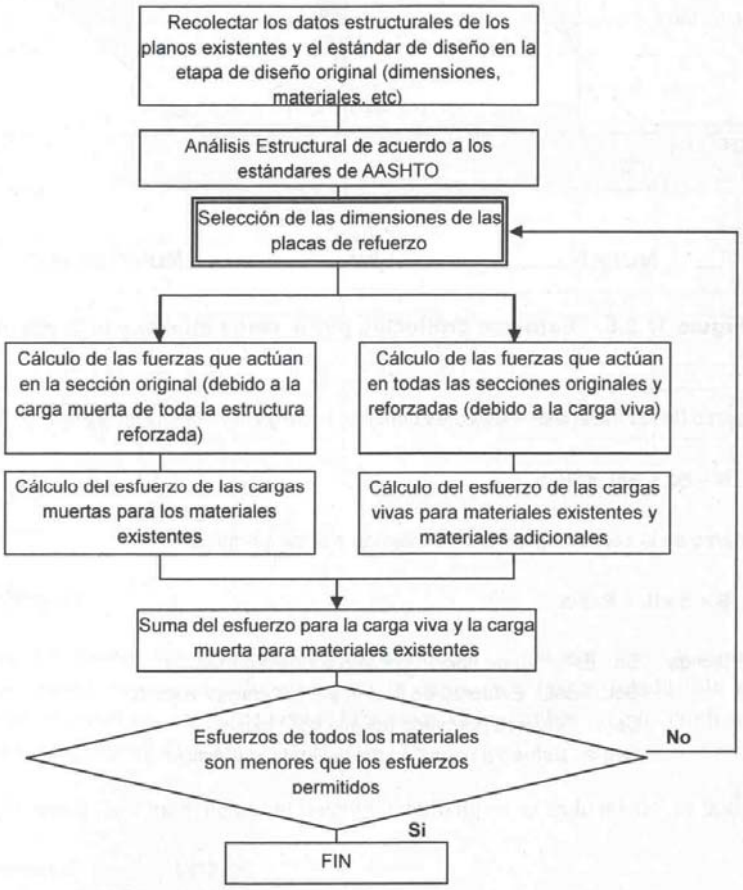


Figura 11.2.4. Programa del Diseño para el diafragma por el incremento de la sección del miembro.

(2) Método de Verificación de esfuerzo para incrementar la sección del miembro

Se añade una viga tipo H de Refuerzo adicional en el lado inferior del diafragma o el larguero existente. De nuevo, la carga viva y la carga muerta se calculan de manera separada

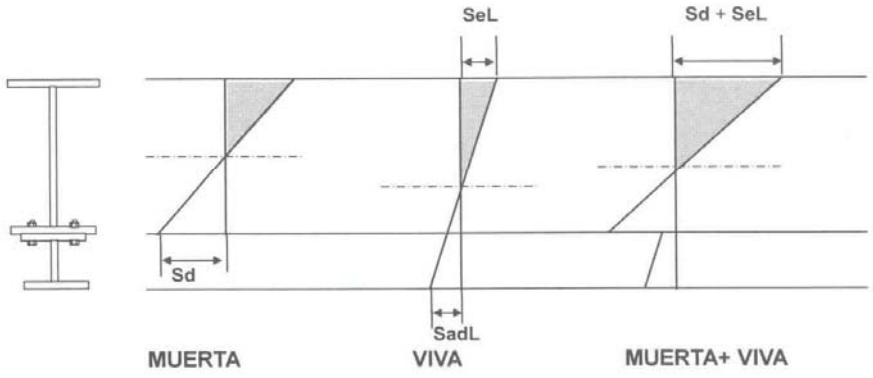


Figura 11.2.5. Esfuerzo producido por la carga muerta y la carga viva

Esfuerzo de los materiales existentes debido a la carga muerta + la carga viva

S = Sd + SeL < Se-a

Esfuerzo de la sección tipo H añadida debido a la carga muerta

S = SadL < Sad-a

Donde, Sd : Esfuerzo de flexión por las cargas muertas
SeL, SadL : Esfuerzo de flexión por las cargas vivas
Se-a : Esfuerzo permitido del miembro existente
Sad-a : Esfuerzo permitido del la viga tipo H adicional

11.2.4 Condición Existente y Condición Después de Refuerzo

En las siguientes tablas se muestra el esfuerzo antes y después de reforzar.

1) Larguero

El larguero del Puente No. 2 sobre el Río Aranjuez y el Puente No. 3 sobre el Río Abangares no tienen la suficiente capacidad para la carga viva incrementado. Sin embargo, se refuerzan ambos puentes con el método de cambiar de vigas simples a vigas continuas y han confirmado tener capacidad suficiente para la carga viva HS20+25%.

Tabla 11.2.3. Comparación del Larguero

Puente No.	Nombre del Puente	Condiciones existentes			Condiciones para reforzar		Esfuerzo Aplicable (N/mm²)
		Esfuerzo sobre posición		Esfuerzo (N/mm²)	Método de Refuerzo	Esfuerzo (N/mm²)	
2	Aranjuez	Centro del Tramo	In.	143	Cambiar de Viga simple a viga continua	116	125
			Ex.	131		86	125
		En el apoyo	In.	-		64	125
			Ex.	-		74	125
3	Abangares (129ft)	Centro del Tramo	In.	166		125	125
			Ex.	166		114	125
		En el apoyo	In.	-		65	125
			Ex.	-		79	125
	Abangares (200ft)	Centro del apoyo	In.	174		125	125
			Ex.	174		100	125
		En el apoyo	In.	-		63	125
			Ex.	-		84	125

In.: Viga Interna

Ex.: Viga Externa

2) Diafragma

El diafragma del Puente No. 2 sobre el Río Aranjuez y el Puente No. 3 sobre el Río Abangares no tienen capacidad suficiente para la carga viva incrementada. Sin embargo, ambos puentes se refuerzan por incrementar la sección del miembro y se ha confirmado que tienen suficiente capacidad a la carga viva HS20+25%.

La viga tipo H usada para Incrementar la sección del miembro en cada puente es la siguiente:

No.2 Aranjuez: W12x65
No.3 Abangares(129ft): W14x74
No.3 Abangares(200ft): W14x90

Tabla 11.2.4. Comparación del Diafragma

Puente No.	Nombre del Puente	Condiciones existentes		Condiciones para reforzar		Esfuerzo Aplicable (N/mm²)
		Esfuerzo sobre posición	Esfuerzo (N/mm²)	Método de Refuerzo	Esfuerzo (N/mm²)	
2	Aranjuez	Centro del Tramo	141	Incremento de la sección del miembro	110	125
3	Abangares (129ft)		141		118	125
	Abangares (200ft)		160		125	125

11.3 Viga Principal

11.3.1 Método para Reforzar la Viga Principal

Diferentes tipos de métodos se aplican para reforzar las vigas principales del Puente dependiendo del tipo de puente y la capacidad requerida en el Refuerzo. Los métodos de Refuerzo para las vigas principales del puente se clasifican según su propósito en la Tabla 11.3.1.

Tabla 11.3.1. Método de Refuerzo para la viga Principal

Propósito	Medidas Correctivas	Métodos	Puente de concreto reforzadas	Puente prefab.	Puente de Acero
Reducir el esfuerzo de la sección	Incrementar la dimensión	Incrementar alto de la viga	Ap.	-	-
		Incrementar espesor de la placa de acero (placa de cubierta)	-	-	Ap
		incrementar	-	-	Ap
	Reforzar con material adicional	Adherencia de Placa de acero	Ap.	Ap.	-
		Adherencia FRP (Fibra de carbón, otros)	Ap.	Ap	-
Reducir la fuerza de la sección	Construir miembro adicional	Añadir miembro	Ap.	-	Ap
	Introducir pre-esfuerzo	Añadir cable externo	Ap	Ap.	Ap.
	Apoyo Adicional	Apoyo Adicional	Ap	Ap.	Ap.

Ap. : Aplicable

Las Tablas 11.3.2, 11.3.3, 11.3.4, y 1.3.5 muestran los ejemplos principales del método de Refuerzo para el puente de losa de concreto reforzado, puente de viga tipo I prefabricado, puente de viga de cajón prefabricado y puente de viga tipo I de acero, respectivamente.

Tabla 11.3.2. Métodos de Refuerzo para Puente de losa de concreto reforzado

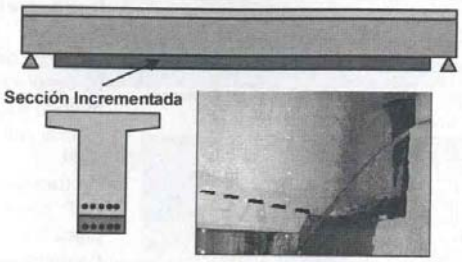
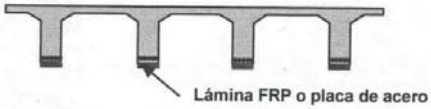
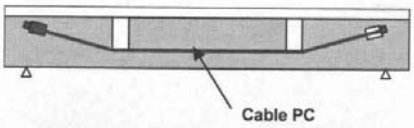
Método de Refuerzo	Figuras y Fotografías	Descripción del Método
Incrementar la Dimensión - Incrementar el alto de la viga		Al aumentar la rigidez de la viga de concreto reforzado para reducir el esfuerzo del acero de refuerzo y el concreto existente. Se ha incrementado la carga muerta de la viga.
Reforzar con material adicional -Adherencia de Placa de acero -Adherencia FRP	 	Distribuir el esfuerzo al material adicional para reducir el esfuerzo del acero de refuerzo. El peso incrementado por este método es pequeño y se puede ignorar el peso de la lámina FRP. El trabajo de adherencia del FRP es más fácil que el de la placa de acero. La placa de acero no se puede adherir en la parte superior de la losa, ya que el pavimento no se puede colocar sobre el acero. Por lo que no es efectivo para el momento negativo sobre la viga.
Introducir el pre-esfuerzo -Añadir cable externo	 	Efectivo para reducir el esfuerzo del acero de refuerzo, pero se aumenta el esfuerzo del concreto. No se necesita suspender el tráfico Es más costoso.

Tabla 11.3.3. Métodos de Refuerzo para el Puente de Viga tipo I prefabricada

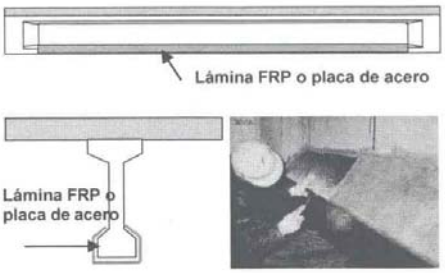
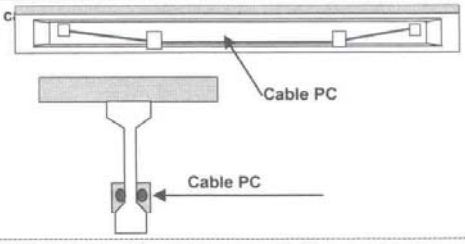
Método de Refuerzo	Figuras y Fotografías	Descripción del Método
Reforzar con material adicional -Adherencia de Placa de acero -Adherencia FRP		Distribuir el esfuerzo al material adicional para reducir el esfuerzo del acero de refuerzo. El peso incrementado por este método es pequeño y se puede ignorar el peso de la lámina FRP. El trabajo de adherencia del FRP es más fácil que el de la placa de acero. La placa de acero no se puede adherir en la parte superior de la losa, ya que el pavimento no se puede colocar sobre el acero. Por lo que no es efectivo para el momento negativo sobre la viga.
Introducir pre-esforzado -Añadir cable externo		Efectiva para reducir el esfuerzo de tensión del concreto, pero aumenta el esfuerzo del concreto. No se necesita suspender el tráfico. Es costoso.

Tabla 11.3.4. Método de Refuerzo para el Puente de cajón prefabricado

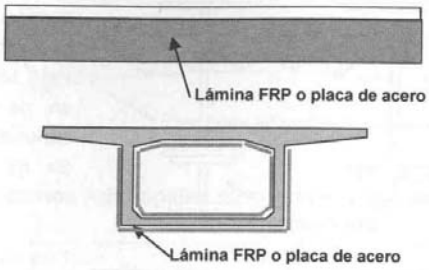
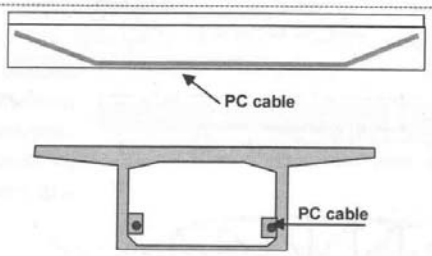
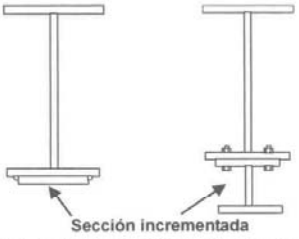
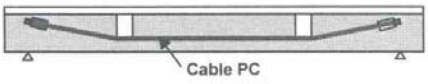
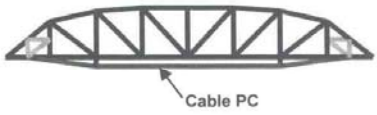
Método de Refuerzo	Figuras y Fotografías	Descripción del Método
Reforzar con material adicional -Adherencia de Placa de acero -Adherencia FRP		Distribuir el esfuerzo al material adicional para reducir el esfuerzo del acero de refuerzo. El peso incrementado por este método es pequeño y se puede ignorar el peso de la lámina FRP. El trabajo de adherencia del FRP es más fácil que el de la placa de acero. Ambos métodos se usan para incrementar la capacidad para la fuerza cortante y reforzar la parte superior de la losa.
Introducir pre-esforzado -Añadir cable externo		Es el método más efectivo y común para la viga cajón prefabricada para reducir el esfuerzo de tensión del concreto, pero aumenta el esfuerzo de compresión. No se necesita suspender el tráfico. Es costoso.

Tabla 11.3.5. Métodos de Refuerzo de Puentes de Acero

Método de Refuerzo	Figuras y Fotografías	Descripción del Método
Incrementar Dimensión - Incrementar el espesor de la placa de acero - Incrementar sección del miembro		Incrementar la inercia de la sección y reducir el esfuerzo del miembro original. Para las partes de conexión, se necesita de un arreglo especial para evitar los pernos Se ha aumentado la carga muerta de la viga.
Construir miembro adicional - Añadir miembro		Distribuir el esfuerzo al material adicional para reducir el esfuerzo del miembro original.
Introducir pre-esfuerzo -Añadir cable externo	 	Efectivo para reducir el esfuerzo del miembro, pero se necesita reforzar en el anclaje del cable. Más costoso.

11.3.2 Selección del método de refuerzo para la viga principal

1) Puente de cercha (Puente No.2 sobre el Río Aranjuez y Puente No.3 sobre el Río Abangares)

Los puentes de cercha son los puentes No. 2 sobre el Río Aranjuez y Puente No.3 sobre el Río Abangares los cuales están ubicados en la Ruta 1. Ya que la carga viva del diseño es HS15, el esfuerzo de algunas partes del miembro para la carga viva incrementada excede el esfuerzo permitido.

(1) Puente No.2 sobre el Río Aranjuez

Para la carga viva incrementada, la cuerda inferior, el miembro vertical y el miembro diagonal cerca del apoyo en las pilas excede el esfuerzo permitido. Es imposible incrementar la sección del miembro debido a su forma y a la condición de la conexión. No se puede introducir el preesfuerzo al puente tipo cercha continua.

Por lo que, en este puente sólo se puede aplicar el método de miembro adicional. Sin

embargo al añadir el miembro para reforzar el miembro sobre esforzado, los miembros adicionales incrementan sus esfuerzos y finalmente la longitud total del puente se necesita reforzar con miembros adicionales como se muestra en la Figura 11.3.1.

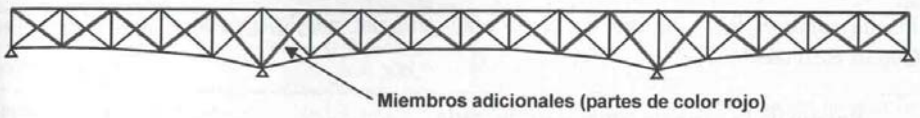


Figura 11.3.1. Miembros Adicionales para reforzar el Puente sobre el Río Aranjuez

(2) Puente No.3 sobre el Río Abangares

El esfuerzo en el miembro de la cuerda inferior del puente de cercha de 129 pies excede el esfuerzo para la carga viva H20+25%. El esfuerzo del miembro del puente de cercha de 200 pies no necesita ser reforzado. Estos miembros, que exceden el esfuerzo se pueden reforzar al fijar una placa de acero.

Por lo que, se seleccionó el método en el que se fija la placa de acero como el método más simple para este puente.

2) Puente de Viga Tipo I de acero (Puente No.12 sobre el Río Puerto Nuevo, Puente No.19 sobre el Río Sarapiquí y el Puente No.26 sobre el Río Chirripó)

De los 10 puentes seleccionados, los puentes de viga tipo I de acero son: Puente No.12 sobre el Río Puerto Nuevo en la Ruta 2, Puente No.19 sobre el Río Sarapiquí en la Ruta 4 y el Puente No.26 sobre el Río Chirripó en la Ruta 32.

La carga muerta para el Puente sobre el Río Chirripó es HS20 para todos los demás puentes es de HS15 los dos puentes que se diseñaron para HS15 no tienen suficiente capacidad para la carga viva incrementada. Por otra parte, el Puente sobre el Río Chirripó tiene suficiente capacidad de carga para la carga viva

(1) Puente No.12 sobre el Río Puerto Nuevo

El Puente sobre el Río Nuevo consiste de 3 tramos simples de viga tipo I, 1 tramo simple por una viga tipo I de acero compuesta y un tramo simple de viga de concreto reforzado. El área de la viga que se necesita reforzar es una gran área y también se necesita reforzar el ala superior de la viga no compuesta. Sin embargo, el ala superior está fija dentro del concreto de la losa. Por lo que no puede ser reforzada con el método de fijación de la cubre placa, entonces se selecciona el método del cable externo para reforzar la viga principal.

(2) Puente No.19 sobre el Río Sarapiquí

El Puente sobre el Río Sarapiquí es un puente Gerber de 3 tramos. Al igual que puente sobre el Río Puerto Nuevo, el ala superior no se puede reforzar con el método de fijación de cubre

placa, por lo que para este puente también se selecciona el método del cable externo para reforzar.

(3) Puente No.26 sobre el Río Chirripó

El Puente sobre el Río Chirripó no se necesita reforzar, por lo que no se utiliza ningún método de Refuerzo.

3) Puente de la Losa de concreto reforzado

Los puentes No.7 sobre el Río Azufrado el cuarto tramo (entre la pila P3 y el bastión A2), el Puente No. 12 sobre el Río Puerto Nuevo, y el Puente No.16 sobre el Río Nuevo son puentes de losa de concreto reforzado y tienen más de 35 años de finalizados y diseñados para una carga viva de HS15. El esfuerzo del acero de refuerzo en la viga principal excede el esfuerzo permitido para la carga viva incrementada HS20 + 25%.

(1) Puente No.7 sobre el Río Azufrado

Este tipo de Puente es de 3 tramos de marco rígido de concreto reforzado. La capacidad de la viga principal no satisface la fuerza que se da por el incremento de la carga viva en el momento positivo del tramo central y el momento negativo en el apoyo. La losa del puente de este puente también se necesita reforzar para el incremento de carga viva. El método de refuerzo considerado para la losa y para la viga principal juntamente.

El método de Incrementar el espesor de la losa en la parte superior y el método de adherencia de FRP se aplican para la losa de este puente como se muestra en la Tabla 11.3.6. El método de Incrementar el espesor de la losa ha sido seleccionado por su efectividad como parte de la viga principal y por el costo.

Tabla 11.3.6. Comparación del Refuerzo para la losa del Puente No. 7 sobre el río Azufrado

Método de Refuerzo	Incremento del espesor de la losa		Adherencia		Nueva Viga adicional
	Lado inferior	Lado Superior	FRP	Placa de acero	
Para momento negativo	No	OK	OK	No	OK
Usado como sección de viga	OK	OK Efectivo	No	No	No No aplica como marco rígido
Incremento de carga muerta	Si Largo	Si Largo	No	Si pequeño	Si Mediano
Suspensión de tráfico	No	Si	Si	No	No
Costo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Mediano
Evaluación	NO	Bueno	Justo	No	No

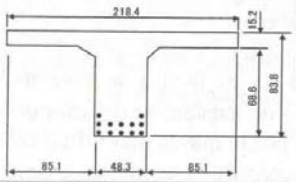
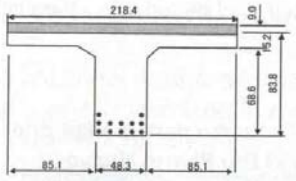
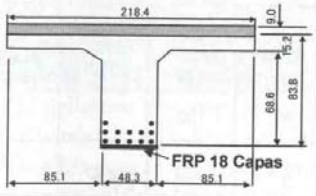
El método de Refuerzo aplicable para la viga principal de concreto reforzado fue considerado tomando en cuenta el incremento en la losa, que es efectivo como un ala de la viga, para el momento negativo y para el momento positive como se muestra en la Tabla 11.3.7.

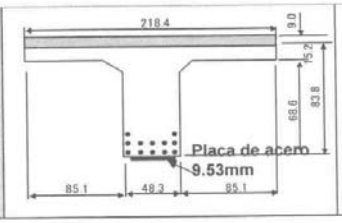
Tabla 11.3.7. Comparación Preliminar para Reforzar la Viga Principal Del Puente No.7 sobre el Río Azufrado

Método de Refuerzo	Para el Momento Positivo	Para el Momento Negativo	Comentarios
Incrementar sección en el lado inferior	OK	OK	Incrementa la carga muerta
Adherencia FRP	OK	No	No se puede usar en un área rígida con la pila
Adherencia de la placa de acero	OK	No	No se puede usar en un área rígida con la pila
Añadir cable externo	Aplicable	Aplicable	Costoso

Para el área del momento positive, se pueden aplicar cuatro tipos de métodos de Refuerzo, los cuales se mencionan en la siguiente tabla. Sin embargo, el método de incremento de la sección aumenta la carga muerta, el momento positivo y el momento negativo. Además el método de añadir un cable externo es costoso. En la Tabla 11.3.8. se muestra la comparación del método de adherencia FRP y el método de adherencia de la placa de acero.

Tabla 11.3.8. Comparación del Refuerzo para la Viga Principal Del Puente No.7 sobre el Río Azufrado

Método de Refuerzo	Sección	Tamaño del Material de Adherencia	Esfuerzo para HS20 +25% (N/mm^2)			
			Concreto (7.4)	Acero de refuerzo (138)	Lámina FRP (633)	Placa de Acero (141)
Sección Original		-	5.7	227	-	-
Incremento del espesor de la losa (9 cm)		-	3.6	204	-	-
Incremento del espesor de la losa (9 cm) + Adherencia FRP		18 Capas x 484 mm	3.0	136	277	-

Incremento del espesor de la losa (9cm) + Adherencia de placa de acero		3"/8 (9.53mm) x 400 mm	3.0	134	-	90

Para el método de adherencia FRP se necesitan 18 capas de laminas FRP. Sin embargo, normalmente el número máximo es de 10 capas y hasta el momento no se cuenta con experiencias previas utilizando 18 capas. Pueden existir problemas en la adherencia de las capas en el futuro. Por lo tanto, el método seleccionado para este puente es el método de adherencia de placas de acero.

Para el momento negativo en el apoyo, uno de los métodos de Refuerzo es el incremento de la altura de la viga en la parte inferior. Se necesita una altura de 30 cm para satisfacer el esfuerzo permitido en el apoyo.

(2) Puente No.12 sobre el Río Puerto Nuevo (puente de concreto reforzado)

El Puente sobre el Río Puerto Nuevo está compuesto por 3 tramos simples de viga tipo I de acero y una viga simple de concreto reforzado. La capacidad del momento de flexión de la viga principal es menor que la fuerza del incremento de la carga viva. Se necesita reforzar la losa de este puente para el incremento de la carga viva. Se selecciono el Método de adherencia de FRP para la sección de la viga de acero.

El método del incremento del alto de la viga no es fácil a la hora de la construcción. Especialmente, cuando el lado inferior es el lado de tensión, se deberán de colocar una gran cantidad de acero de refuerzo con poca distancia por lo que es más difícil colar el concreto. El método de añadir el cable externo no es fácil de construir y es más costoso. Por la tanto, en la Tabla 11.3.9 se comparan el método de adherencia y el método de adherencia de la placa de acero.

Tabla 11.3.9. Comparación del Refuerzo para la Viga principal Del puente No.12 sobre el Río Puerto Nuevo

Método de Refuerzo	Tamaño del Material de Adherencia	Esfuerzo para HS20 +25% (N/mm^2)				Evaluación
		Concreto (7.4)	Acero de refuerzo (138)	Lámina FRP (633)	Placa de acero (141)	
Sección Original	-	4.3	155	-	-	-
Adherencia FRP	**16 Capas** x 484 mm	4.5	138	240	-	NO (Más de 10 capas)
Adherencia de Placa de Acero	**3"/8 (9.53mm)** x 400 mm	4.4	136	-	75	OK

No se pueden aplicar las 16 capas de lámina de FRP. Por lo tanto para este puente se seleccionó el método de adherencia de la placa de acero.

(3) Puente No.16 sobre el Río Nuevo

Este Puente consiste de 3 tramos continuos de concreto reforzado similar al Puente No. 7 sobre el Río Azufrado. La capacidad de la viga principal no satisface la fuerza dada por la carga viva incrementada del momento positivo en el tramo central y el momento negativo del apoyo. Se necesita reforzar la losa por el incremento de la carga viva. El método de Refuerzo fue considerado para la losa y la viga principal juntamente.

Se aplica el método del incremento de la losa por las mismas razones que las del puente sobre el Río Azufrado. Al incrementar la losa, el esfuerzo en el medio del tramo central y el esfuerzo en el apoyo, se satisface el esfuerzo permitido. Pero el esfuerzo cerca del medio del tramo central no satisface el esfuerzo permitido. En la Tabla 11.3.10 muestra la comparación del método de Refuerzo para esta sección. Se necesitan 6 capas de lámina FRP, ya que para reforzar la viga de concreto reforzado se seleccionó el método de adherencia de FRP.

Tabla 11.3.10. Comparación del Refuerzo para la Viga Principal Del Puente No.16 sobre el Río Nuevo

Método de Refuerzo	Tamaño del Material de Adherencia	Esfuerzo para HS20 +25% (N/mm^2)				Evaluación
		Concreto (7.4)	Acero de refuerzo (138)	Lámina FRP (633)	Placa de acero (141)	
Sección Original	-	5.0	156	-	-	-
Adherencia FRP	**6 Capas** x 484 mm	3.2	136	283	-	Good
Adherencia de Placa de Acero	**3"/8 (9.53mm)** x 400 mm	3.1	129	-	85	Fair

4) Puente de Viga tipo I prefabricado (Puente No.29sobre el Río Torres)

El Puente sobre el Río Torres consiste de dos tipos de longitud de tramo de Viga tipo I simple prefabricada. Este puente de tramos de 30 m está sobrecargado en el esfuerzo de la viga por el incremento de carga viva HS20 + 25%, por otra parte, la parte del tramo de 17 m no está sobrecargada por el esfuerzo. Las losas de ambos puentes tienen que ser reforzadas utilizando el método de adherencia FRP por el incremento de la carga viva.

El arreglo real de los cables PC en la viga no se muestra en los planos, tampoco se muestra en los planos la línea de la posición que se necesita del centro de gravedad para los cables. Lo que significa que es peligroso sostener la viga para reforzar, especialmente en la parte inferior de la viga cerca del centro de esta. Tomando en consideración está situación, se considera que los métodos a ser usados para la viga tipo I prefabricada serían el método de adherencia FRP y el método de añadir un cable externo tal como se muestra en la Tabla 11.3.11.

Tabla 11.3.11. Comparación del Método de refuerzo para la Viga tipo I prefabricada

Método de Refuerzo	Efectividad	Riesgo por daño a los Cables PC	Costo	Aplicable
Sección Incrementada	No	Grande	Bajo	No
Adherencia de placa de acero	Si	Grande	Mediano	No
Adherencia FRP	Si	Pequeño	Mediano	Si
Añadir cable externo	Si	Mediano	Alto	Justo

Si se necesitan aplicar más de 10 capas de laminas FRP, se puede fácilmente aplicar el método del cable adicional.

Según los resultados del cálculo de esfuerzo, para satisfacer el esfuerzo permitido en el acero de refuerzo en el área de tensión se necesitan 4 capas de láminas FRP, como se muestra en la Tabla 11.3.12. Por lo que se seleccionó el método de adherencia de FRP.

Tabla 11.3.12. Resultado del Esfuerzo para el Método de Adherencia FRP para la Viga Principal del Puente No. 29 sobre el Río Torres

Método de Refuerzo	Tamaño del material de adherencia	Esfuerzo para HS20 +25% (N/mm^2)				Evaluación
		Concreto		Acero de Refuerzo (138)	Lámina FRP (633)	
		Compresión (7.4)	Tensión (-2.9)			
Sección original	-	5.0	-3.7	-	-	-
Adherencia FRP	4 Capas x 484 mm	3.2	-	118	379	OK

5) Puente de Viga Cajón prefabricada (Puente No.17 sobre el Río Chirripó y el Puente No.20 sobre el Río Sucio)

(1) Esfuerzo de las Vigas Cajón Prefabricadas

Como resultado del análisis estructural, el Puente No. 17 sobre el Río Chirripó y el Puente No.20 sobre el Río Sucio tienen una capacidad de carga para una carga viva incrementada de HS20 + 25% como se muestra en la Tabla 11.3.13. No se necesita reforzar estos puentes.

Tabla 11.3.13. Esfuerzo par alas vigas de cajón prefabricadas del Puente No.17 sobre el Río Chirripó y el Puente No.20 sobre el río Sucio

	Esfuerzo del concreto para HS20 +25% (N/mm^2)							
	En el centro del tramo				En el apoyo			
	Superior		Inferior		Superior		Inferior	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Puente No.17 sobre el Río Chirripó	3.6	-0.3	9.0	3.0	11.8	10.0	8.0	5.9
Puente No.20 sobre el Río Sucio	4.1	-0.5	9.3	2.4	12.1	9.8	7.0	5.7
Esfuerzo Permitido	Compresión		13.7					
	Tensión		- 2.9					

En el Puente sobre el Río Chirripó y el puente sobre el Río Sucio se observan deformaciones anormales. Las deformaciones máximos son de alrededor de 20 cm y 27 cm en el tramo medio comparado con la altura del apoyo medio en el Puente sobre el Río Chirripó y el Puente sobre el Río Sucio respectivamente.

La Figura 11.3.2 muestra la comparación entre la elevación actual de la losa del puente y su elevación planeada en el plano original existente para el Puente No. 20 sobre el Río Chirripó. La diferencia entre el nivel real y el nivel planeado en el centro del tramo medio es de 30 cm e incluso la altura presente de las pilas de P1 y P2, donde la altura normalmente nunca cambia no es la misma que su altura planeada. Se considera que el puente no se construyó como la elevación planeada en el plano existente. Sin embargo, esta es una suposición ya que no existen planos o registros de la su construcción.

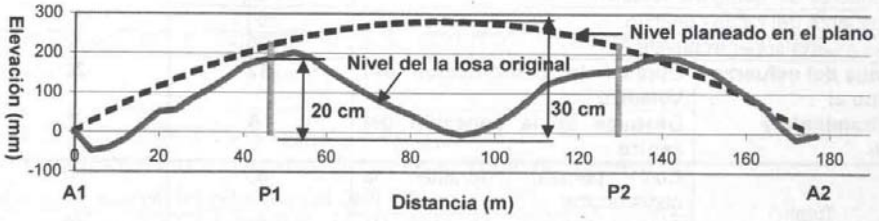


Figura 11.3.2. Deflexión en el Puente No.17 sobre el Río Chirripó

La Figura 11.3.3 muestra la comparación entre la elevación actual de la losa y su elevación planeada en el plano original existente del puente No.20 sobre el Río Sucio. La figura se realizó asumiendo que la losa es un nivel, ya que la alineación vertical planeada del puente se ubica en la sección inclinada. La diferencia de la altura entre la Pila 1 y el centro del tramo medio es de 27 cm e incluso la altura presente en la pila P1 no es la misma que la altura planeada.

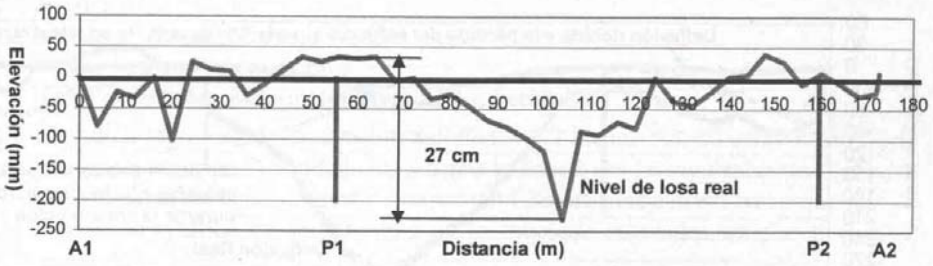


Figura 11.3.3. Deflexión en el Puente No.20 sobre el Río Sucio

i) Causas de la Deflexión

La viga de concreto preesforzada se deformó por varias fuerzas durante el periodo de construcción y después de su finalización, como se muestra en la Tabla 11.3.4. Normalmente,

estas deformaciones se consideran para colocar la curvatura durante los trabajos de construcción. Sólo después de la finalización de la obra se dan las deflexiones causadas por la pérdida del esfuerzo de los cables PC. La pérdida normal del esfuerzo de los cables PC debido al deslizamiento y la reducción elástica del concreto y a la relajación del cable PC es de alrededor de 13% del esfuerzo instalado como se describe en AASHTO. La deflexión debido a la pérdida de este preesfuerzo es de sólo 20 mm para el Puente sobre el Río Chirripó y sobre el Río Sucio. La Tabla 11.3.14. muestra las deflexiones debido a cada fuerza calculada por análisis estructural para dos puentes.

Tabla 11.3.14. Deflexiones en el centro debido a varias fuerzas

Fuerzas		Deflexión (mm)	
		Puente No.17 Río Chirripó	**Puente No.20 Río Sucio**
Carga muerta de la viga principal		-166	-248
Preesfuerzo del cable del voladizo		+ 99	+119
Preesfuerzo del cable continuo		+61	+68
Carga muerta super impuesta		-29	-27
Pérdida del esfuerzo debido al deslizamiento y otros	**Durante la Construcción del Voladizo**	**-12**	**-22**
	Después de la conexión del centro	**- 8**	**-8**
Total	Con pérdida durante la construcción	-43	-118
	Sin pérdida durante la construcción	-55	-96

La comparación entre la deflexión real y la deflexión debido a la pérdida de esfuerzo se muestran en la Figura 11.3.4 y 11.3.5. para el puente sobre el Río Chirripó y el puente sobre el Río Sucio, respectivamente. La deflexión debido a la pérdida del esfuerzo es muy pequeña comparada con la deflexión real. Por lo tanto, se considera que está es una deflexión anormal no es sólo causada por la pérdida del esfuerzo de los cables PC.

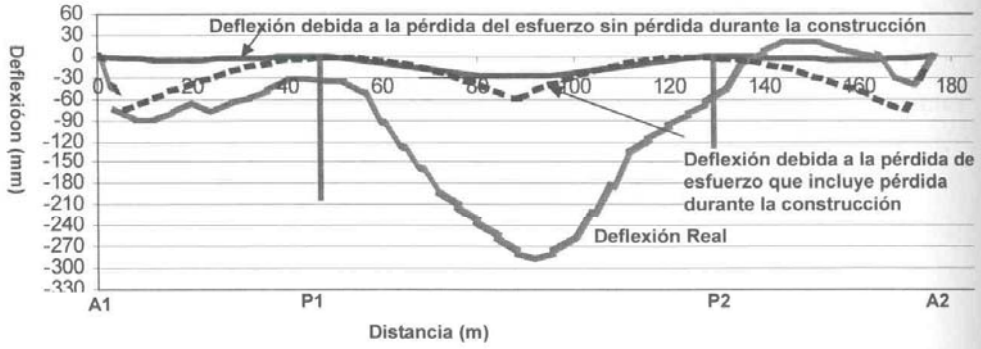


Figura 11.3.4. Comparación de la Deflexión para el Puente No.20 sobre el Río Sucio

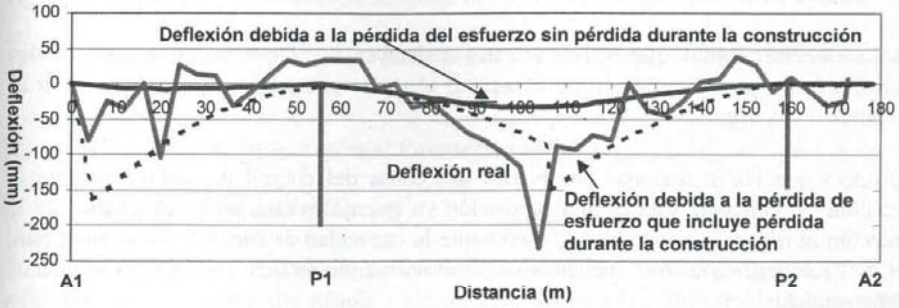


Figura 11.3.5. Comparación de la Deflexión para el puente No.20 sobre el Río Sucio

Las otras causas de la deflexión para la estructura preesforzado y se predice como a continuación;

- Falta de la resistencia de la viga cajón de concreto
- Disminución del modulo elástico de la viga de cajón de concreto
- Falta de la tensión introducida del cable PC
- Progreso anormal del deslizamiento del concreto
- Defecto del control de calidad durante la construcción
- Incremento del peso muerto debido al pavimento asfáltico.

ii) Investigación de la Condición del puentes

La investigación de las condiciones del Puente son;

(a) De acuerdo a la inspección detallada de los dos puentes anteriormente mencionados conducidos en el estudio;
- No hay grietas anormales
- No hay carbonatación anormal
- No hay vibraciones anormales causadas por vehículos

(b) De acuerdo a la prueba de excavación del núcleo del Puente No. 20 sobre el río Sucio y la prueba del martillo Schmidt de los puentes se concluyen los siguientes resultados;
- La resistencia del concreto de los cuerpos del Puente satisfacen el nivel requerido
- El módulo elástico de las muestras de los núcleos excavados satisfacen el nivel requerido.

(c) De acuerdo al análisis estructural y a la prueba de carga del Puente No. 17 sobre el río Chirripó, se concluye que;
- La rigidez requerida del Puente existente se confirmó con los planos, entendido con respecto a la coincidencia de los resultados del análisis estructural y la prueba de carga.

iii) Contra Medidas

El análisis anterior indica que ambos puentes satisfacen los requerimientos estructurales necesarios excepto por la deflexión observada en el tramo central y será capaz de servir al tráfico público con seguridad.

Se considera que las deflexiones observadas son causa del control de calidad durante la construcción. Si embargo, esta es una suposición ya que no existen planos originales de la construcción ni registros disponibles. Observe que la capacidad de carga de los puentes para HS20+25% fue verificada en el análisis estructural usando un modelo con base en los planos de diseño original.

Debido a lo anteriormente mencionado, se considera que el pente puede servir de manera segura en el futuro. Sin embargo se recomienda que las deflexiones de estos puentes sean medidas al menos una vez al año.

11.3.3 Metodología de Diseño para Reforzar la Viga Principal

1) Puente de cercha (Puente No.2sobre el Río Aranjuez y Puente No.3sobre el Río Abangares)

(1) Programa de Diseño para el Puente de cercha

a) Miembro Diagonal Adicional

En la Figura 11.3.2 se muestra el programa de diseño para el Puente de cercha de acero, reforzado con el método de añadir un miembro diagonal. La metodología del diseño de Refuerzo es reducir el esfuerzo del miembro original e incrementar la capacidad de carga.

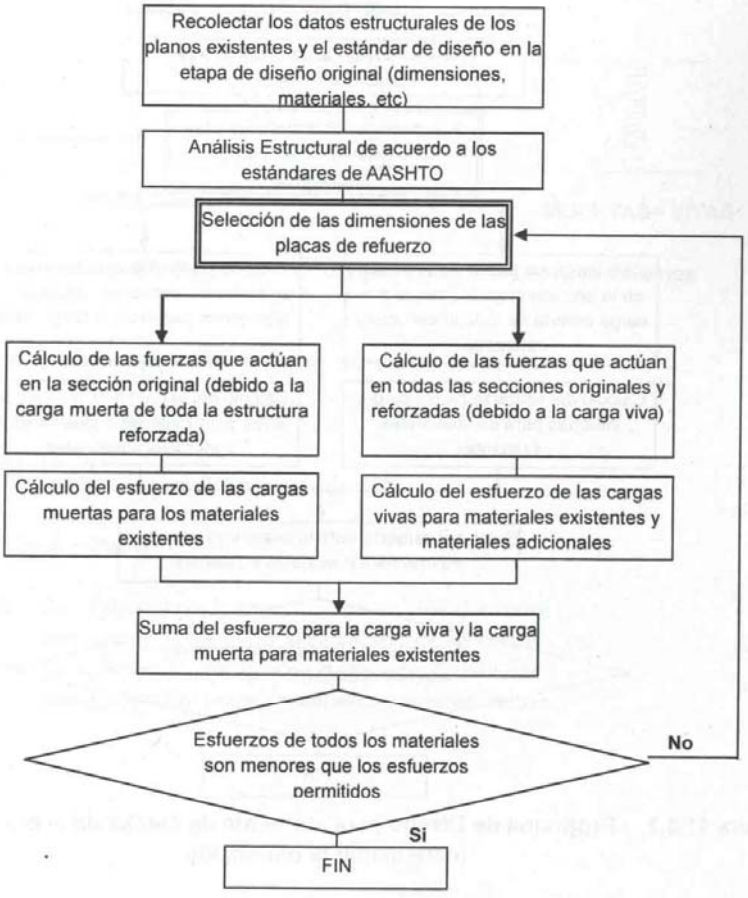


Figura 11.3.6. Programa de Diseño para el Puente de cercha de acero reforzado con miembros diagonales adicionales

b) Aumento de Dimensiones

En la Figura 11.3.3 se muestra el Programa de diseño para el puente de cercha de acero, el cual se refuerza con el método de incremento de la dimensión. La metodología básica del diseño de Refuerzo es que el acero existente en el lado del área de tensión de la viga y la sección incrementada resista el esfuerzo de tensión.

El esfuerzo de la sección de la viga original, que está compuesta de los esfuerzos de la carga viva y la carga muerta sea menor que el esfuerzo permitido.

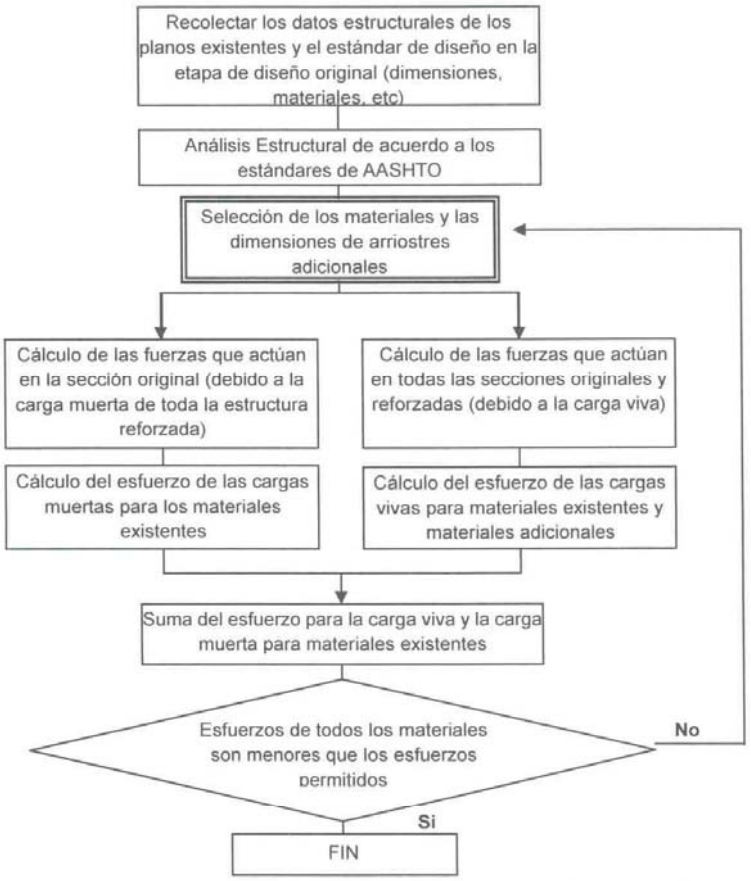


Figura 11.3.7. Programa de Diseño para el Puente de cercha de acero reforzado al incrementar la dimensión

(2) Método de Verificación para el miembro diagonal adicional o para el incremento de la dimensión

a) Miembro diagonal adicional

El procedimiento de verificación aplicado es equivalente al procedimiento al añadir placas de Refuerzo de acero a los miembros existentes. Los miembros existentes resisten a las cargas muertas y a las cargas vivas y a las cargas vivas adicionales, como se muestra a continuación:

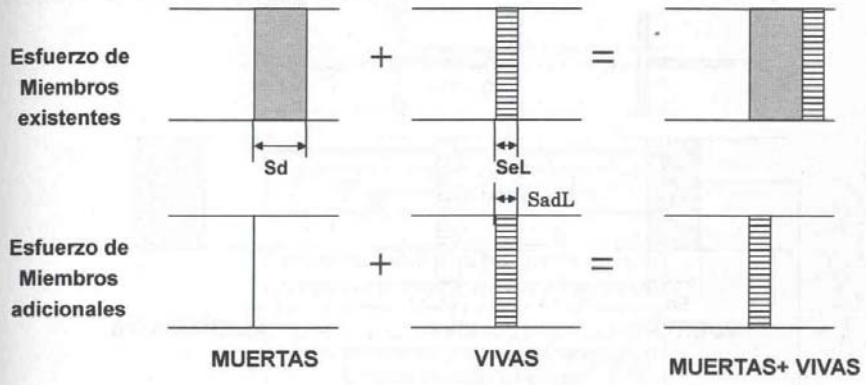


Figura 11.3.8. Esfuerzo por las cargas vivas y las cargas muertas

Esfuerzo de miembros existents por la craga muerta + la carga viva

Se = Sd + SeL < Se-a

Esfuerzo de miembros adicionales por la carga viva

Sad = SadL < Sad-a

Donde, Sd : Esfuerzo por la carga axial de las cargas muertas
SeL, SadL : Esfuerzo por la carga axial de las cargas vivas
Se-a : Esfuerzo permitido de los miembros existentes
Sad-a : Esfuerzo permitido del arriostramiento adicional

b) Incremento de la Dimensión

En el método de añadir placas de refuerzo a los miembros existentes, se debe de considerar de manera separada la acción de las cargas muertas y las cargas vivas. Las cargas muertas de toda la estructura que incluyen los materiales existentes y los nuevos materiales añadidos actúan solamente en las secciones originales mientras que las cargas vivas actúan en la sección reforzada con un esfuerzo disminuido. La verificación del esfuerzo para la sección original se realiza como se muestra a continuación:

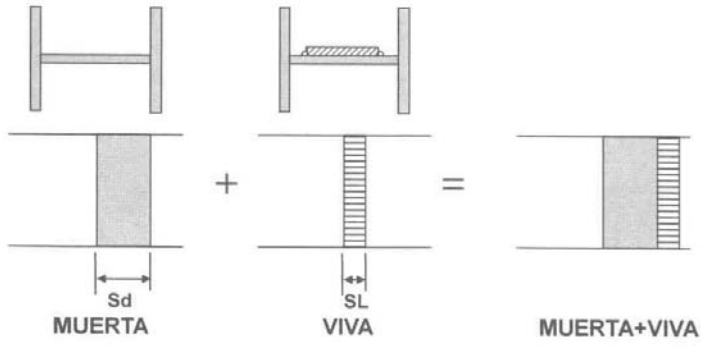


Figura 11.3.9. Esfuerzo por la carga muerta y la carga viva

Esfuerzo de materiales existentes por la carga muerta + la carga viva

$$S = Sd + SL < Sa$$

Donde, Sd : Esfuerzo por la fuerza axial de la carga muerta
SL : Esfuerzo por la fuerza axial de la carga viva
Sa : Esfuerzo permitido del material existente

2) Puente de Viga tipo I de acero (Puente No.12 sobre el Río Puerto Nuevo, Puente No.19 sobre el Río Sarapiquí y el puente No.26 sobre el Río Chirripó)

(1) Programa de Diseño para el Puente de Viga tipo I de acero

En la Figura 11.3.6. se muestra el programa de diseño para el Puente de viga tipo I de acero, el cual se refuerza con el método del cable externo adicional. El preesfuerzo del cable externo actúa como carga muerta en la sección de la viga. El esfuerzo del acero de la sección de la viga original debe ser menor que el esfuerzo permitido para la carga muerta, la carga viva y el preesfuerzo que incluye el cable adicional.

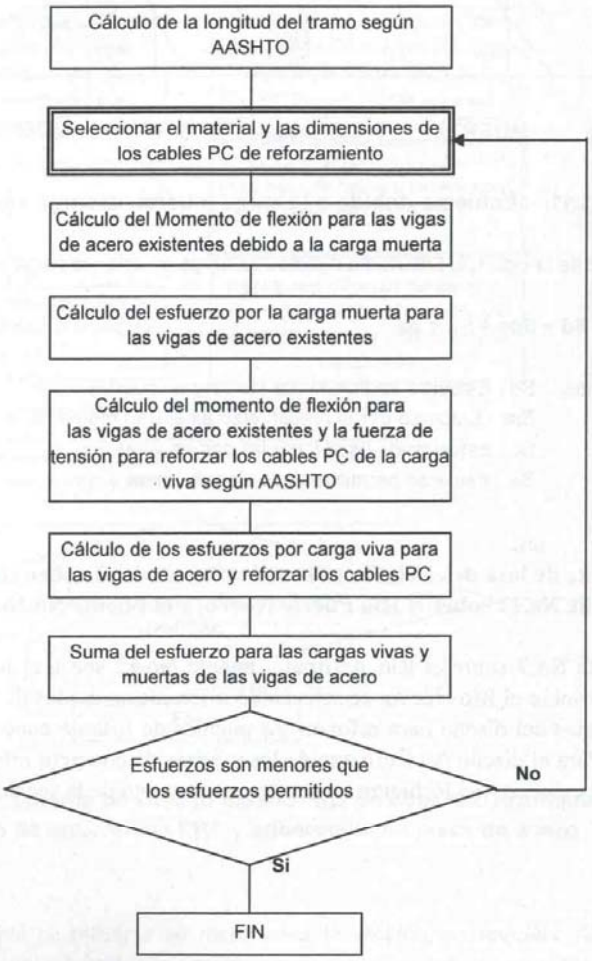


Figura 11.3.10. Programa de Diseño para El Puente de Viga Tipo I de acero reforzado con cable externo adicional

(2) Método de Verificación de Esfuerzo para reforzar con cable PC

El Refuerzo externo con cables PC permite que las vigas de acero existentes sean resistentes consistentemente a las cargas vivas y las cargas muertas. Además de la fuerza axial, el momento de flexión excéntrico por el preesfuerzo se da en la sección de la viga. Consecuentemente, el método de verificación del esfuerzo es el siguiente:

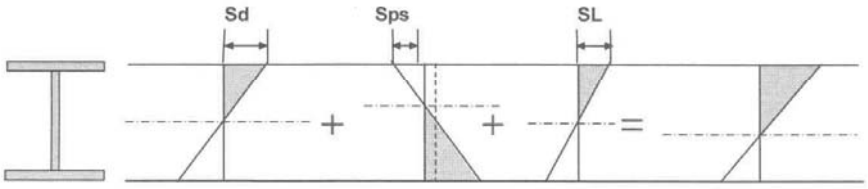


Figura 11.3.11. Esfuerzo debido a la carga muerta, la carga viva y el preesfuerzo

Esfuerzo de la viga tipo I de acero debido a la carga muerta+ la carga viva

$$S = Sd + Sps + SL < Sa$$

Donde, Sd : Esfuerzo de flexión por las cargas muertas
Sps : Esfuerzo por el preesfuerzo axial y su momento excéntrico
SL : Esfuerzo de flexión por las cargas vivas
Sa : Esfuerzo permitido de la viga de acero

3) Puente de losa de concreto reforzado (Puente No.7 sobre el Río Azufrado, puente No.12 sobre el Río Puerto Nuevo, y el Puente No.16 sobre el Río Nuevo)

Para el Puente No.7 sobre el Río Azufrado, puente No.12 sobre el Río Puerto Nuevo, y el Puente No.16 sobre el Río Nuevo, se seleccionó diferentes métodos de Refuerzo, sin embargo, las metodologías del diseño para reforzar los puentes de losa de concreto reforzado son casi las mismas. Para el diseño del Refuerzo de los puentes de concreto reforzado, el punto básico es verificar el esfuerzo del Refuerzo existente y el concreto de la sección de la viga original.

(1) Programa de Diseño para la losa de concreto reforzado

En la Figura 11.3.8. se muestra el programa de diseño para reforzar el Puente de losa de concreto reforzado con adherencia FRP o Adherencia de acero.

Figura 11.3.12. Programa de Diseño para la viga de concreto reforzado con un Refuerzo de adherencia FRP y adherencia de placa de acero

Cuando la viga principal se refuerza se incrementa la sección, se requiere de un análisis estructural para la sección original y la sección incrementada como se muestra en la Figura 11.3.9. se muestra el programa de diseño

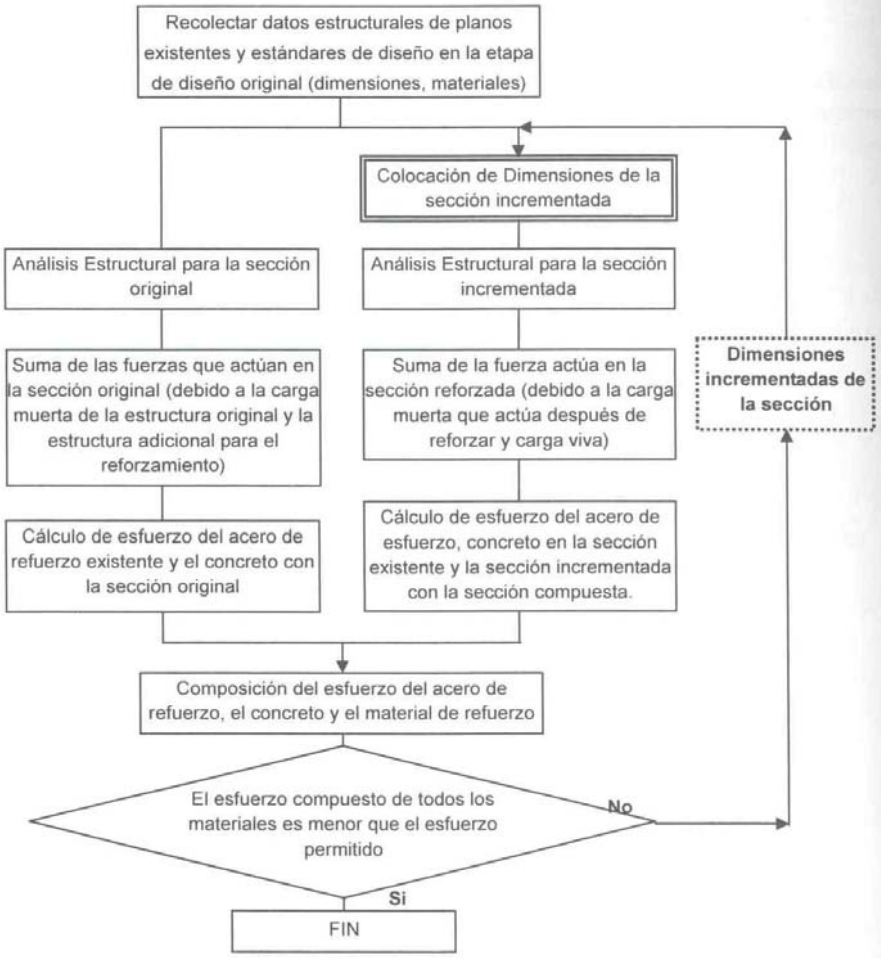


Figura 11.3.13. Programa de diseño para la viga de concreto reforzado al incrementar la sección

Cuando se refuerza la losa al incrementar la sección y si la viga principal necesita ser reforzada con adherencia FRP o adherencia de la placa de acero tal como es el caso del Puente No. 7 sobre el Río Azufrado y el Puente No. 16 sobre el Río Nuevo, se necesita hacer un análisis de la sección original y la sección incrementada de la losa como se muestra en la Figura 11.3.10.

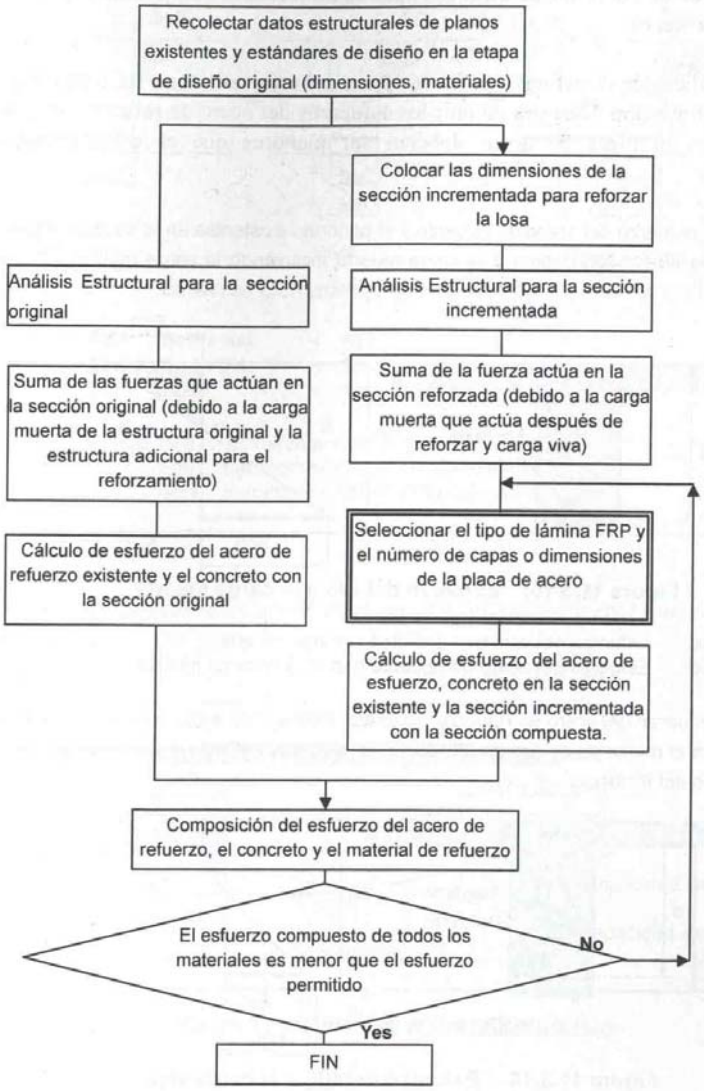


Figura 11.3.14. Programa de Diseño para la viga de concreto reforzado que necesita incrementar la losa con adherencia FRP o con placa de acero

(2) Método de verificación de esfuerzo para la adherencia FRP o adherencia de placas de acero

El método de verificación de esfuerzo de la viga principal reforzada con FRP o placa de acero se describe a continuación. Después de unir los esfuerzos del acero de refuerzo, el concreto, la lámina FRP o la placa de acero deberán ser menores que el esfuerzo permitido respectivamente.

1. El Cálculo del esfuerzo del acero de refuerzo y el concreto existentes en la sección original para el momento de flexión **Md** debido a la carga muerta incluyendo la carga muerta adicional del Refuerzo.

Figura 11.3.15. Esfuerzo debido a la carga muerta

Scd: Esfuerzo del concreto debido a la carga muerta
Ssd: Esfuerzo del acero de refuerzo debido a la carga muerta

2. Cálculo del esfuerzo del acero de refuerzo, concreto, lámina FRP o placa de acero en la sección reforzada para el momento de flexión **ML** debido a la carga viva incluyendo la carga muerta que actúa después del Refuerzo.

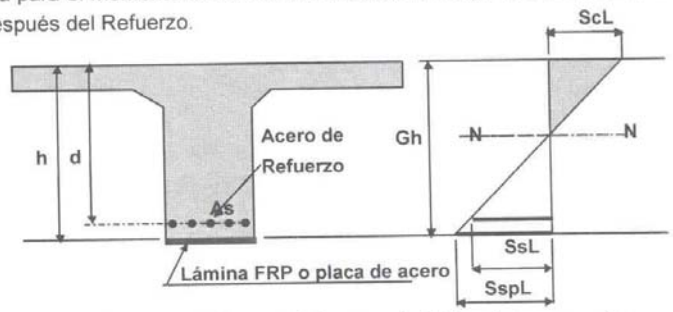


Figura 11.3.16. Esfuerzo debido a la carga viva

ScL: Esfuerzo del concreto debido a la carga viva
SsL: Esfuerzo del acero de refuerzo debido a la carga viva
SspL: Esfuerzo del FRP o placa de acero debido a la carga viva

3. Esfuerzo del acero de refuerzo, concreto y FRP o placa de acero debido a la carga muerta y la carga viva.

   Todos los esfuerzos del concreto, del acero de refuerzo y de la lámina FRP deben de ser menores que el esfuerzo permitido respectivamente.

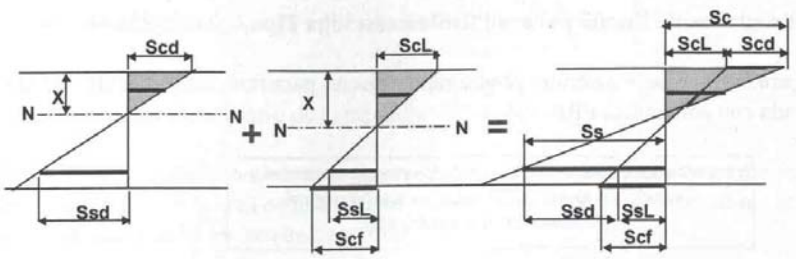


Figura 11.3.17. Esfuerzo Compuesto debido a la carga muerta y a la carga viva

Sc = Scd + ScL < Sca
Ss = Ssd +SsL < Ssa
Scf = ScfL < Scfa

Donde, Sca : Esfuerzo permitido del concreto
Ssa: Esfuerzo permitido del acero de refuerzo
Scfa: Esfuerzo permitido de la lámina FRP

(3) Área de Refuerzo

El área donde la capacidad registrada de la sección original es menor que la fuerza actuante se ha reenfocado.

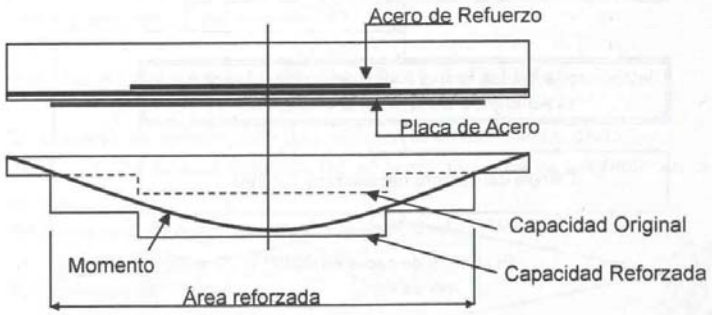


Figura 11.3.18. Área Reforzada de la viga

4) Puente de Viga tipo I prefabricada (puente No.29 sobre el Río Torres)

Para el Puente No. 29 sobre el Río Torres de viga tipo I prefabricada se seleccionó el método de Refuerzo con adherencia FRP. El punto básico para el diseño del Refuerzo de los puentes de viga tipo I prefabricada, es que el acero de refuerzo y la lámina FRP resistan la fuerza de tensión total en el área de esfuerzo de tensión de la sección. Se asume que el esfuerzo de tensión permitido de la lámina FRP es controlado por el esfuerzo permitido del acero de refuerzo y su promedio de módulo elástico ya que la deformación del acero de refuerzo y de la lámina FRP son los mismos en el área de esfuerzo de tensión.

(1) Programa de Diseño para el Puente de la Viga Tipo I prefabricada

En la Figura 11.3.15. se muestra el programa de diseño para reforzar el Puente de viga tipo I prefabricada con adherencia FRP.

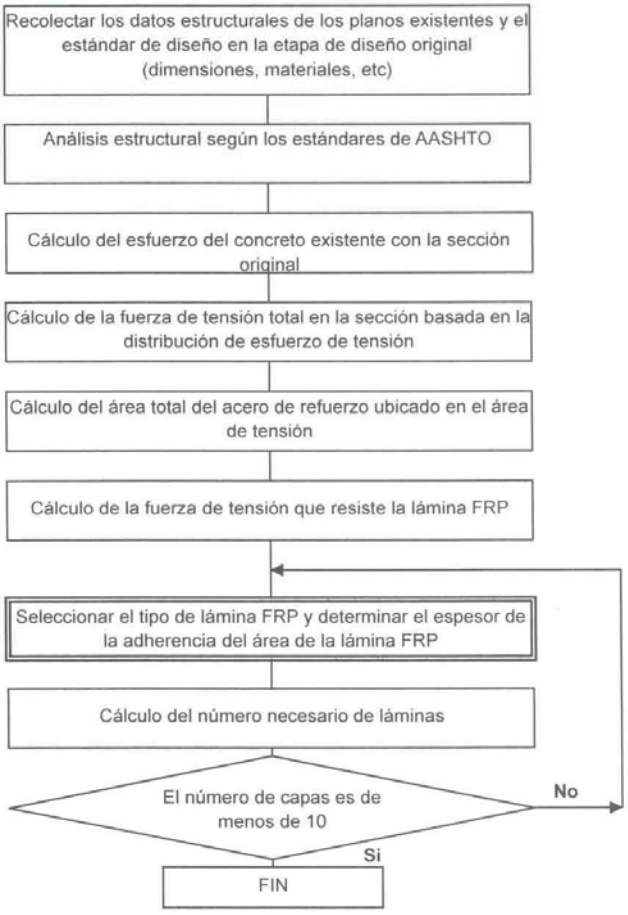


Figura 11.3.19. Programa de Diseño para reforzar la viga tipo I prefabricada con adherencia FRP

(2) Método de Diseño para la adherencia FRP para la Viga tipo I prefabricada

El método de diseño para reforzar la viga tipo I con la adherencia FRP se explica a continuación. El número necesario de capas debe ser menor de 10.

3. Esfuerzo del concreto de la sección original se deberá calcular para todas las cargas incluyendo los preesfuerzos. La Fuerza de tensión total **Tc** de la sección puede ser calculada con base en el área de esfuerzo de tensión de la sección.

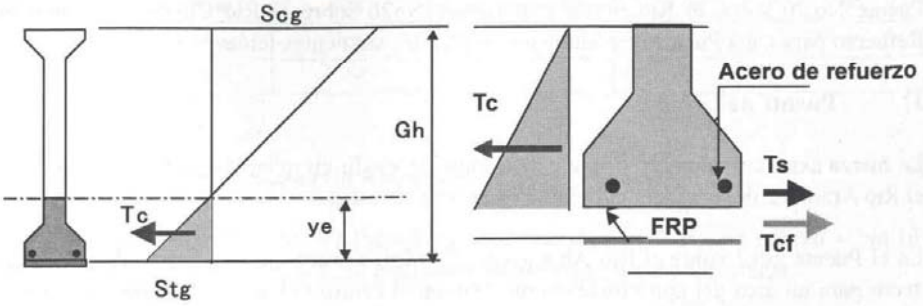


Figura 11.3.20. Imagen del esfuerzo de tensión de la viga tipo I prefabricada

2. La fuerza de tensión total **Tc** que actúa en la sección del concreto es resistida por el acero de refuerzo existente y la lámina de adherencia FRP.

$$Tc = Ts + Tcf = Ss \times As + Scf \times Acf = Ss \times As + Ss \left(Ecf / Es \right) \times Acf$$

Donde, Tc: Esfuerzo de Tensión Total que actúa en la sección del concreto.
Ts: Fuerza de tensión resistida por el acero de refuerzo existente en el área de tensión
Tcf: Fuerza de tensión resistida por la adherencia FRP
Ss: Esfuerzo del acero de refuerzo
Scf: Esfuerzo del FRP
As: Área de la sección del acero de refuerzo
Acf: Área de la sección del FRP
Es: Módulo Elástico del acero de refuerzo
Ecf: Módulo Elástico del FRP (kN/mm2)

3. El esfuerzo del acero de refuerzo deberá ser menor que el esfuerzo permitido **Ssa**. Por lo tanto, a continuación se pueden calcular el área necesaria de la lámina FRP y el número necesario de capas.

$$Acf = \frac{Tc / Ssa - As}{Ecf / Es}$$

$$Ncf = Acf / (tcf \times Wcf)$$

Donde, Ssa: Esfuerzo permitido del acero de refuerzo
Ncf: Número necesario de la lámina FRP

tcf: Espesor de la lamina FRP resistida por el acero de refuerzo en el área de tensión
Wcf: Espesor de Adherencia de la lámina FRP

11.3.4 Condición Existente y condición después del Refuerzo

Para la carga viva incrementada HS20 +25%, se deberá de reforzar las vigas principales o estructuras de las de los 7 puentes, a excepción del Puente No.17 sobre el Río Chirripó, el Puente No.20 sobre el Río Sucio y el puente No26 sobre el Río Chirripó. El método de Refuerzo para cada Puente se resume por tipo en las siguientes tablas.

1) Puente de Cercha

La fuerza axial del miembro original disminuye al añadir un miembro y el Puente No. 2 sobre el Río Aranjuez deberá tener suficiente capacidad de carga.

En el Puente No.3 sobre el Río Abangares (129pies) se necesita reforzar con cubre placa de acero para un área del aproximadamente 18m en el centro del tramo. Las placas usadas para reforzar son de 180mm de ancho y 5/8 pulgadas en espesor. Por otro lado, el Puente No.3 sobre el Río Abangares (200pies) tiene un refuerzo innecesario.

Tabla 11.3.15. Comparación de las condiciones de la estructura principal para Puentes de Cercha

Puente No.	Nombre del puente	Condiciones Existentes		Condiciones después del Reforzamineto		Esfuerzo Permitido (N/mm^2)
		Esfuerzo sobre posicion	Esfuerzo (N/mm^2)	Método de Refuerzo	Esfuerzo (N/mm^2)	
2	Aranjuez	Centro del tramo principal	86	Miembro Adicional	55	63
		En el apoyo	130	Miembro Adicional	94	100
3	Abangares (129pies)	Centro del tramo	144	Cubre placa de acero	124	125
	Abangares (200pies)	Centro del tramo	70	-	-	125

2) Puente de Viga tipo I de acero

El momento de flexión del miembro original disminuye con el cable externo adicional, el puente No. 12 sobre el Río Puerto Nuevo y el Puente No. 19 sobre el Río Sarapiquí deberán tener suficiente capacidad de carga.

El Puente No. 26 sobre el Río Chirripó tiene suficiente capacidad de carga en la condición original.

Tabla 11.3.16. Comparación de las condiciones de la estructura principal para puentes de viga tipo I de acero

Puente No.	Nombre del puente	Condiciones Existentes		Condiciones después del Refuerzo		Esfuerzo Permitido (N/mm²)
		Esfuerzo sobre posición	Esfuerzo (N/mm²)	Método de Refuerzo	Esfuerzo (N/mm²)	
12	Puerto Nuevo (70ft)	Centro del tramo	143	Cable externo adicional	123	125
	Puerto Nuevo (80ft)	Centro del tramo	149	Cable externo adicional	119	125
19	Sarapiquí	Centro del tramo	191	Cable externo adicional	126	130
		En el apoyo	136	Cable externo adicional	126	130
26	Chirripó	Centro del tramo	130	-	-	130
		En el apoyo	104	-	-	180

3) Puente de Losa de Concreto Reforzado

Las vigas de concreto reforzado del Puente No.7 Azufrado, No.12 Puerto Nuevo y No.16 Nuevo no tienen la suficiente capacidad para soportar la carga viva incrementada

En el Puente Azufrado, los esfuerzos al centro del tramo principal y en los soportes excede el esfuerzo permitido inclusive después del incremento de la losa, lo cual puede ser tomado como parte de la sección de la viga. El centro del tramo principal fue reforzado con la adherencia de placas de acero (3/8" de espesor, 400mm de ancho) para una longitud de 7.2m y la sección en los soportes fueron reforzadas con el incremento de 30cm de la profundidad en el lado inferior.

Las vigas simples del Puente No.12 Nuevo no tienen la suficiente capacidad para casi toda la sección de viga. La viga fue reforzada adhiriendo placas de acero (3/8" de espesor, 400mm de ancho) para una longitud de 11.6m de los 15.24m totales de longitud de viga.

La losa del Puente No.16 Puerto Nuevo fue reforzada también con el incremento del espesor. La sección cercana al centro del tramo lateral no tiene la capacidad de esfuerzo necesaria aun después del aumento de la losa. Las secciones de viga en ambos tramos laterales fueron reforzadas por el método de adherencia de láminas de FRP (483mm de espesor) para 70 metros de largo

Tabla 11.3.17. Comparación de Estructura Principal para Losas de Puentes de Concreto Reforzado

Puente No.	Nombre del Puente	Condiciones Existentes			Condiciones después del Refuerzo				
		Esfuerzo sobre posición	Esfuerzo (N/mm²)		Método de Refuerzo	Esfuerzo (N/mm²)			
			Concreto (7.40))	Refuerzo (138)		Concreto (7.40)	Refuerzo (138)	FRP (633)	Placa Acero (141)
7	Azufrado	Centro de Tramo principal	5.7	227	Adherir Placa de Acero	3.0	134	-	90
		Soportes	8.2	173	Incrementar	6.5	137	-	-
12	Puerto Nuevo (Puente CR)	Centro del Tramo	4.3	155	Adherir Placa de Acero	4.4	136	-	75
16	Nuevo	Centro de Tramo Lateral	5.0	156	Adherir Lámina FRP	3.2	136	263	-

4) Puentes de Vigas I PC

Las vigas I PC del Puente No.29 Torres consisten en tres vigas simples con dos tipos de tramos de longitudes de 30m y 17m. La viga de 17m tiene la suficiente capacidad para la carga viva incrementada, la viga de 30m no tiene la capacidad. El esfuerzo de tensión al centro de la viga de 30m excede el permitido concreto presforzado. El centro del tramo principal fue reforzado adhiriendo 6 capas de láminas de FRP alrededor del ala inferior para una longitud de 13.0m.

Tabla 11.3.18. Comparación de Estructura Principal para Puentes de Vigas I PC

Puente No.	Nombre del Puente		Condiciones Existentes			Condiciones después de Refuerzo			
			Esfuerzo sobre posición	Esfuerzo (N/mm²)		Método de Refuerzo	Esfuerzo (N/mm²)		
				Concreto			Concreto (7.40)	Refuerzo (138)	FRP (633)
				Compresión (12.3)	Tensión (-2.9)				
29	Torres	30 m	Centro del Tramo Principal	11.4	-3.7	Adherencia de Laminas FRP	11.4	118	379
		17 m	Non	8.6	-1.8	-	-	-	-

11.4 Accesorios

Los accesorios que se toman en consideración para la rehabilitación y mejora de los 10 puentes seleccionados son los siguientes:

1) Pavimento Asfáltico
2) Impermeabilización de la Losa
3) Juntas de Expansión
4) Apoyo
5) Baranda

Estos accesorios son partes de puente muy importantes para mantener el rendimiento de la estructura del puente y la seguridad del tráfico. El propósito de estas estructuras se muestra en la Tabla 11.4.1.

Tabla 11.4.1. Propósitos de Accesorios

Tipo de Accesorio	Propuesta
Pavimento Asfáltico	El pavimento asfáltico se coloca sobre la losa de concreto para proveer una superficie de ruedo suave y una condición de manejo cómodo para proteger la losa de los daños causados por el tráfico, agua y acciones químicas.
Impermeabilización de la Losa	La Impermeabilización se coloca entre el pavimento asfáltico, la losa de concreto para mejorar el ajunte de las aguas y proteger la losa de concreto del daño.
Juntas de Expansión	Las juntas de expansión cubren las brechas del pavimento entre la viga y el bastión para proveer una transición sutil desde la carretera de aproximación al puente y para poder proteger los apoyos y las vigas de debajo de la losa del agua que se filtra a través de la brecha en el pavimento al usar juntas de tipo drenable.
Apoyo	Existen los apoyos para el peso muerto de la estructura y la carga viva y para transferir estas cargas a la subestructura.
Baranda	La baranda se coloca en ambos lados del borde de la losa para prevención.

1) Pavimento Asfáltico

El pavimento asfáltico es un material de pavimento común para las carreteras en la parte del puente y de la superficie sobre la vía excepto el área especial cerca del tollgate. La mayoría de los puentes en Costa Rica no han pavimentado con pavimento asfáltico y el grosor de ½" de la parte superior de la losa de concreto se incrementa como una cubierta de concreto en el diseño. Sin embargo, la superficie de la losa de concreto se ha dañado/deteriorado por la pesada carga de tráfico o las condiciones severas del clima. Las grietas de concreto no paran en la capa de la cubierta y se extienden a la capa diseñada para el grosor efectivo de la losa. Algunos puentes han sido pavimentados con concreto asfáltico en la parte superior de la losa. Pero, estos pavimentos asfálticos se han dañado y las condiciones de la superficie son muy malas debido a la falta de mantenimiento.

Por lo tanto, se propone pavimentar la losa del puente existente con concreto asfáltico con un grosor de 50mm, inclusive el puente tiene la capa de cubierta de concreto como parte de la losa de concreto. Para los puentes que ya están pavimentados el pavimento asfáltico deberá ser reemplazado deberá ser repavimentado con impermeabilizante para proteger la losa.

2) Impermeabilización de la losa

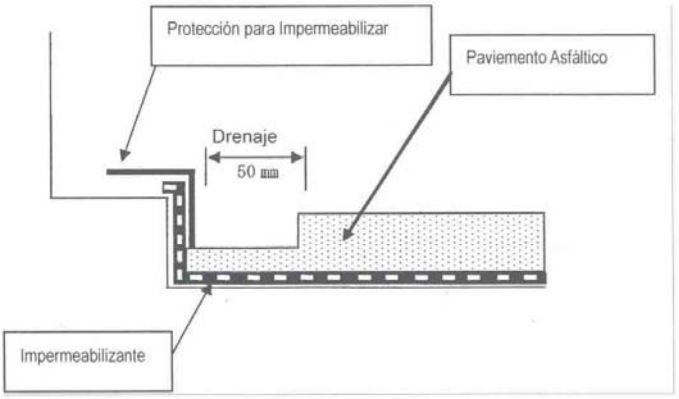
(1) Generalidades

Incluso cuando la losa de concreto este pavimentada por concreto asfáltico, existe la posibilidad de que la losa se deteriore por corrosión en el acero de refuerzo o deterioro en el concreto por la penetración de agua desde la superficie del pavimento. En especial la losa alrededor de soportes intermedios en puentes continuos, donde está la parte a tensión de la dirección longitudinal del puente y las partes de conexión de concreto prefabricado, ya que estos son los puntos débiles de las filtraciones de agua. Por lo tanto se propone ejecutar la impermeabilización de la losa para protegerla.

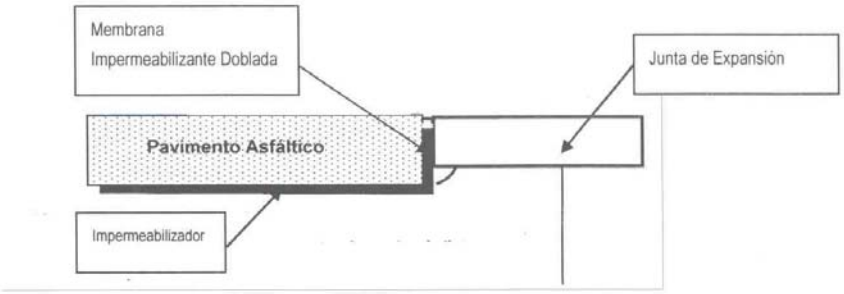
Hay dos tipos de sistemas de membranas impermeabilizantes de losas de puente como los siguientes:

Membrana Auto-Adherida	:	Esta es una membrana de refuerzo de poliéster de alta resistencia con componentes de hule/bituminosos, la cual se aplica en frió.
Membrana impermeabilizante liquida	:	Este es un compuesto de dos componentes, que son mezclados simplemente en el campo para producir una mezcla viscosa la cual trata la membrana impermeable elastomérica.

La membrana impermeable debe doblarse en el borde y se deben de proveer en los bordes y los drenajes al borde de la vía, como se muestra en la Figura 11.4.1



(a) Al borde de la Vía



(b) En la Junta de Expansión

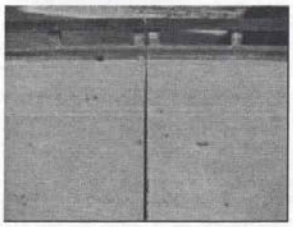
Figura 11.4.1. Detalle de Impermeabilización

3) Junta de Expansión

En algunos de los puentes no existen juntas de expansión y el borde de la losa de concreto se protege con un miembro de acero. Como la mayoría de las juntas de expansión se encuentran rotas y el concreto asfáltico en la junta se muestra en la Figura 11.4.2. La filtración de aguas a través de estas juntas causan el deterioro de los apoyos y las vigas debajo de la junta.

Se propuso que todas las juntas de expansión incluyendo las protecciones de la losa de concreto sean reemplazadas por juntas nuevas, que puedan proteger de la filtración de aguas a través de la junta.

(a) Junta de Expansión Rota



(b) No hay Junta de Expansión

Figura 11.4.2. Condición de las Juntas de Expansión

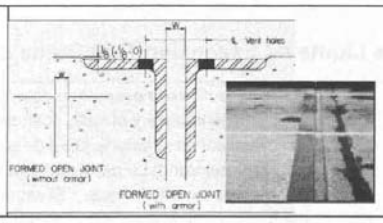
(2) Tipo de Junta de Expansión

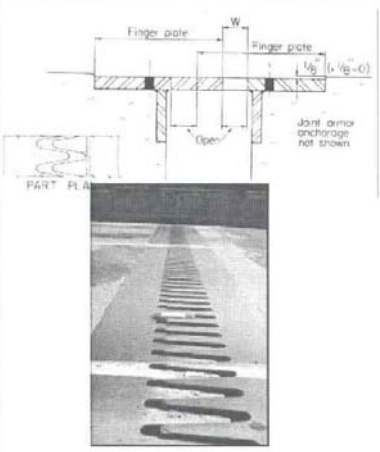
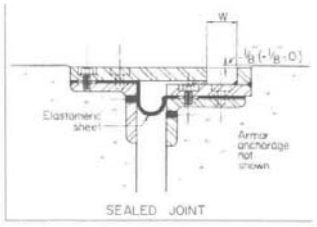
Hay muchos tipos de juntas de expansión para el grosor de expansión requerido, Se pueden clasificar en dos tipos basados en el drenaje del sistema de la junta.

a) Juntas Abiertas

Las juntas abiertas permiten el paso del agua y los escombros de la superficie de la losa a través de la junta. Los dos ejemplos de juntas abiertas se muestran en la Tabla11.4.2.

Tabla 11.4.2. Juntas Abiertas (Juntas de Expansión Tipo Drenadotas)

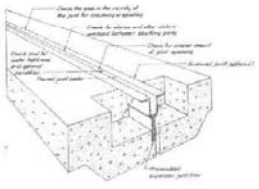
Junta Moldeada		- Se usan en los puntos de apoyo fijos con una pequeña brecha de la losa. - Se usan para losas de concreto sin pavimentar. - El borde del concreto de la losa y la pared del parapeto se refuerzan con los ángulos de acero.

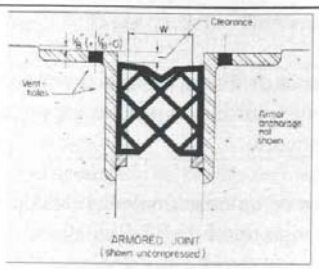
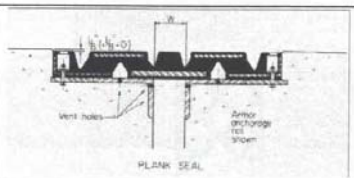
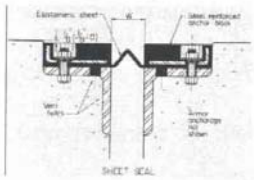
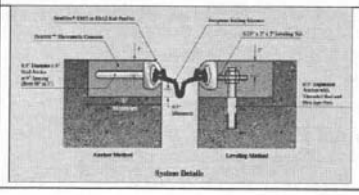
Juntas de Placas Dentadas		- La junta de placa dentada, consiste en dos placas de acero con dientes entrelazados. Estas juntas se encuentran usualmente en puentes de tramos largos donde se requiere de expansiones grandes. - Las juntas de placas dentadas son usadas para acomodar movimientos de 100 a mas de 600mm. - Algunas veces se colocan canales debajo de las juntas abiertas de placa dentada para proteger de la filtración del agua a través de la junta. - Hay dos tipos de juntas de placas dentadas, juntas de placas dentadas en voladizo y placas dentadas soportadas. Las placas dentadas en voladizo cuando se requiere de relativamente poco ancho de expansión y las placas dentadas soportadas se usan en largos tramos. - Algunos tipos de placas dentadas son segmentadas y permiten el reemplazo si es necesario
Junta de Placa Deslizante		- Una junta de placa deslizante esta compuesta de dos placas que se deslizan una por encima de otra - La junta de placa deslizante es usualmente no impermeable e intenta sellar la junta, algunas veces se usa una lamina elastomérica para llevar el agua a los lados de la losa (ver figura) - Esta lámina se adjunta entre las placas en las juntas. La placa se puede acomodar de manera que de un movimiento máximo de 100mm (4 pulgadas).

b) Juntas Cerradas

Las juntas cerradas están diseñadas de manera que el agua y escombro no pasen a través de la superficie de la losa y para proteger la viga y la subestructura debajo de la junta del deterioro debido al agua y los escombros. La Tabla 11.4.4. muestra las ejemplos típicos de juntas cerradas.

Tabla 11.4.3. Juntas Cerradas (Junta de Expansión Tipo Drenaje)

Junta de Sello acanalado		Una junta de sello acanalado esta hecha de dos materiales la base y el sello acanalado. La base consiste en una junta de expansión de relleno mejorada. La parte superior de es 25 a 50mm del tope de la losa. El espacio restante de la junta consiste en el canal sellador que es separado de la base por una barra de sostén. Dado a que la junta de sello acanalado se puede acomodar para movimientos de 6mm es usual encontrarla en estructuras de tramos cortos.

Sellos de compresión		- Un sello de compresión consiste en formas rectangulares de neopreno con sección transversal perforada (ver figura) El diseño perforado permite el sello de compresión y su recuperación después de la expansión o contracción. - Los sellos a compresión pueden tener angulares de acero para el acomodo con las losa y el parapeto - Estos sellos vienen en variedad de tamaños y a menudo se clasifican por su capacidad de movimiento máximo. -Un sello de compresión largo puede acomodad un movimiento máximo de aproximadamente 50mm
Sellos Elastoméricos prefabricados (Sellos Tablón)		- Un sello Tablón consiste en refuerzo de neopreno que da soporte a las ruedas de los vehículos sobre la junta. Este tipo de sello es apernado a la losa y es capaz de acomodar movimientos de 50 a 330mm
Sellos Elastoméricos prefabricados (Sellos de Lámina)		- Un sello de lámina consisten en dos bloques de acero reforzado con neopreno. Esta junta puede acomodar movimientos de aproximadamente 100 mm.
Sellos Elastoméricos prefabricados (Sellos Descubiertos)		- Un sello descubierto consiste en dos anclajes de acero acanalados dentro de la losa y parapeto. Un sello de neopreno se ajusta dentro de los surcos del tramo. Esta junta puede acomodar un movimiento máximo de aproximadamente 100mm

(3) Instalación

Para la losa existente que no cuenta con pavimento asfáltico, existirá 5 cm de distancia entre la nueva superficie del pavimento y la junta de expansión existente. La junta de expansión deberá a una posición de 5 cm más alta con el concreto.

La Figura 11.4.3 ofrece un ejemplo de la posición de colocación de la junta de expansión para el puente de viga de acero simple o el puente de viga tipo I de PC.

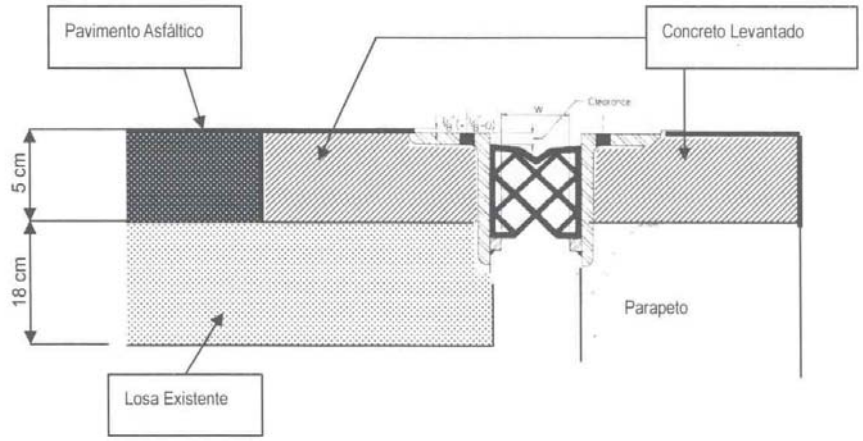


Figura 11.4.3. Ejemplo de Método para Fijar Nuevas Juntas de Expansión

11.5 Sistema de Prevención de Colapso del Puente

11.5.1 Desempeño Sísmico

El sistema de prevención de colapso del puente se deberá de seleccionar para tomar en consideración el nivel de desempeño sísmico, que será decidido con base en la importancia del puente. Hay dos niveles para el desempeño objetivo del diseño sísmico. El nivel básico de desempeño sísmico es un instrumento de seguridad para la fuerza sísmica y el segundo nivel es un tipo de servicio después de que ocurra un terremoto. Este desempeño de servicio es que el puente sea abierto al tráfico para evacuación, operación de rescate y ruta de transporte para servicios médicos y para enviar ayuda a las víctimas.

La Tabla 11.5.1 muestra el nivel de desempeño sísmico

Tabla 11.5.1. Nivel de Desempeño Sísmico

Desempeño Sísmico -1	El desempeño de seguridad de la estructura del puente en contra de la carga de terremotos, la cual se evalúa como la capacidad de carga y la estabilidad para la fuerza sísmica.
Desempeño Sísmico -2	El desempeño del servicio para mantener el mismo desempeño para el tráfico que había desde antes del terremoto. Para evitar la interrupción del tráfico, incluso cuando ocurre un desplazamiento grande entre la superestructura y la subestructura. Para prevenir el colapso de la viga o transformar y prevenir la colocación de la superficie del puente.

Todos los 10 puentes seleccionados en las rutas más importantes en Costa Rica. Se requiere mantener una ruta hasta después del terremoto y el sistema de prevención de colapso de puentes para puentes que fueron diseñados para satisfacer el desempeño-2.

11.5.2 Concepto Básico de Sistema de Prevención para Colapso de Puentes

1) Componentes del Sistema de Prevención para Colapso de Puentes

El sistema de prevención consiste en la longitud de asiento de la viga en el soporte, la conexión de la viga, limitando el desplazamiento excesivo de la estructura, las estructuras para la prevención del asiento de la superestructura se muestran en la Tabla 11.5.2.

Tabla 11.5.2. Componentes del Sistema de Prevención para Colapso de Puentes

Componentes	Explicación
Longitud de Asiento de Viga	Al mantener suficiente longitud desde el final de la viga al borde de la subestructura para prevenir el colapso de la viga.
Conexión de las Vigas	Prevenir el colapso de la viga más allá del asiento Crear un sistema complementario para el asiento y una estructura segura contra el derrumbe. Trabaja antes de que se mueva la viga más allá del asiento.
Estructuras que limitan el desplazamiento excesivo	Para evitar un gran desplazamiento de la viga después de que se daña el apoyo.
Prevención de la colocación de la Viga	Para prevenir que la viga se encaje después de que el apoyo se dañe. Para evitar la diferencia a nivel de la carretera.

(2) Diseño del Sistema de Prevención

Los componentes del sistema de prevención para el colapso de puentes deben ser seleccionados tomando en consideración con las condiciones estructurales tales como tipo del puente y condición de apoyo. Los puntos claves del diseño del Sistema de Prevención de Asiento se muestran a continuación

- en consideración de la secuencia de trabajo, características estructurales y capacidad de movimiento permitida de cada estructura de prevención.
- La relación de capacidad de movimiento entre cada estructura de prevención se

muestra a continuación.

Soporte < Estructura Limitadora de Desplazamiento Excesivo
<Conexión de la Viga < 75% Longitud de Asiento de la Viga

- La capacidad de movimiento de cada estructura de prevención deberá ser la misma que en la línea de apoyo.
- Los errores de fabricación se pueden arreglar en el sitio.
- Las diferencias de escala y tipo entre las vigas adjuntas. El sistema de conexión de la viga no se aplica en caso de que la diferencia de las fuerzas de reacción entre las vigas adjuntas sea más de 2 veces, o la diferencia del periodo natural en el diseño de la unidad de vibración sea más de 1.5 veces.

11.5.3 Metodología de Diseño de Sistema de Prevención para el Colapso del Puente

1) Longitud de Asiento de Vigas

(1) Longitud de Asiento Requerida

La longitud de asiento SE de la viga en el apoyo se muestra en la Figura 11.5.1. Y la longitud necesitada debe ser calculada de acuerdo con la siguiente Formula la cual se obtuvo del "Estándar Japonés para Puentes de Carreteras No.V"

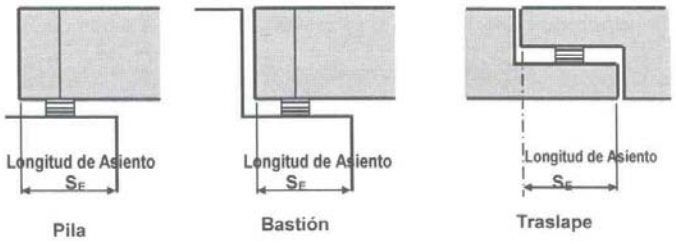


Figura 11.5.1. Longitud de Asiento para Vigas

$$S_E = 0.7 + 0.005L$$

donde

S_E : Longitud de Asiento (m)
L : Distancia entre subestructuras afectadas en la longitud de asiento (m)

La longitud L es la distancia del punto fijo de la viga al punto del objeto como se muestra en la Figura 11.5.2

Cuando la dirección actuante de la presión de tierra en la subestructura no es la misma que la dirección longitudinal al eje del puente, como en puentes desfasados o puentes curvados, se deberá medir la longitud de asiento en el soporte en la dirección en la que se da la menor distancia entre el fin de la viga y el tope con el borde de la subestructura como se muestra en la Figura 11.5.3.

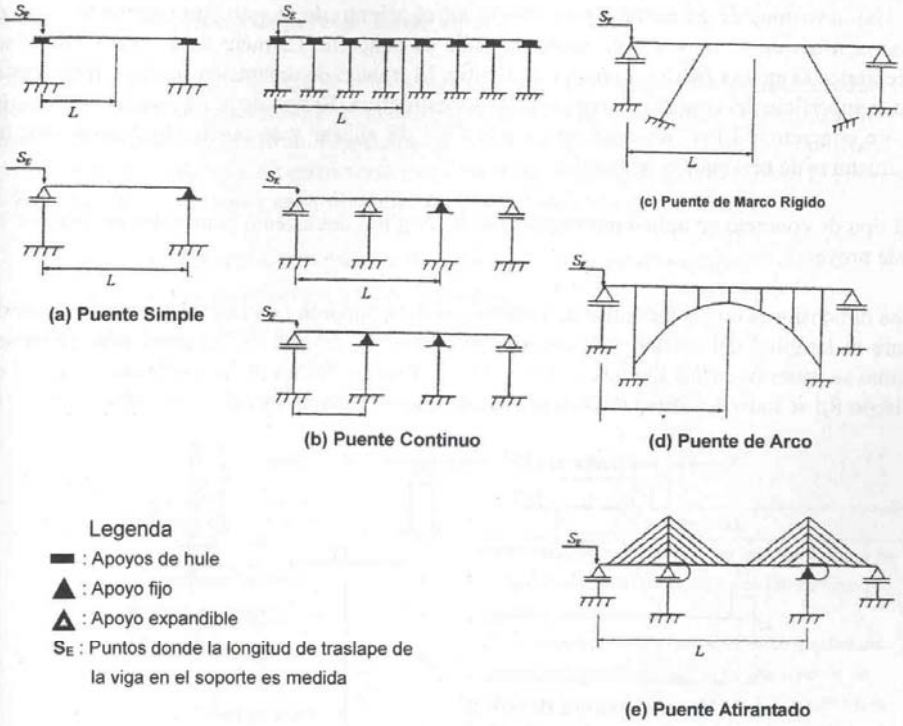


Figura 11.5.2. Distancia para calcular la Longitud del asiento

Calcular la longitud de asiento

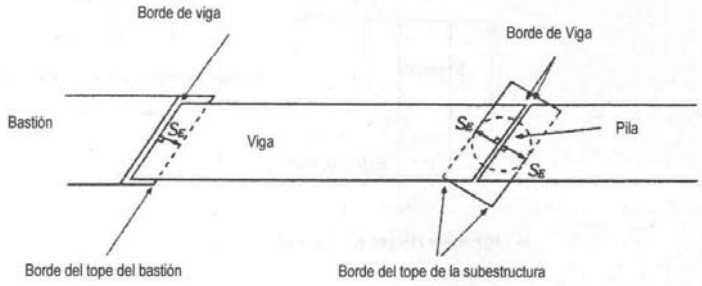


Figura 11.5.3. La longitud de asiento para un puente sesgado

(2) Estructura para ensanchar la Longitud del Asiento

Hay dos tipos de estructuras para ensanchar el asiento de la estructura existente. Uno es una ménsula de acero y la otra es una ménsula de concreto. La ménsula de acero deberá ser prefabricada en una fábrica y reparar en el sitio. El trabajo de reparación no es fácil de ajustar en la superficie del concreto existente de la subestructura. El tipo de acero es más costoso que el de concreto. El tipo de concreto es más fácil de ajustar y se puede hacer junto con las estructuras de prevención requeridas.

El tipo de concreto se aplicó para ensanchar la longitud del asiento para todos los puentes en este proyecto.

Las dimensiones de las ménsulas de concreto se determinaron con base en el ancho requerido para la longitud del asiento y el tamaño del apoyo, de acuerdo a los estándares japoneses como se muestra en las Figuras 11.5.4 y 11.5.5. Para el diseño de las ménsulas, la carga de diseño Rd se toma 1.5 veces de la carga muerta que actúa en el apoyo.

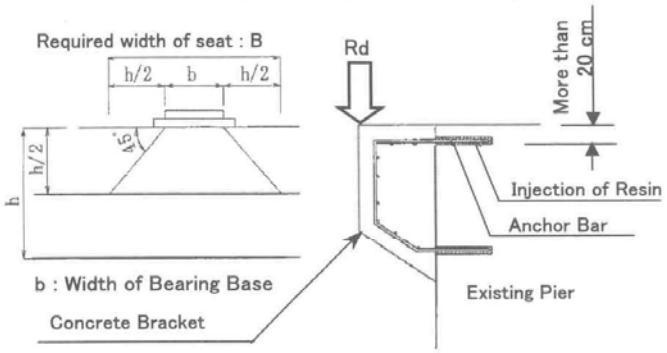


Figura 11.5.4. Dimensiones Requeridas de las Ménsulas de Concreto

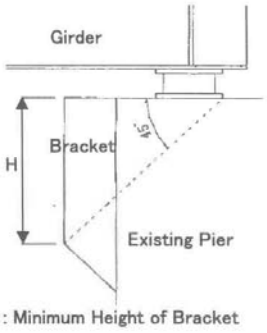


Figura 11.5.5. Altura Minima de Ménsula

2) **Conexión de la**

Viga

(1) Tipos de estructuras de prevención de asiento

El sistema de conexión de la viga se coloca para prevenir el colapso de las vigas directamente. Deberá de trabajar después de que el apoyo y las estructuras que limitan el desplazamiento excesivo se rompen por el sismo. El sistema de conexión no deberá molestar los momentos y la rotación de los apoyos y las estructuras que limitan el desplazamiento excesivo. El sistema de conexión de la viga puede estar dividido en los siguientes tres tipos:

- Estructura protuberante colocada en la superestructura y subestructura.
- Estructura conectando la viga y la subestructura.
- Estructuras para la conexión de dos vigas

a) Los detalles de cada tipo se muestran de la Tabla 11.5.3 a la 11.5.58

Tabla 11.5.3 Estructura Protuberante

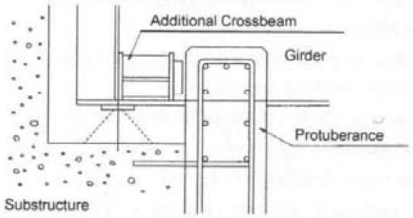
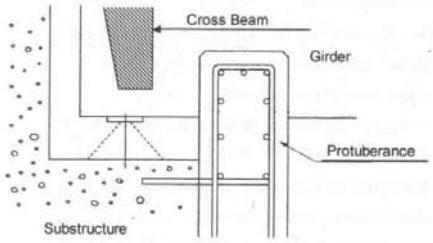
Contorno de la Estructura	Característica
 a) En el Caso de Puente de Acero  b) En el caso de Puente de Concreto	-Una protuberancia del lado de la subestructura es una estructura de concreto fijada por pernos de anclaje -En la superestructura lateral se debe instalar un diafragma adicional entre las vigas o poner un diafragma al final y fijarlo con H.T.B. o soldadura -Donde una subestructura tiene espacio suficiente en el tope de la protuberancia de la estructura se debe instalar en el tope. -Una protuberancia se debe de unir con la ménsula de concreto para ensanchar el asiento.

Tabla 11.5.4 Estructura para conectar la viga a la subestructura

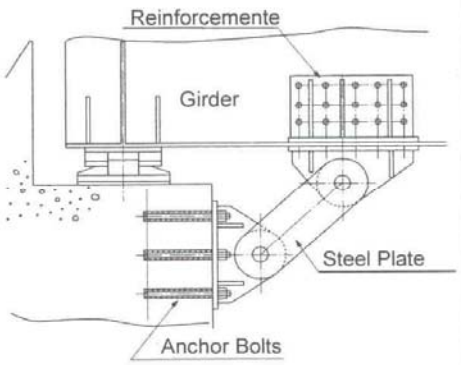
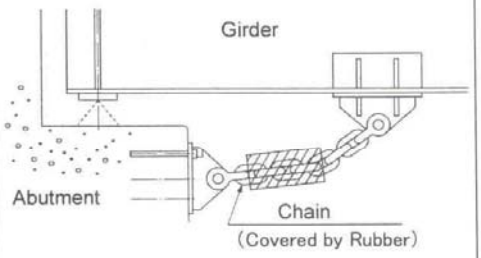
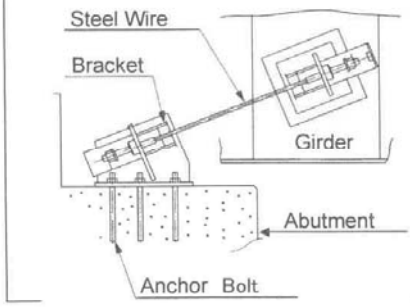
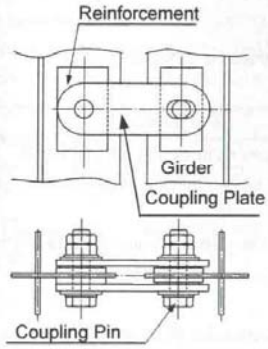
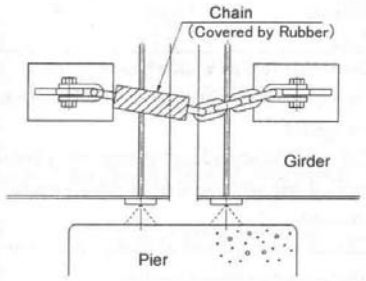
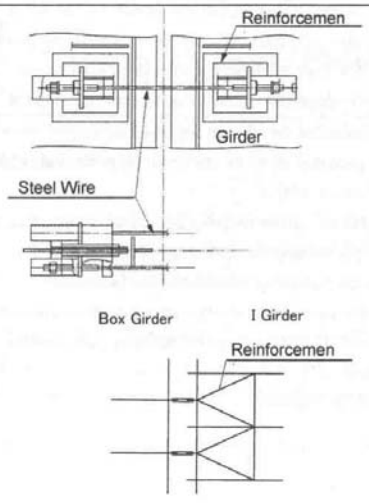
Contorno de la Estructura	Característica
	-No aplica para movimientos grandes de la superestructura. - No puede resistir el moviendo de la dirección transversal. -Este tipo de estructura no puede absorber el impacto de terremotos. -Se necesita refuerzo en la viga. -Aplica en estructuras sin obstáculos cerca del final del diafragma -En la subestructura se debe fijar una ménsula por medio de pernos de anclaje, o en la superestructura se debe fijar una ménsula usando H.T.B. -Dado a que el perno de anclaje es en dirección horizontal la marca de los huecos para perforación no es fácil.
	- Aplica para grandes movimientos de la superestructura. -Aplica para la subestructura con suficiente espacio en la parte superior -Aplica para la estructura con obstáculos cerca del final del diafragma. -Este tipo de estructura puede absorber el impacto de la fuerza por terremoto. -Se necesita refuerzo de la viga - Permite el movimiento en todas las direcciones -Errores de fabricación se pueden asimilar en la etapa de construcción. -Se necesita que la cadena se cobra con hule.
	- Aplica para grandes movimientos de la superestructura. - Cuando hay ciertos obstáculos rodeando el diafragma se puede instalar. - Este tipo de estructura puede absorber el impacto por la fuerza del terremoto. - Permite el movimiento en todas las direcciones -Se necesita refuerzo del alma de la viga. -Se necesita tratamiento de protección a la corrosión -Se necesita ajustar la longitud del cable de acero -Errores de fabricación se pueden asimilar en la etapa de construcción.

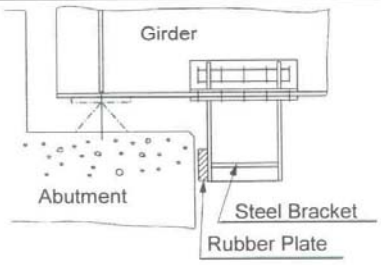
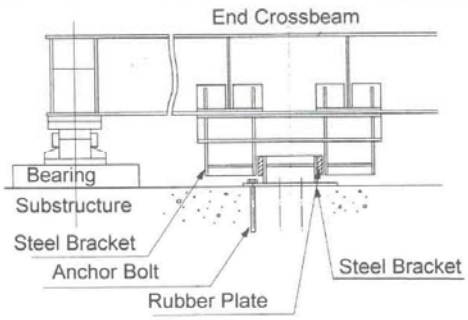
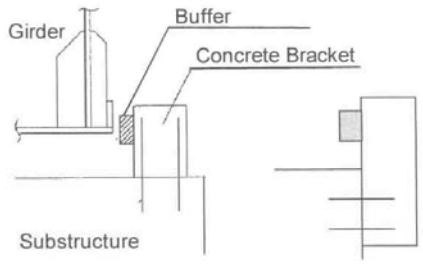
Tabla 11.5.5 Estructuras para conectar las dos vigas

Contorno de la Estructura	Caracteristica
	- Aplica sólo para movimientos pequeños - Aplica para la subestructura con suficiente espacio en la parte superior. - No puede resistir el movimiento de la dirección transversal. -Este tipo puede restringir la deformación por temperatura o carga viva como el movimiento o rotación del apoyo - Este tipo de estructura no puede absorber el impacto por terremoto. - Este tipo de estructura puede absorber el impacto por terremoto. -La exactitud de la administración se requiere dado a la dificultad de asimilar el error de fabricación en la etapa de construcción
	- Aplica en grandes movimientos de la superestructura - Esta disponible en casos en los que no hay es suficiente espacio en el tope de la subestructura - Cuando hay ciertos obstáculos rodeando el diafragma se puede instalar. - Este tipo de estructura puede absorber el impacto por terremoto. - Se necesita refuerzo de la viga - Permite el movimiento en todas las direcciones - Errores de fabricación se pueden asimilar en la etapa de construcción. -Se necesita cubrir la cadena con hule.
	- Se puede aplicar cuando hay grandes movimientos en la superestructura. - Cuando hay ciertos obstáculos rodeando el diafragma se puede instalar. - Este tipo de estructura puede absorber el impacto por terremoto. - Permite el movimiento en todas las direcciones - Se necesita refuerzo del alma de la viga - Se necesita tratamiento de protección a la corrosión -Se necesita ajustar la longitud del cable de acero - No puede conectar las vigas, donde los ejes de la viga no tienen la misma posición. - Errores de fabricación se pueden asimilar en la etapa de construcción. -Se requiere de chequeo de la posición del cable de acero o hueco de penetración para evitar la interferencia con otro miembro

2) Estructuras limitadoras de Desplazamiento Excesivo

Los detalles de la estructura que limitan el desplazamiento excesivo se muestran en la Tabla 11.5.6

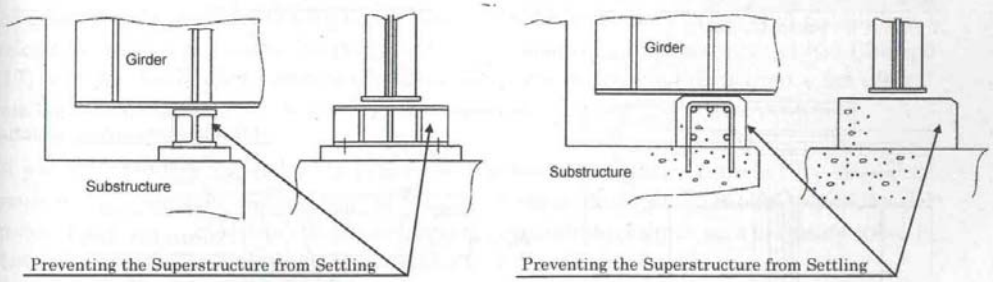
Tabla 11.5.6 Estructura que limita el desplazamiento excesivo

Contorno de la Estructura	Característica
	-Esta estructura es instalada para limitar el movimiento en la dirección longitudinal al eje del puente. -Con el fin de absorber el impacto de la fuerza sísmica una placa de hule se debe fijar a la ménsula -La ménsula debe fijarse con H.T.B. a la viga - Se necesita refuerzo en la viga.
	- Esta estructura es instalada para limitar el movimiento en la dirección longitudinal al eje del puente. - Con el fin de absorber el impacto de la fuerza sísmica una placa de hule se debe fijar a la ménsula. - Cuando hay ciertos obstáculos rodeando el diafragma no se puede instalar. -Se requiere revisar la posición del soporte. - Se debe fijar una ménsula con H.T.B. en la viga y un freno se coloca en la subestructura con pernos de anclaje en la subestructura - Se necesita refuerzo en la viga transversal.
	-Se debe de colocar un freno de tipo protuberancia de concreto en la subestructura con anclajes. -No es suficiente para colocarse en el lado o la parte superior de la subestructura - Se puede instalar dentro de la viga -No es necesario adjuntar ninguna estructura en la viga (fácil construcción y más barato)

4) Estructuras para Evitar el Asentamiento de la Superestructura

La estructura para prevenir el asentamiento de la superestructura mantiene la diferencia e nivel de la superficie del puente al nivel mínimo para permitir el paso de vehículos de emergencia después del terremoto. La destrucción de los soportes por un terremoto es una de las causas por las que ocurren las diferencias en la superficie. Por lo que. Esta estructura para la prevención es efectiva para los puentes con apoyos altos, si la diferencia es menor a 10cm, no será un obstáculo fatal para el movimiento de vehículos de emergencia. Por lo tanto, esta estructura apoya de manera temporal de la superestructura y deberá ser diseñado para tener suficiente capacidad para apoyar la carga de la superestructura.

La Figura 11.5.6 muestra los ejemplos de la estructura para prevenir el asentamiento de la superestructura.



a) En caso de usar vigas H de acero

b) En caso de usar estructuras de concreto

Figura 11.5.6. Dimensiones Requeridas para la Ménsula de Concreto

5) Refuerzo de Goznes en Puentes en Voladizo

El refuerzo de goznes para puentes en voladizo se puede reforzar normalmente al seguir los siguientes métodos:

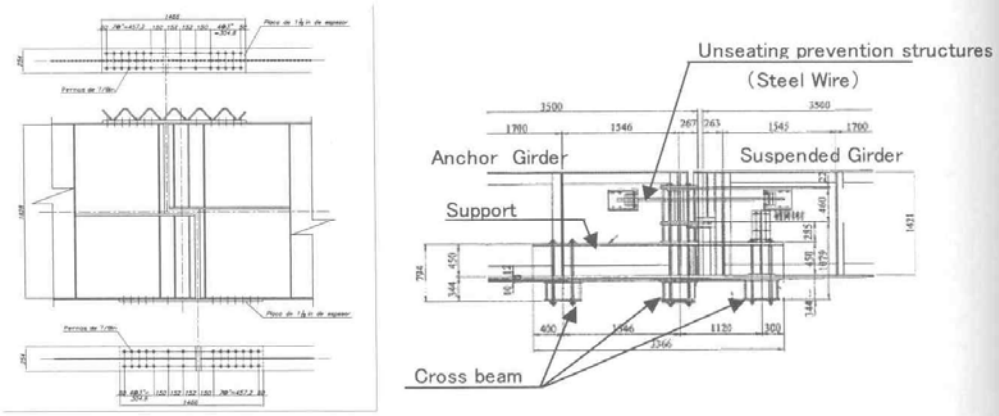
- Continuación de las vigas
- Ensanchamiento de la longitud del asiento
- Conexión de las vigas

La Figura 11.5.7 muestra los ejemplos del refuerzo de los goznes del puente de voladizo. En la Tabla 11.5.7 se comparan estos métodos. El método de continuación de la viga es el método más aplicable sin embargo deberá ser evaluado con base en las características del puente objetivo.

Tabla 11.5.7 Reforzamiento de los goznes en el Puente de Voladizo

	Viga Continua	Longitud de Asiento ancha	Conexión de las Vigas
Desempeño sísmico	A	B	C
Capacidad de Trafico	A	B	B
Mejorar en capacidad de carga	A	B	C
Control de trafico durante la construcción	C	B	B
Mantenimiento después del refuerzo	A	B	C
Grado de Dificultad de ejecución	A	C	B

A: Bueno, B : Medio, C : Bajo



(a)Continuación de la Viga **(b) Ensanchar la Longitud de la Viga**

Figura 11.5.7. Refuerzo del gozne para el puente en voladizo

11.5.4 Condiciones Existentes y Medidas Requeridas

El Puente No. 7 sobre el Río Azufrado es un puente de losa de marco rígido de concreto reforzado y no tiene bastiones por lo que no es requerido estimar el sistema de prevención. En los 9 puentes, excepto en el Puente del Rió Azufrado (7) se estudió el sistema de prevención sísmico para colapso y a continuación se describe la condición existente y medición necesaria en cada puente.

El Puente No. 16 sobre el Río Nuevo y el Puente No. 19 sobre el Río Sarapiquí cambiaron sus condiciones de apoyo para mejorar el desempeño sísmico. El sistema de prevención para colapso de puentes para estos dos puentes se evaluó para mejorar la estructura.

1) Longitud de Asiento de Viga

La condición existente de la longitud del asiento en cada puente y la longitud necesaria del asiento de la viga se muestra en la Tabla 11.5.8. Solamente el puente sobre el Rió Chirripó (17) y el Rió Sucio (20) satisfacen los requerimientos de longitud de asiento y los otros 7 puentes no satisfacen la longitud de asiento requerida.

El puente (19) Rió Sarapiquí es un puente en voladizo con 2 goznes entre la P1 y P2. Para mejorar el desempeño sísmico se concentrarán 2 series de vigas juntas en la porción del gozne. Por lo tanto el sistema de prevención para colapso de puentes para el Puente sobre el Río Sarapiquí se diseñó para un puente mejorado de 3 tramos continuos.

Tabla 11.5.8. Condiciones Existentes y Longitud de Asiento Requerido

Route No.	Bridge No.	Bridge Name	Type of Bridge	Total Length (m)	Member	Suport Condition	Existing Condition					Seat Length			
							Width (m)		Hight (m)	Angle (deg)	Span Length	Required (m)	Existing (m)	Lack Length(m)	Addition (m)
							L	T							
1	2	Rio Aranjues	3 Spans Coninuous Truss Bridge	87.782	A1	M	0.762	9.246	9.373	0	63.4	1.01699	0.6096	0.40739	0.41
					P1	M	1.067	6.858	14.63	0	–	–		–	–
					P2	F	1.067	6.858	14.63	0	–	–		–	–
					A2	M	0.762	9.246	10.72	0	24.38	0.82192	0.6096	0.21232	0.3
	3	Rio Abangares	Single Span Truss Bridge	39.319	A1	F	0.838	10.52	13.41	0	39.32	0.8966	0.5842	0.3124	0.32
					P1	M	1.524	10.21	11.13	0	39.32	0.8966	0.7112	0.1854	0.3
				60.96	P1	M				0	60.96	1.0048	0.7112	0.2936	0.3
					A2	F	0.838	10.26	12.34	0	60.96	1.0048	0.5842	0.4206	0.43
	7	Rio Azfurado	3 Spans Riged Frame RC Deck Slab Bridge	31.394	P1		–	–	–	–	–	–	–	–	–
					P2		–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	12	Rio Puerto Nuevo	Single Span Non Composite Steel I Beam	21.336	A1	F	0.457	9.144	9.154	5.028	–	–	–	–	–
					P1	M	0.914	7.62	16.61	5.028	21.34	0.80668	0.28734	0.51934	0.52
			Single Span Non Composite Steel I Beam	21.336	P1	M				0	21.34	0.80668	0.28734	0.51934	0.52
					P2	F	0.914	7.62	17.53	0	–	–	–	–	–
			Single Span Non Composite Steel I Beam	21.336	P2	F				0	–	–	–	–	–
					P3	M	0.914	7.62	19.05	0	21.34	0.80668	0.28734	0.51934	0.52
			Single Span Composit Steel I Beam	24.384	P3	M				0	24.38	0.82192	0.28734	0.53458	0.54
					P4	F	0.914	7.62	18.14	0	–	–	–	–	–
			Single Span RC Deck Slab Bridge	15.24	P4	M				0	15.24	0.7762	0.31274	0.46346	0.47
					A2	F	0.533	9.042	7.01	0	–	–	–	–	–
	16	Rio Nuevo	3 Spans Coninuous RC Deck Slab Bridge	55.474	A1	M	0.533	9.042	2.613	0	17.07	0.78534	0.4572	0.32814	0.33
					P1	F	–	7.925	8.153	0	–	–	–	–	–
					P2	M(F)	–	7.925	8.153	0	–	–	–	–	–
					A2	M	0.533	9.042	2.613	0	17.07	0.78534	0.4572	0.32814	0.33
4	17	Rio Chirripo	3 Spans PC Box Girder Bridge	175.8	A1	M	1.75	10.9	16.13	0	46.5	0.9325	1.7	-0.7675	–
					P1	Stopper	200	520	15.79	0	–	–		–	–
					P2	Stopper	200	520	15.79	0	–	–		–	–
					A2	M	1.75	10.9	16.13	0	46.5	0.9325	1.7	-0.7675	–
	19	Rio Sarapiqu	3 Spans Steel I Beam Gerbaer Bridge	99.56	A1	M(F)	1.35	8.1	3.34	0	99.56	1.1978	1.1	0.0978	0.3
					P1	M	0.9	8	17.9	0	–	–	–	–	–
					H1	Cont(M)	0.254		0	0	–	–	–	–	–
					H2	Cont(F)	0.254		0	0	–	–	–	–	–
					P2	M	0.9	8	17.9	0	–	–	–	–	–
					A2	F	1.35	8.1	3.34	0	–	–	–	–	–
32	20	Rio Sucio	3 Spans PC Box Girder Bridge	187.25	A1	M	1.5	10.6	20.45	0	55.25	0.97625	1.4	-0.4238	–
					P1	Stoper	5.2	5.2	30.99	0	–	–	–	–	–
					P2	H	1.5	5.2	7.18	0	–	–	–	–	–
	26	Rio Chirripo	6 Spans Continuous Steel I Beam Bridge	399.18	P1	M	0.82	8.9	16.37	0	126.4	1.33195	0.7	0.63195	0.64
					P2	M	1.5	8.9	15.95	0	–	–	–	–	–
					P3	F	1.5	8.9	16.19	0	–	–	–	–	–
					P4	F	1.5	8.9	16.19	0	–	–	–	–	–
					P5	F	1.5	8.9	16.19	0	–	–	–	–	–
					P6	M	1.5	8.9	15.95	0	–	–	–	–	–
					P7	M	0.82	8.9	16.37	0	126.4	1.33195	0.7	0.63195	0.64
			Single Span Non Composite Steel I Beam	15.86	P7	M	0.3	8.1		0	15.86	0.7793	0.3	0.4793	0.48
					A2	F	0.53	10.32	2.99	0	15.86	0.7793	0.43	0.3493	0.35
218	29	Rio Toress	Single Span PC I Girder Bridge	30	A1	F	0.55	11.68	12.63	0.278	30	0.85	0.515	0.335	0.34
					P1	M	1.1	11.1	13.02	0.278	30	0.85	0.515	0.335	0.34
			Single Span PC I Girder Bridge	17	P1	M				0.328	17	0.785	0.45	0.335	0.34
					P2	F	1.1	11.1	9.06	0.328	17	0.785	0.45	0.335	0.34
			Single Span PC I Girder Bridge	17	P2	M			9.06	6.186	17	0.785	0.45	0.335	0.34
					A2	F	0.6	11.87	7.67	6.186	17	0.785	0.45	0.335	0.34

2) Conexión de la Viga

Los tipos de conexión de viga seleccionados para los puentes se muestran en la Tabla 11.5.9 y 11.5.10. La conexión de tipo de cadena para los puentes de acero y el tipo de protuberancia de concreto se aplicó en los puentes de concreto.

Tabla 11.5.9 Conexión de la Viga Seleccionada

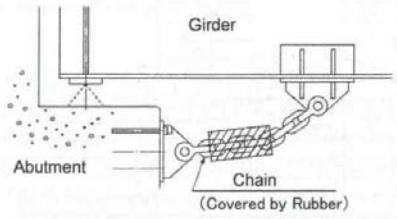
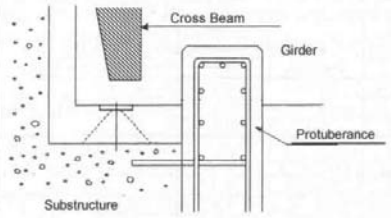
Tipo de puente	Tipo de conexión de la viga	Razón de la selección
Puente de Acero	La Estructura Tipo Cadena conecta a la superestructura con la subestructura 	- No hay suficiente espacio entre la ménsula y el tope de la subestructura - Cuando se emplea una extensión de la estructura se requiere de refuerzo en los finales de la viga transversal. - La construcción y el mantenimiento es fácil en 3 tipos de estructuras para conexión de la superestructura y la subestructura - Este tipo de estructura puede ser aplicada a cualquier tipo de puente - Si se necesita cadena se requiere que este recubierta por hule
Puente de Concreto	Se hace una extensión de la estructura la cual es hecha con concreto en sitio 	-Este tipo de estructura es barata y fácil de construir y mantener - El final del diafragma tiene la capacidad suficiente para resistir la carga e sismo. - Cuando la ménsula de concreto se instala a la viga de concreto se debió haber instalado primero una capa de refuerzo previamente inspeccionada antes de su instalación

Tabla 11.5.10. Tipo de sistema de Prevención de Asiento

Bridge No.	Bridge Name	Type of Bridge	Total Length (m)	Member	Suport Condition	Angle (deg)	0.75SE	Unseating Prevention structure	Limiting Excessive displacement	
									Longitudinal	Transversal
2	Rio Aranjues	3 Spans Coninuous Truss Bridge	87.782	A1	M	0	0.77	N/A	N/A	Concrete Block(1.0*0.25*0.65) inside of girder
				P1	M	0	–	N/A	N/A	Concrete Block(1.0*0.6*0.75) inside of girder
				P2	F	0	–	N/A	N/A	Concrete Block(1.0*0.6*0.75) inside of girder
				A2	M	0	0.62	N/A	N/A	Concrete Block(1.0*0.35*0.65) inside of girder
3	Rio Abangares	Single Span Truss Bridge	39.319	A1	F	0	0.68	Chain type	N/A	Concrete Block(0.4+1.5+1.65) out side of girder
				P1	M	0	0.68		N/A	Concrete Block(0.4*0.7*2.1) inside of girder
			60.96	P1	M	0	0.76		N/A	
				A2	F	0	0.76		N/A	Concrete Block(0.4+1.5+1.8) out side of girder
7	Rio Azfurado	3 Spans Riged Frame RC Deck Slab Bridge	31.394	P1		–	–	N/A	N/A	N/A
				P2		–	–	N/A	N/A	N/A
12	Rio Puerto Nuevo	Single Span Non Composite Steel I Beam	21.336	A1	F	5.028	–	Chain type	N/A	Concrete Block(0.6*0.3*1.0) out side of girder
				P1	M	5.028	0.61		N/A	Concrete Block(0.9*0.3*2.0) between 2nd and 3rd girder
		Single Span Non Composite Steel I Beam	21.336	P1	M	0	0.61		N/A	
				P2	F	0	–		N/A	
		Single Span Non Composite Steel I Beam	21.336	P2	F	0	–		N/A	
				P3	M	0	0.61		N/A	
		Single Span Composit Steel I Beam	24.384	P3	M	0	0.62		N/A	
				P4	F	0	–		N/A	
		Single Span RC Deck Slab Bridge	15.24	P4	M	0	0.59	Concrete block (1.7*1.0*0.3)*2	N/A	
				A2	F	0	–		N/A	Concrete Block(0.6*0.3*1.0) out side of girder
16	Rio Nuevo	3 Spans Coninuous RC Deck Slab Bridge	55.474	A1	M	0	0.59	Concrete block (1.7*1.0*0.3)*2	Concrete block	Concrete Block(0.9*0.4*0.826) out side of girder
				P1	F	0	–	–	–	N/A
				P2	M(F)	0	–	–	–	N/A
				A2	M	0	0.59	Concrete block (1.7*1.0*0.3)*2	N/A	Concrete Block(0.9*0.4*0.826) out side of girder
17	Rio Chirripo	3 Spans PC Box Girder Bridge	175.8	A1	M	0	0.7	N/A	N/A	Already intalled
				P1	Stopper	0	–	N/A	N/A	N/A
				P2	Stopper	0	–	N/A	N/A	N/A
				A2	M	0	0.7	N/A	N/A	Already intalled
19	Rio Sarapiqu	3 Spans Steel I Beam Gerbaer Bridge	99.56	A1	M(F)	0	0.9	Chain type	N/A	Concrete Block(1.0*0.45*1.6) out side of girder
				P1	M	0	–	N/A	N/A	N/A
				H1	Cont(M)	0	–	–	N/A	–
				H2	Cont(F)	0	–	–	N/A	–
				P2	M	0	–	N/A	N/A	N/A
				A2	F	0	–	Chain type	N/A	Concrete Block(0.9*0.4*0.826) out side of girder
20	Rio Sucio	3 Spans PC Box Girder Bridge	187.25	A1	M	0	0.74	N/A	N/A	Already intalled
				P1	Stoper	0	–	N/A	N/A	–
				P2	H	0	–	N/A	N/A	–
26	Rio Chirripo	6 Spans Continuous Steel I Beam Bridge	399.18	P1	M	0	1	Chain type	N/A	Concrete Block(1.35*0.6*1.47) in side of 1st and 4th girder
				P2	M	0	–	–	N/A	–
				P3	F	0	–	–	N/A	–
				P4	F	0	–	–	N/A	–
				P5	F	0	–	–	N/A	–
				P6	M	0	–	–	N/A	–
				P7	M	0	1	Chain type	N/A	Concrete Block(1.35*0.6*1.47) in side of 1st and 4th girder
		Single Span Non Composite Steel I Beam	15.86	P7	M	0	0.59	Chain type	N/A	Concrete Block(0.3*1.5*0.65) outside of 1st and 4th girder
				A2	F	0	0.59	Chain type	N/A	
29	Rio Toress	Single Span PC I Girder Bridge	30	A1	F	0.278	0.64	Concrete block (1.7*1.0*0.3)*2	N/A	Already intalled
				P1	M	0.278	0.64		N/A	
		Single Span PC I Girder Bridge	17	P1	M	0.328	0.59		N/A	
				P2	F	0.328	0.59		N/A	
		Single Span PC I Girder Bridge	17	P2	M	6.186	0.59		N/A	
				A2	F	6.186	0.59		N/A	

3) Estructuras limitadoras de desplazamiento excesivo

El tipo de protuberancia del concreto se seleccionó para la estructura que limita el desplazamiento excesivo en dirección longitudinal y transversal, dado su costo y sus ventajas para el trabajo de construcción con el gozne de concreto para ensanchar la longitud del asiento.

4) Estructuras para Prevención del Asentamiento de la Superestructura

Esta estructura se instalo en el Rió Aranjuez (2), Rió Abangares (3) y Rió Chirripó (26), las cuales tiene soportes altos. El tipo de estructura fue seleccionada por las siguientes razones.

-Es económica
-Es fácil de construir y mantener

El puente No. 3 sobre el Rió Aranjuez es de 3 tramos continuos por lo que generalmente no requiere este tipo de estructura en los soportes expansivos de la pila. Sin embargo el puente tiene un peralte variable de la cercha de la losa por lo que si la viga se cae del soporte por un desplazamiento entre la superestructura y la subestructura, la cuerda superior talvez sufra un daño fatal. Por lo que es preferible instalar esta estructura para todas las subestructuras incluso en la pila P2

5) Refuerzo de los goznes de puentes en Voladizo

El Puente No. 19 sobre el Río Sarapiquí es un puente en voladizo con goznes. Para mejorar el el desempeño sísmico las vigas adyacentes se conectan al gozne.

11.6 Subestructura

La subestructura consiste en una viga transversal y la pila. Entre los 10 puentes, existe una apila en forma T en 4 de los puentes, el Puente No.12 sobre el Río Puerto Nuevo, el Puente No.19 sobre el Río Sarapiquí, el Puente No.26 sobre el Río Chirripó, el Puente No.29.

Una viga transversal deberá ser reforzada para soportar el peso muerto y la nueva carga viva (HS20+25%). Por otra parte la pila de refuerzo se deberá de diseñar para soportar la carga muerta y la nueva carga viva (HS20+25%) pero también las cargas sísmicas. La carga sísmica es la más crítica para la pila.

11.6.1 Método para Reforzar la Subestructura

La Tabla 11.6.1 muestra los ejemplos principales del método de reforzamiento para la viga transversal. Los métodos de reforzamiento para las pilas se muestran el la Tabla 11.6.2. YA que algunos de los métodos de reforzamiento incrementan el peso de la subestructura, se deberá de seleccionar un método tomando en consideración los efectos para la influencia sobre la fundación. Los trabajos de reparación se necesitan ejecutar para las partes dañadas de la estructura.

Tabla 11.6.1. Métodos de Reforzamiento para la Viga Transversal

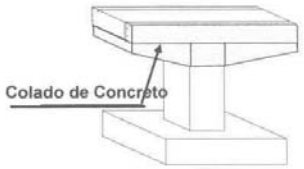
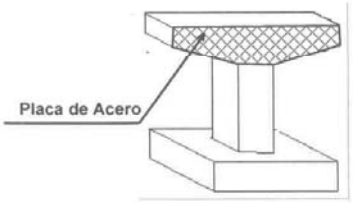
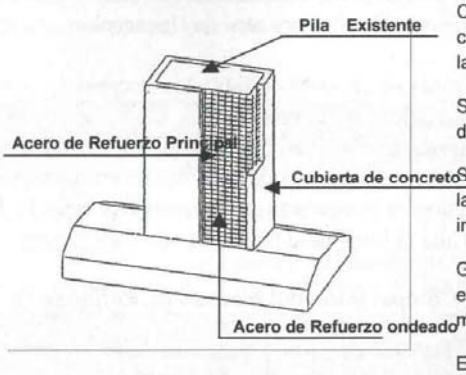
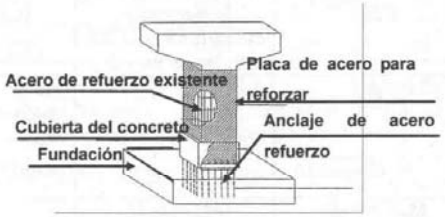
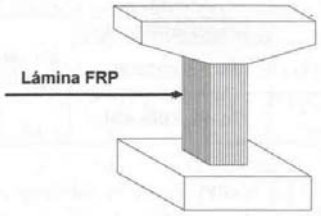
Método de Refuerzo	Figuras	Descripción del Método
Incremento de la Dimensión - Se incrementa la altura y/o ancho del colado del concreto		Al incrementar la dimensión de la viga para que resista el momento se incrementa la fuerza cortante Se incrementan las cargas muertas de la viga Fácil construcción
Introducir el Preesfuerzo -Se arregla el Acero de PC fuera de la viga transversal.		Al introducir el preesfuerzo en la viga, se incrementa el momento de resistencia. La grieta en el concreto cerrará o disminuirá su ancho. ESte método no es efectivo para la resistencia cortante. Se necesita la administración de la ejecución cuidadosa de los trabajos de PC
Reforzar con Material Adicional -Adherencia de la Placa de Acero		Al adherir la placa de acero se incrementa la resistencia cortante. El momento de resistencia no puede incrementar ya que la placa de acero puede adherirse en la parte superior de la viga.

Tabla 11.6.2. Método de Refuerzo para la Pila

Método de Refuerzo	Figuras	Descripción del Método
Incremento de la Dimensión - Cubierta de Concreto		Con la cubierta de concreto en el concreto existente se incrementa la rigidez de la pila. Se incrementa la carga muerta de la subestructura Se necesita prestar atención en la sección del río, debido al incremento de la sección. Generalmente es más económico comparado con otros métodos. El mantenimiento es fácil.
Reforzar con Material Adicional -Placa de Acero -Lámina FRP	 	Al reforzar la pila existente con material adicional, se incrementan la capacidad de resistencia para el momento y la fuerza cortante El material adicional se adhiere con mortero que no se encoge o resina epóxica. Después de adherir el material adicional, es difícil inspeccionar las grietas o el deterioro del concreto existente. La lamina FRP es un material inflamable y se puede deteriorar con los rayos ultravioleta o el ozono La lamina FRP se puede dañar por un accidente automovilístico o por piedras.

11.6.2 Selección del Método de Refuerzo para Subestructuras

Los trabajos de refuerzo para la viga transversal y la pila se realizarán en un espacio pequeño debajo de la superestructura. La mayoría de la de las pilas están ubicadas en el río. Por lo tanto, es importante considerar la condición de la construcción, mantenimiento, método estructural y el costo.

1) Viga Transversal

Entre los 10 Puentes, el Puente No. 12 sobre el Río Puerto Nuevo, el Puente No. 19 sobre el Río Sarapiquí, el Puente No. 26 sobre el Río Chirripó y el Puente No. 29 sobre el Río Torres tienen una pila de tipo T. La Tabla 11.6.3 muestra la comparación del método de refuerzo para la viga transversal considerando las condiciones del sitio y la capacidad de carga de la condición existente. El método de incremento de la sección fue seleccionado por las siguientes razones:

- Este es el método más económico
- Su construcción es más fácil que cualquier otro método
- Es posible inspeccionar la condición del concreto después de reforzar
- Más de 4 puentes se pueden reforzar con este método y el tamaño del ancho es el mismo que la longitud del asiento necesario.

Tabla 11.6.3. Comparación del Método de Refuerzo para la Viga

Método / Ítem		(a) Incremento de la Sección	(b) Introducir el Preesfuerzo	(c) Reforzar con material adicional
Construcción		Fácil	Se necesita una administración de la ejecución cuidadosa para los trabajos de PC	No es tan Fácil (La placa de acero es pesada)
Mantenimiento		Fácil	Fácil	No se puede inspeccionar la condición del concreto ya que la superficie de la placa de acero esta sobre el concreto
Costo		Más barato	Más que (a)	Más que (a)
Periodo		Corto	Más largo que (a)	Más largo que (a)
Característica Estructural	**Momento**	Aplicable	Aplicable	No es aplicable
	Cortante	Aplicable	**No es Aplicable**	Aplicable
Protección		No se necesita	No se necesita	Se necesita protección de la corrosión
Evaluación		**Aplicable Y es el mejor**	**No es Aplicable**	**No es Aplicable**

2) Pila

Entre los 10 puentes, los de pila tipo cilindro son el Puente No. 12 sobre el Río Puerto Nuevo (D=1.8m), puente No.20 sobre el Río Sucio (D=5.2m), y el Puente No.29 sobre el Río Torres (D=1.5m). Las pilas de los otros puentes son de pared o de elipse con un espesor longitudinal de 2m.

La Tabla 11.6.4 muestra la comparación del método de refuerzo para la pila en consideración de las condiciones del sitio existentes y la capacidad de carga. El método de cubierta de concreto se seleccionó por las siguientes razones:

- El método más económico es el de cubierta de concreto
- Entre los 10 Puentes, el promedio de bloqueo más alto para el área del río es de 7% en el Río Puerto Nuevo, en otro puente es de alrededor de 5%. A pesar de que el ancho de la pila es de 50cm con la cubierta de concreto, el promedio

de bloqueo es de un 1% a un 2%. Por lo tanto este método no afecta el flujo del río.

- Este método es el mismo que el trabajo de concreto normal, así que su construcción es más fácil que otros métodos.
- Es posible inspeccionar la condición del concreto después del refuerzo.

Tabla 11.6.4. Comparación del Método de Refuerzo para la Pila

Método / Item	Cubierta de Concreto	Placa de Acero	Lámina FRP
Construcción	Fácil (Trabajos generales de la estructura de concreto)	No tan fácil (La placa de acero es pesada)	Fácil (material liviano)
Mantenimiento	Fácil (Trabajos generales de la estructura de concreto)	No puede inspeccionar la condición del concreto, ya que la placa de acero tiene una superficie de concreto.	
Costo	Más barato	Alto	Más alto
Periodo	Largo	Medio	Corto
Influencia sobre el flujo del río	Incremento del espesor de 50cm no afecta tanto la corriente del río (el promedio de bloqueo es de 6% a 9%)	Ninguna	NInguna
Protección	No se necesita	Se necesita protección contra la corrosión	Protección para rayos ultravioleta y ozono Protección para piedras arrastradas por el río
Evaluación	**Aplicable y mejor**	**Aplicable**	**No aplica**

11.6.3 Metodología para Diseño de Refuerzo de Viga y Pila

El método de incremento de la sección se seleccionó para reforzar la viga transversal y la pila. El método de diseño del factor de carga de acuerdo a AASHTO se aplicó al diseño para el refuerzo de la subestructura.

La capacidad de carga para las vigas se puede verificar por composición del promedio de la resistencia a la fuerza trabajando debido a la carga muerta en la dimensión original, y el promedio de la resistencia debido a la fuerza trabajando debido al peso incrementado y a la nueva carga viva (HS20+25%) o la carga sísmica en la sección incrementada.

$$\frac{Muo}{\phi Mo} + \frac{Mua + Mue}{\phi Mm} \leq 1.0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (11.6.1)$$

$$\frac{Vuo}{\phi Vo} + \frac{Vua + Vue}{\phi Vm} \leq 1.0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (11.6.2)$$

$$\frac{Nuo}{\phi No} + \frac{Nua + Nue}{\phi Nm} \leq 1.0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (11.6.3)$$

Donde:

:

Muo (Vuo,Nuo)	:	Momento Flexionante (Fuerza Cortante, Fuerza Axial) causado por la carga muerta original
Mua (Vua,Nua)	:	Momento Flexionante (Fuerza Cortante, Fuerza Axial) causado por carga muerta adicional
Mue (Vue,Nue)	:	Momento Flexionante (Fuerza Cortante,) causado por cargas de sismo o nuevas cargas vivas
φMo (φVo,φNo)	:	Momento Resistente de Diseño (fuerza cortante) para sección original
φMm(φVm,φNm)	:	Momento Resistente de Diseño (fuerza cortante) para sección modificada (Sección Original + Sección Reforzada)

11.6.4 Condición Existente y Condición después del Refuerzo

1) Viga Transversal

El puente No. 12 sobre el Río Puerto Nuevo, el puente No. 19 sobre el Río Sarapiquí, el puente No. 26 sobre el Río Chirripó y el Puente No. 29 sobre el Río Torres tienen una viga transversal. La Tabla 11.6.5 muestran los resultados de la verificación de la capacidad de carga para carga viva incrementada (HS20+25%). Tres de los 4 puentes, excepto el puente sobre el Río Sarapiquí necesitan reforzar la viga transversal para la carga viva incrementada.

Para el Puente sobre el Río Puerto Nuevo y el Puente Torres, la capacidad de carga para el momento de flexión es crítica, y estos puentes necesitan ensanchar la viga para mantener la longitud del asiento de la viga en el apoyo. Por otra parte, la fuerza cortante es crítica en el Puente Chirripó, se puede reforzar al incrementar el ancho de la viga con el stirup (tamaño del acero de refuerzo #6, 14 cm).

La Tabla 11.6.6 muestra las condiciones después del refuerzo por el método de incremento de la sección

Tabla 11.6.5. Capacidad de Carga de la Viga Cabezal

Bridge Name		Member	Original Condition													
			Size		Dead		Unseat Prevention		Live Load		Dead+Live		φMo	φVo	φMo/Muo	φVo/Vuo
			B	H	Mud	Vud	Mud'	Vud'	MuL	VuL	Muo	Vuo				
12	Rio Puerto Nuevo	P2	91.44	182.88	78.72	58.31	24.921	18.733	162.95	80.05	266.59	157.09	464.8	239.5	1.74	1.52
		P3	91.44	182.88	83.16	61.56	24.921	18.733	357.18	80.82	465.26	161.11	464.8	239.6	1.00	1.49
		P4	91.44	182.88	87.24	64.55	24.921	18.733	346.12	78.32	458.28	161.60	464.8	239.6	1.01	1.48
		P4(G1)	91.44	122.00	31.05	24.08	0	0	96.96	39.16	128.01	63.24	282.5	150.4	2.21	2.38
19	Rio Sarapiqui	P1	90.00	180.00	229.63	189.19	0	0	198.13	97.84	427.76	287.03	481.8	216.2	1.13	0.75
		P2	90.00	180.00	229.63	189.19	0	0	198.13	97.84	427.76	287.03	481.8	216.2	1.13	0.75
26	Rio Chirripo	P3	150.00	244.00	217.02	126.07	0	0	343.17	144.14	560.19	270.21	825.3	285.5	1.47	1.06
		P4	150.00	244.00	238.64	137.75	0	0	383.00	160.87	621.64	298.62	825.3	285.5	1.33	0.96
29	Rio Torres	P1	110.00	220.00	286.00	94.47	59.93	27.52	723.34	160.74	1069.3	282.73	1067.4	435.4	1.00	1.54
		P2	110.00	220.00	182.26	64.01	59.93	27.52	692.75	153.94	934.94	245.47	713.8	237.4	0.76	0.97

Tabla 11.6.6. Capacidad de Carga de la Viga Transversal después del Refuerzo

			Required Size		Aditional Section		Evaluation					
							(1) Original Condition		(2) After Reinforce		(1)+(2)	
			B	H	φMA	φVA	Mud/φMo	Vuo/φVo	MuL/φMA	VuL/φVA		
12	Rio Puerto Nuevo	P2	195.44	182.88	638.44	404.46	0.38	0.20	0.55	0.20	0.93	0.40
		P3	195.44	182.88	638.44	404.56	0.42	0.22	0.56	0.20	0.98	0.42
		P4	195.44	182.88	638.44	404.67	0.51	0.27	0.54	0.19	1.05	0.46
26	Rio Chirripo	P4	210.00	244.00	1007.01	688.86	0.49	0.73	0.38	0.23	0.87	0.96
29	Rio Torres	P1	178.00	220.00	1563.54	517.25	0.46	0.33	0.46	0.31	0.92	0.64
		P2	178.00	200.00	1159.68	441.80	0.45	0.37	0.60	0.35	1.04	0.72

2) Pila

Las condiciones existentes de la pila se muestran en la Tabla 11.6.7. De esta tabla, 2 pilas, la pila P2 del puente sobre el Río Aranjues y la pila P1 del puente No. 3 sobre el Río Abangares, no tienen suficiente capacidad de carga contra la carga sísmica. Por lo tanto, estas subestructuras se reforzaron con el método de cubierta de concreto y el ancho de la dirección longitudinal de las pilas se incrementó 50cm (25 cm incrementados de cada lado)

Las condiciones de las pilas después de reforzar se muestran en la Tabla 11.6.8

Tabla 11.6.7(a). Capacidad de Carga de la Pila en su condición existente

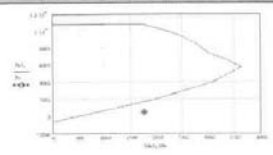
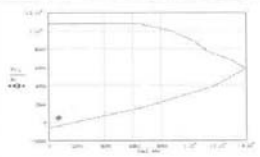
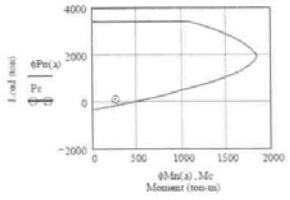
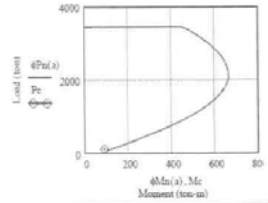
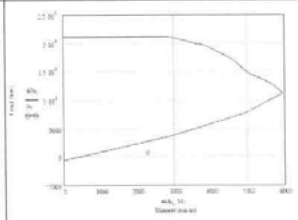
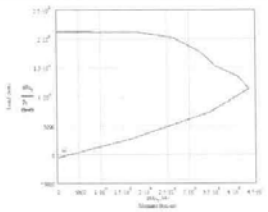
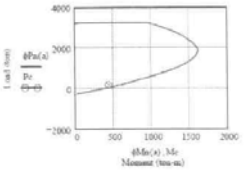
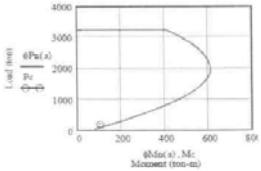
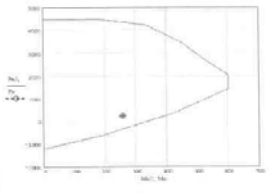
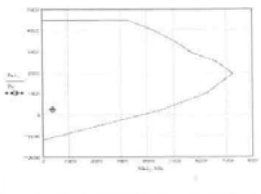
Nombre del Puente (No.)		Tipo de Pila	Longitudinal	Transversal	Evaluación
Rio Aranjues (No.2)	P2	Pared			No está bien
Rio Abangares (No.3)	A1	Marco Rigido			OK
	P1	Pared			No está bien
	A2	Marco Rigido			OK
Rio Azufrado (No.7)	P1 P2	Pared			OK

Tabla 11.6.7 (b). Capacidad de Carga de la Pila en su condición existente

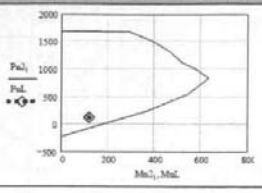
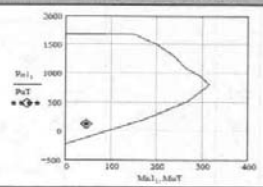
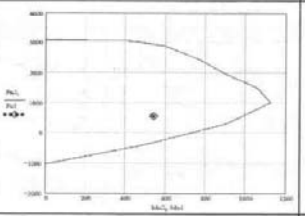
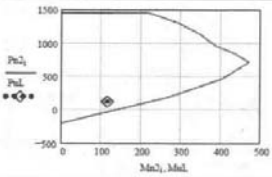
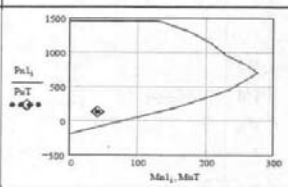
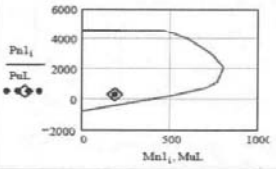
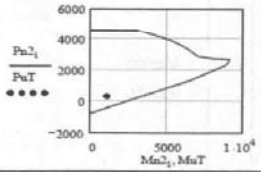
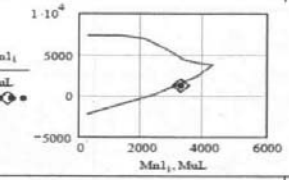
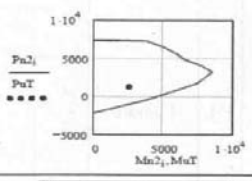
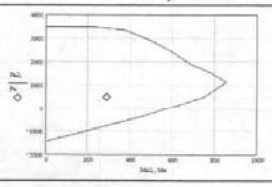
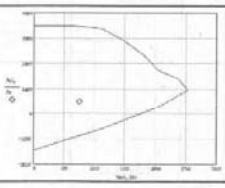
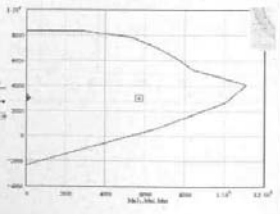
Nombre del Puente (No.)		Tipo de Pila	Longitudinal	Transversal	Evaluación
Río Puerto Nuevo (No.12)	A1	Marco Rígido			OK
	P1 To P4	Cilindro		----	OK
	A2	Marco Rigido			OK
Río Nuevo (No.16)	P1 P2	Pared			OK
Río Chirripo (No.17)	P1 P2	Elipse			OK
Río Sarapiqui (No.19)	P1 P2	Elipse			Ok
Río Sucio (No.20)	P1 P2	Cilindro		-----	OK

Tabla 11.6.7 (C). Capacidad de Carga de la Pila en su condición existente

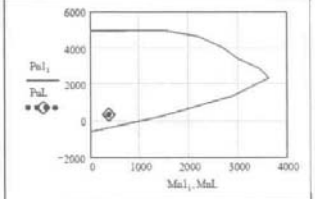
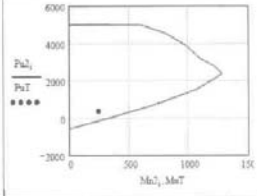
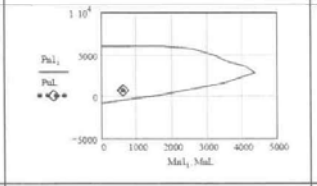
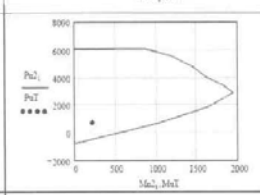
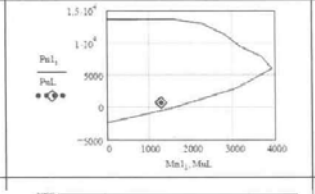
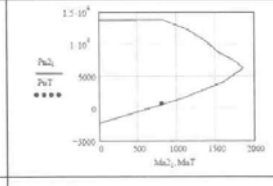
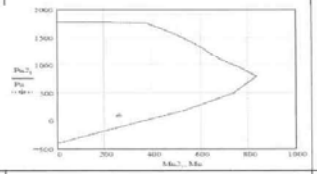
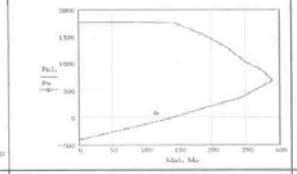
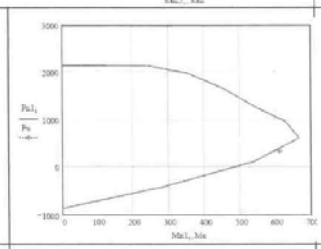
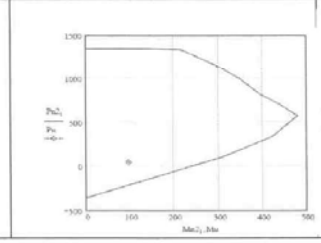
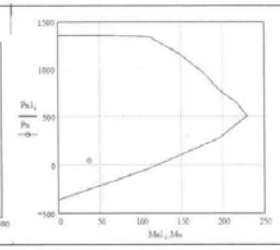
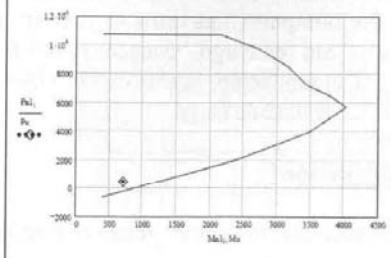
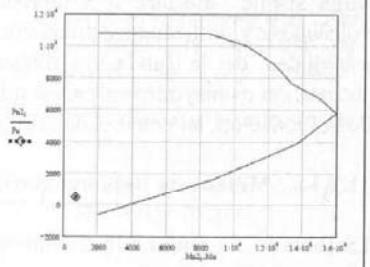
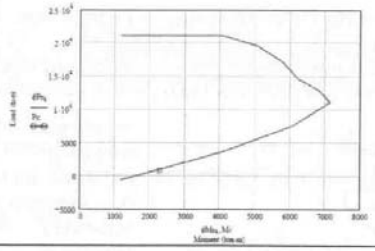
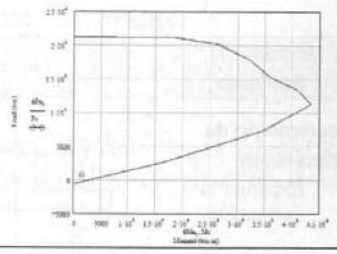
Nombre del Puente (No.)		Tipo de Pila	Longitudinal	Transversal	Evaluación
Rio Chirripo (No.26)	P1 P7	Elipse			Ok
	P2 P6	Elipse			Ok
	P3 P4 P5	Elipse			Ok
Rio Toress (No.29)	A1	Marco Rígido			Ok
	P1	Cilindro		----------	Ok
	A2	Marco Rígido			Ok

Tabla 11.6.8 . Capacidad de Carga de la pila después de reforzar

Nombre del Puente (No.)		Longitudinal	Transversal
Río Aranjues (No.2)	P2		
Río Abangares (No.3)	P1		

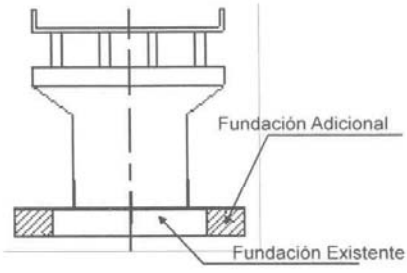
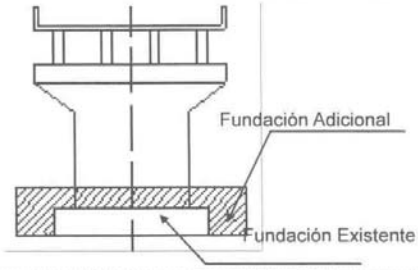
11.7 Fundaciones

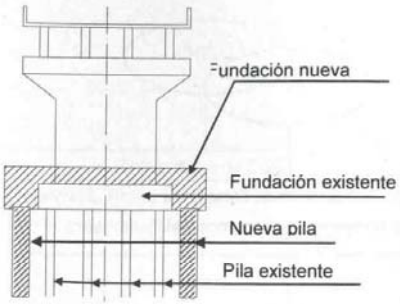
La carga sísmica y la socavación afecta el desempaño de la seguridad de la fundación. La carga sísmica afectará la estabilidad de la fundación tal como la capacidad de carga, volcándose y deslizándose directamente. Por otra parte, una dosis de socavación no afecta la estabilidad de la fundación directamente. Sin embargo, cuando la profundidad de la socavación es mayor que el nivel inferior de la fundación, la socavación afecta la estabilidad de la fundación, tal como el deterioro de la capacidad de carga.

11.7.1 Método de Refuerzo para la Fundación

La Tabla 11.7.1 muestra los ejemplos principales del método de refuerzo para la fundación

Tabla 11.7.1. Métodos de Refuerzo para la Fundación

Método de Refuerzo	Figuras y Fotografías	Descripción del Método
Incremento de Dimensión - Expandir la Fundación		Al expandir el tamaño de la fundación. El promedio de seguridad de la estabilidad de la fundación, tal como la capacidad de carga, se incrementa el volqueo (excentricidad) y el deslizamiento. Al incrementar el espesor de la fundación, incrementa la capacidad de carga.
- Incremento del espesor de la fundación		
- Expandir la fundación e incrementar el espesor de la fundación		

Incremento del número de pilas -Instalación de pila adicional		Al incrementar el número de pilas, disminuye la reacción axial de cada pila Al incrementar el espesor de la fundación, la capacidad de carga de la fundación incrementa contra la fuerza compresión y tensión de las pilas. Es difícil instalar la nueva pila bajo la superestructura.

11.7.2 Selección del Método de Refuerzo para la Fundación

Tres de los 10 Puentes, el Puente No. 16 sobre el Río Nuevo, el Puente No. 19 sobre el Río Sarapiquí, el Puente No. 26 sobre el Río Chirripó son de fundación de tipo pilote, los otros 7 puentes son de fundación aislada.

Cuando se selecciona el Método de Refuerzo para la fundación, es importante considerar la condición del suelo de la capa de apoyo y la condición de la construcción. Generalmente, la fundación aislada se ha ubicado en la capa de apoyo substancial que tiene suficiente capacidad de carga contra la reacción del suelo y la fundación de la pila se ha aplicado para la capa de suelo suave.

En el caso de los 10 puentes, todas las fundaciones aisladas se han encajado en la roca o la capa de arena dura (valor SPT mayor a 50) y las capas de apoyo de todas las fundaciones de las pilas son de más de 20m de profundidad desde la superficie del suelo.

Si la fundación aislada se refuerza con pilas, su costo es mayor que los métodos de refuerzo mostrados en la Tabla 11.7.1. Estos son los métodos más razonables para reforzar la fundación aislada. Sin embargo, donde la fundación aislada existente no se apoya en la capa substancial, tal como la capa de arena dura (valor STP mayor a 30) con el espesor de más de 5m. la capa de arcilla dura (valor SPT mayor a 20) o la roca debe ser reforzada por las pilas.

En el caso de la fundación de tipo pila, es claro que el método de refuerzo es el del incremento del número de pilas. Sin embargo, donde el claro bajo la superestructura es pequeño o no hay suficiente espacio para colocar los equipos de las pilas, es difícil reforzar con pilas adicionales. En este caso, al cambiar las condiciones de apoyo de la superestructura, se puede reducir la carga sísmica para la fundación.

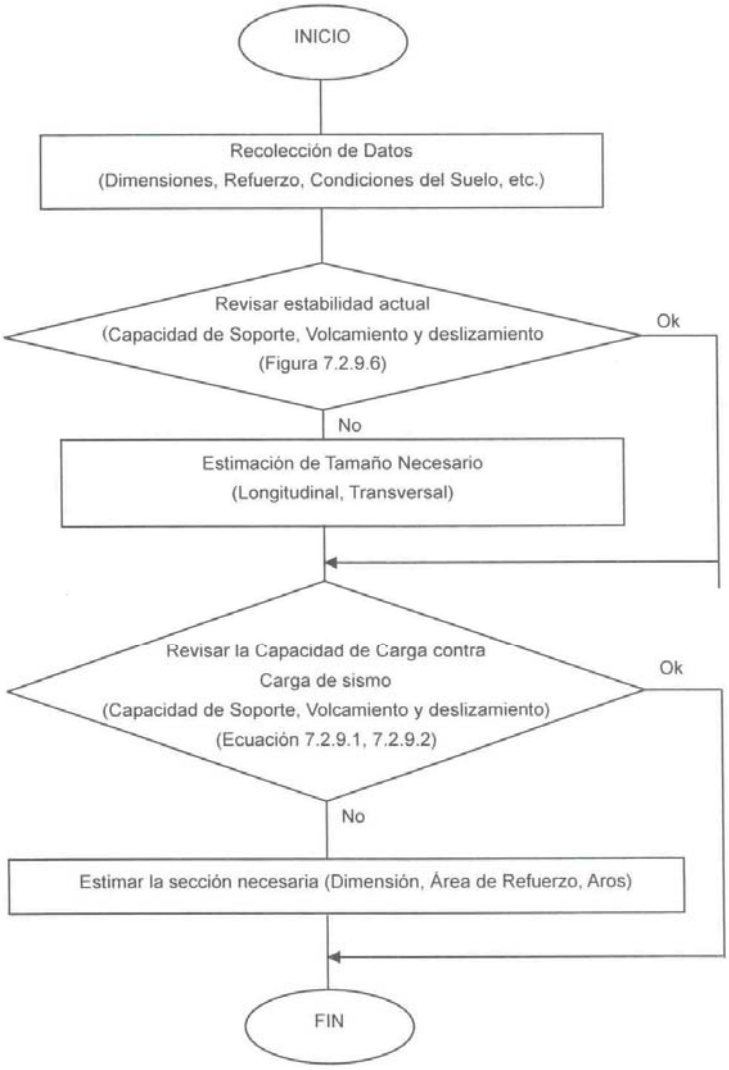


Figura 11.7.1. Proceso de Diseño de Aumento de Fundaciones

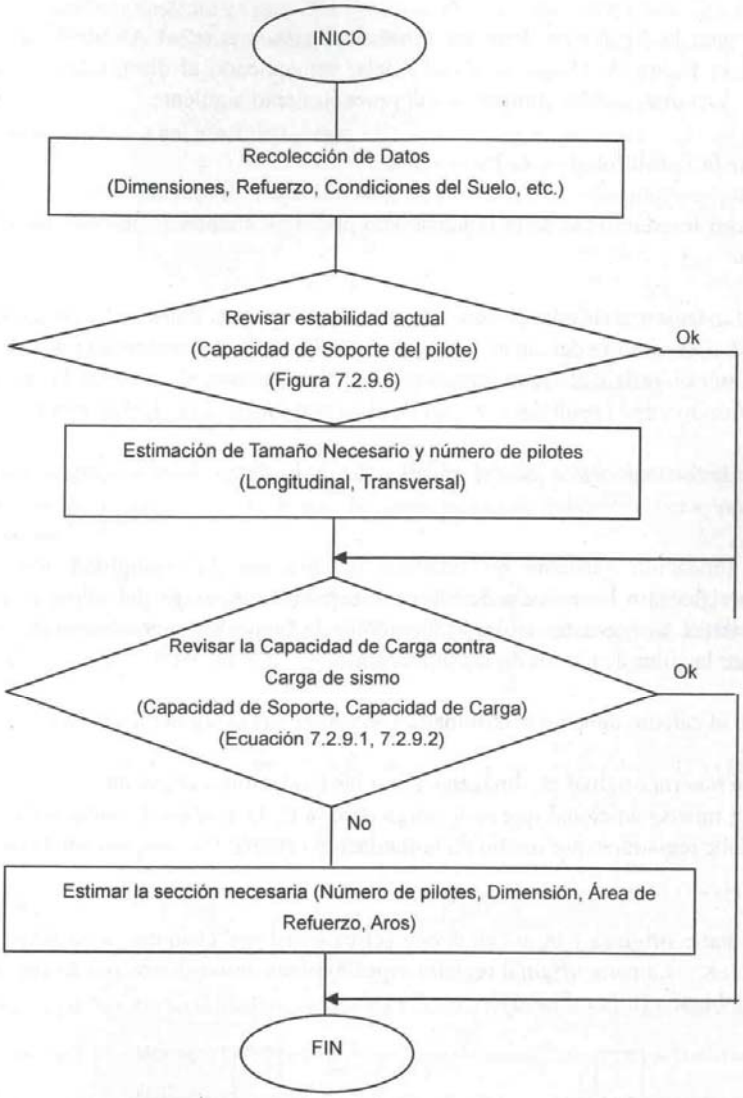


Figura 11.7.2. Proceso de Diseño de Incremento de Número de Pilotes

11.7.3 Metodología para Diseño de Refuerzo de Fundación

El refuerzo para la fundación debe ser diseñado basándose en el AASHTO o estándares relevantes y el Factor de Carga de Diseño debe ser aplicado al diseño del refuerzo de la fundación. Y el diseño debe cumplir con el procedimiento siguiente.

(1) Revisar la Estabilidad de la Fundación

Se debe revisar la estabilidad de la fundación en principio cuando se practica del refuerzo de la fundación.

En caso de fundaciones aisladas deben ser revisadas sobre tres tipos de factor de escala, uno es la capacidad de soporte del suelo, otro es la condición de volcamiento de la subestructura juzgada por su excentricidad, determinada por la distancia entre el centro de la fundación y el punto de aplicación de la resultante de fuerza, el ultimo factor el de deslizamiento.

Para el caso de fundaciones de pilotes se deben juzgar la reacción del pilote y su capacidad de carga.

Cuando la fundación existente no satisface los factores de estabilidad anteriores para fundaciones aisladas o la reacción de pilotes o capacidad de carga del pilote es menor a la fuerza de trabajo, es necesario variar el tamaño de la fundación o el número de pilotes y se deben estimar las filar de pilotes de las fundaciones.

A este punto el cálculo debe estar terminado considerando los siguientes puntos

- La carga muerta original es almacenada por las fundaciones originales
- La carga muerta adicional que es la carga muerta de la sección de refuerzo o la carga de sismo debe registrarse por medio de la fundación original y la sección adicional

Además, la parte original y la nueva deben ser calculadas y chequear si satisfacen o no los requerimientos. La parte original registra especialmente ambos casos por lo que su reacción debe ser combinada (Figura11.7.5).

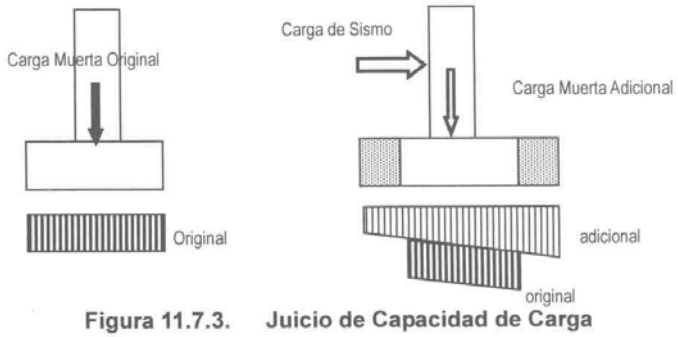


Figura 11.7.3. Juicio de Capacidad de Carga

Sin embargo, cuando el resultado del calculo excede la capacidad de soporte, el factor de seguridad o la fuerza resistente es pequeña y no se afecta la estabilidad de la fundación o esta dentro de un error de análisis, puede ser menor al 10% y no es necesario reforzar la fundación.

(2) Revisión de la Capacidad de Carga

Después de estimar el tamaño de fundación necesario o el número de pilotes y pilas de ellos, se debe chequear la capacidad de carga de la fundación de acuerdo con el método de Factores de Carga de Diseño.

La capacidad de carga de la fundación fue revisada comparando la resistencia/fuerza de diseño y la fuerza de trabajo al momento flexionante y fuerza cortante. En este momento también debe considerarse la secuencia de refuerzo como la misma para la estabilización de la fundación.

La carga muerta original es absorbida por la fundación original y la carga muerta adicional es la carga muerta de la sección de refuerzo, la carga de sismo debe absorberse por medio de ambas secciones.

Se debe chequear la sección original para los casos de carga muerta original, carga muerta adicional y carga de sismo. Se puede evaluar la capacidad de carga de la fundación por medio de la Ecuación 11.7.1 y 11.7.2.

$$\frac{Muo}{\phi\, Mo} + \frac{Mua + Mue}{\phi\, Mm} \leq 1.0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (11.7.1)$$

$$\frac{Vuo}{\phi\, Vo} + \frac{Vua + Vue}{\phi\, Vm} \leq 1.0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7.2.9.2)$$

donde:

Muo (Vuo)	:	Momento Flexionante (Fuerza Cortante) causado por la carga muerta original
Mua (Vua)	:	Momento Flexionante (Fuerza Cortante) causado por la carga muerta adicional
Mue (Vue)	:	Momento Flexionante (Fuerza Cortante) causado por la carga de sismo
φMo (φVo)	:	Momento Resistente de Diseño (fuerza cortante) para sección original
φMm(φVm)	:	Momento Resistente de Diseño (fuerza cortante) para sección modificada (Sección Original + Sección Reforzada)

11.7.4 Condición Existente y Condición después del Refuerzo

1) Fundación Aislada

En 7 puentes se usa la fundación aislada excepto el Puente No. 16 sobre el Río Nuevo, el Puente No. 19 sobre el Río Sarapiquí y el Puente No. 26 sobre el Río Chirripó. La Tabla 11.7.2 muestra las condiciones existentes de la estabilidad de la fundación aislada, tal como la reacción de los suelos, la seguridad de volcarse (excentricidad) y deslizamiento.

El Puente No. 20. sobre el Río Sucio, algunos bastiones y la mayoría de las pilas están inestables para la reacción del suelo y la excentricidad, y estos necesitan el ancho de expansión de la fundación.

Todas las fundaciones existentes han revisado las capacidades de carga para la carga muerta y la carga sísmica. La Tabla 11.7.3 muestra las capacidades de carga con el promedio del momento resistente al momento que está trabajando (ϕ **Mo/Muo)** y la fuerza cortante resistente a la fuerza cortante que está trabajando (ϕ **Vo/Vuo)**.

Las 3 pilas, la pila P2 del Puente Aranjues, las pilas P1 y P4 del Puente Puerto Nuevo necesitan incrementar el espesor de las fundaciones y las otras tres pilas, la pila P1 del Puente sobre el Río Abangares, la pila P3 del Puente Puerto Nuevo y P1 del puente sobre el Río Torres, también necesitan incrementar el espesor de la fundación, ya que su grosor original es de menos de 1/5 (un quinto) del ancho expandido de la fundación.

Las Tablas 11.7.2 y 11.7.3. muestran las dimensiones necesitadas de la fundación para la carga sísmica y las condiciones de carga después del refuerzo

2) Fundación tipo pilote

Las fundaciones de tipo pilote se usan para los 3 puentes, el Puente No. 16 sobre el Río Nuevo, el Puente No. 19 sobre el Río Sarapiquí y el Puente No. 26 sobre el Río Chirripó. La Tabla 11.7.4 muestra las condiciones existentes de la fuerza de la reacción axial de la pila y el número necesario de pilas. La Tabla 11.7.5(a) muestra la capacidad de carga de las fundaciones existentes. Las capacidades de carga existentes de las pilas para las fuerzas de compresión y tensión se muestran en la Tabla 11.7.5(b). La Tabla 11.7.5(c) muestra las condiciones de la capacidad de carga después del refuerzo.

En el Puente Chirripó, las fuerzas compresión y tensión de ls pilas es menor que la fuerza axial permitida. Sin embargo, existe acero de refuerzo en la parte superior de la fundación, así que no puede resistir el momento de flexión debido a la fuerza tensión de las pilas. Por lo tanto, el incremento del espesor de la fundación con 50cm y la adición del acero de refuerzo se necesitan para el refuerzo de la fundación.

En el Puente Sarapiquí, la fuerza compresión axial de las pilas en P1 exceden la capacidad de carga permitida de las pilas, así que se requiere pilas adicionales y el incremento de las dimensiones de la fundación. Ya que no existe acero de refuerzo, lo mismo que sucede en el Puente sobre el Río Chirripó, se necesita las dimensiones de la fundación y la adición de acero de refuerzo.

En el Puente sobre el Río Nuevo, la fuerza axial de las pilas en las fundaciones P1 y P2 excede la capacidad de carga permitida de la pila. Sin embargo, la pila existente P1 está muy maltratada y no hay suficiente espacio. Por lo tanto la condición de apoyo de P1 ha cambiado de un apoyo fijo a una condición de apoyo móvil para reducir la fuerza sísmica actuando en la pila P1. Y el bastión A1, que puede añadir pilas sin problemas de claro ha cambiado a un apoyo fijo y se ha reforzado para añadir pilas que carguen la fuerza sísmica incrementada.

Tabla 11.7.2. Condición Existente de la Fundación Aislada y el Tamaño necesitado de la Fundación

Bridge Name		Member		Size		Bearing		Turnover		Sliding		Ratio			Required size
				D	D	Reaction	Capacity	exc	B/3	H	HR	Bearing	exc	HR/H	
2	Rio Aranjuez	A1	L	7.47	1.52	9.50	145.00	0.01	2.49	11.38	185.98	15.26	191.54	16.34	–
			T	3.66		9.80		0.01	1.22	166.00	185.98	14.80	93.85	1.12	–
		P1	L	3.05	1.52	89.80	116.00	2.20	1.02	134.00	428.87	1.29	0.46	3.20	5.50
			T	7.32		485.60		3.40	2.44	138.00	428.87	0.24	0.72	3.11	9.00
		P2	L	4.27	1.52	11.00	200.00	7.80	1.42	526.00	796.73	18.18	0.18	1.51	11.50
			T	7.32		210.50		3.20	2.44	140.00	796.73	0.95	0.76	5.69	13.00
		A2	L	3.05	1.40	8.20	116.00	0.02	1.02	3.90	149.64	14.15	68.00	38.37	–
			T	9.70		7.70		0.05	3.23	45.16	149.64	15.06	71.78	3.31	–
3	Rio Abangares	A1	L	4.57	0.91	31.30	146.00	3.93	1.52	112.90	205.68	4.66	0.39	1.82	7.50
			T	2.59		453.80		1.36	0.86	64.00	205.68	0.32	0.63	3.21	4.50
		P1	L	2.74	1.22	41.00	149.00	2.54	0.91	258.00	558.06	3.63	0.36	2.16	6.50
			T	12.50		48.60		1.78	4.17	173.00	558.06	3.07	2.35	3.23	12.50
		A2	L	5.49	1.22	96.70	154.00	3.42	1.83	146.00	239.38	1.59	0.54	1.64	7.50
			T	3.05		78.60		1.07	1.02	77.70	239.38	1.96	0.96	3.08	5.00
7	Rio Azufrado	P1	L	1.83	0.76	18.80	38.00	0.00	0.61	148.00	150.09	2.02	–	1.01	–
			T	8.23		32.60		1.01	2.74	55.00	150.09	1.17	2.72	2.73	–
		P2	L	1.83	0.76	18.80	63.00	0.00	0.61	148.00	150.09	3.35	–	1.01	–
			T	8.23		32.60		1.01	2.74	55.00	150.09	1.93	2.72	2.73	–
12	Rio Puerto Nuevo	A1	L	4.27	0.91	57.70	154.00	0.97	1.42	59.00	336.02	2.67	1.46	5.70	–
			T	3.05		44.20		0.44	1.02	35.50	336.02	3.48	2.31	9.47	–
		P1	L	4.57	1.22	53.50	182.00	0.89	1.52	98.60	327.13	3.40	1.71	3.32	7.50
			T	4.57		-148.70		2.79	1.52	31.44	327.13	-1.22	0.55	10.40	7.50
		P2	L	5.49	1.52	134.00	116.00	2.05	1.83	105.00	480.90	0.87	0.89	4.58	6.00
			T	5.49		63.28		1.20	1.83	63.00	480.90	1.83	1.53	7.63	6.00
		P3	L	5.03	1.22	50.90	190.00	0.89	1.68	34.00	391.86	3.73	1.88	11.53	6.50
			T	5.03		1353.10		2.45	1.68	95.00	391.86	0.14	0.68	4.12	6.50
		P4	L	4.57	1.22	322.70	182.00	1.98	1.52	78.00	405.67	0.56	0.77	5.20	5.35
			T	4.57		343.30		2.00	1.52	79.00	405.67	0.53	0.76	5.14	5.50
		A2	L	3.35	0.91	9161.90	143.00	1.67	1.12	64.00	201.70	0.02	0.67	3.15	4.50
			T	2.44		42.80		0.28	0.81	38.00	201.70	3.34	2.93	5.31	2.50
17	Rio Chirripo	P1	L	9.50	2.50	214.60	124.50	4.03	3.17	800.00	1460.66	0.58	0.79	1.83	11.00
			T	10.50		83.00		3.19	3.50	582.00	1460.66	1.50	1.10	2.51	11.00
		P2	L	9.50	2.50	214.60	124.50	4.03	3.17	800.00	1460.66	0.58	0.79	1.83	11.00
			T	10.50		83.00		3.19	3.50	582.00	1460.66	1.50	1.10	2.51	11.00
20	Rio Sucio	P1	L	12.50	2.50	37.90	116.00	0.02	4.17	5.00	3287.51	3.06	189.55	657.50	–
			T	12.50		55.20		2.89	4.17	507.00	3287.51	2.10	1.44	6.48	–
		P2	L	9.00	2.50	18.10	222.00	0.00	3.00	507.00	1099.96	12.27	15000.00	2.17	–
			T	12.50		19.40		0.45	4.17	215.00	1099.96	11.44	9.31	5.12	–
29	Rio Torres	A1	L	6.00	1.00	99.50	162.00	2.48	2.00	121.83	228.44	1.63	0.81	1.88	6.50
			T	3.50		65.20		1.29	1.17	66.75	228.44	2.48	0.91	3.42	4.00
		P1	L	7.50	1.10	15.00	175.00	0.22	2.50	15.66	430.74	11.67	11.63	27.51	8.00
			T	7.50		53.50		2.56	2.50	186.65	430.74	3.27	0.98	2.31	8.00
		P2	L	7.00	1.10	38.10	166.00	2.15	2.33	169.46	299.24	4.36	1.08	1.77	–
			T	7.00		11.20		0.02	2.33	169.93	299.24	14.82	129.44	1.76	–
		A2	L	3.50	0.90	62.40	135.00	2.31	1.17	61.50	114.38	2.16	0.51	1.86	4.50
			T	2.00		264.40		1.07	0.67	40.32	114.38	0.51	0.62	2.84	3.00

Tabla 11.7.3. Capacidad de Carga de las Fundaciones Existentes y después del refuerzo

Bridge Name		Member		Dead		EQ		Dead+EQ		Original				Required size		Additional						Original				Additional				Evaluation		
				Mud	Vuld	Mud	Vlm	Mud	Vu	ϕ Mo	ϕ Vo	ϕ Mo/Vo	ϕ Vu/Vuld	B	D	MuA	VuA	MuA+Mud	VuA+Vuld	ϕ MA	ϕ VA	Mud/ϕ MA	Vuld/ϕ VA	ϕ MoA	ϕ VoA	ϕ MA/ϕ MoA	ϕ VA/ϕ VoA	Mud/ϕ M	Vuld/ϕ V
2	Río Aranjuez	A1	L	0	21949	1252	07579	13	24.7	251.1	2591.4	1098.89	12.12	7.47	1.52	0.0	0.0	1.3	0.8	251.1	299.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.01	0.0	0.01	0.00
			T	0	48.879	0.8442	1.6677	0.5	50.4	431.3	611.0	499.62	12.11	3.68		0.0	0.0	0.5	0.2	431.3	611.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00
		P1	L	39.563	141.67	72.532	216.81	111.1	358.3	243.5	568.8	2.19	1.67	5.50	1.52	1.5	2.5	7.40	219.3	299.4	726.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.41	0.3	0.53	0.53
			T	3.0945	18.423	3.5581	25.326	6.7	43.7	61.4	245.5	13.73	5.76	8.00		0.7	1.7	4.3	27.0	164.8	449.9	0.0	0.1	0.0	0.1	0.06	0.1	0.06	0.1	0.06	0.13
		P2	L	87.116	180.89	1623.7	471.16	1720.8	651.8	555.4	598.5	0.32	0.92	11.50	2.2	29.92	16.33	1653.2	487.5	2413.4	2171.3	0.2	0.3	0.7	0.2	0.86	0.2	0.53	0.53
			T	3.0945	17.675	3.6155	25.734	6.7	43.4	132.0	340.3	19.67	8.05	13.00		18.22	12.83	21.8	38.6	533.2	1740.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.06	0.0	0.00	0.0	0.01	0.07
		A2	L	0	47.414	0.72	1.7863	0.7	49.2	297.1	726.4	412.64	14.76	3.05	1.4	0.0	0.0	0.7	1.8	297.1	726.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.01
			T	0	0.0174	0.0607	0.0671	0.0	0.9	92.8	228.4	9670.4	255.77	9.70		0.0	0.0	0.0	0.1	92.8	228.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00
3	Río Abangares	A1	L	3.23	19.84	1.047	44.39	13.7	64.2	52.1	121.5	3.81	1.86	7.50	0.91	1.5	2.1	12.0	46.4	90.6	211.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.19	0.2	0.19	0.38
			T	14.61	49.41	22.18	59.46	36.8	108.9	81.2	214.4	2.21	1.97	4.50		0.6	1.4	22.8	60.6	133.3	351.8	0.2	0.2	0.2	0.2	0.35	0.2	0.35	0.40
		P1	L	34.473	159.23	97.253	405.78	131.7	565.0	355.4	805.9	2.55	1.43	6.50	1.5	4.18	4.45	101.4	410.2	335.4	1813.9	0.1	0.2	0.3	0.2	0.41	0.2	0.42	0.42
			T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.50		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		A2	L	30.61	57.20	33.54	86.61	86.2	143.8	279.2	196.9	3.24	1.37	7.50	1.22	0.8	1.6	56.4	89.2	457.7	322.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.23	0.3	0.23	0.55
			T	92.46	83.10	26.17	57.95	58.6	141.1	259.5	353.9	4.43	2.51	8.00		0.8	1.6	26.5	59.5	354.5	483.5	0.1	0.2	0.1	0.1	0.20	0.1	0.20	0.39
7	Río Azúcar	P1	L	19.19	77.35	0.00	0.00	19.2	77.4	223.7	315.8	11.65	4.06	1.83	0.76	0.0	0.0	0.0	0.0	223.7	315.8	0.1	0.2	0.1	0.2	0.09	0.2	0.09	0.25
			T	5.37	19.14	1.44	4.88	6.8	24.0	23.6	66.9	3.45	2.91	8.23		0.0	0.0	1.4	4.9	23.6	69.8	0.2	0.3	0.1	0.1	0.29	0.1	0.29	0.34
		P2	L	19.19	77.35	0.00	0.00	19.2	77.4	223.7	313.8	11.65	4.06	1.83	0.76	0.0	0.0	0.0	0.0	223.7	313.8	0.1	0.2	0.0	0.0	0.09	0.0	0.09	0.25
			T	5.37	19.14	1.44	4.88	6.8	24.0	23.6	66.9	3.45	2.91	8.23		0.0	0.0	1.4	4.9	23.6	69.8	0.2	0.3	0.1	0.1	0.29	0.1	0.29	0.34
12	Río Puente Nuevo	A1	L	36.601	75.944	2.264	4.418	33.9	71.9	173.8	143.1	5.13	2.00	4.27	0.914	0.00	0.00	2.6	4.4	173.8	143.1	0.2	0.5	0.0	0.0	0.23	0.0	0.23	0.50
			T	23.276	68.433	12.835	24.127	35.9	92.6	81.2	290.3	2.25	2.16	3.05		0.00	0.00	12.6	24.1	81.2	290.3	0.3	0.5	0.2	0.1	0.44	0.1	0.44	0.46
		P1	L	91.381	141.6	32.718	49.108	124.1	190.7	281.4	284.6	2.27	1.54	7.50	1.5	2.70	3.68	95.4	52.8	424.0	899.5	0.3	0.5	0.1	0.1	0.41	0.1	0.41	0.54
			T	91.381	141.6	122.15	181.06	214.5	322.7	281.4	284.6	1.31	0.91	7.50		2.70	3.68	125.8	184.8	424.0	899.5	0.3	0.5	0.3	0.2	0.62	0.2	0.62	0.69
		P2	L	171.11	210.88	146.35	151.57	317.5	362.2	519.5	450.3	1.67	1.24	6.00	1.52	0.02	0.15	140.4	151.7	478.0	837.8	0.3	0.5	0.3	0.2	0.62	0.2	0.62	0.65
			T	171.11	210.88	83.809	89.973	254.9	300.7	519.5	459.3	2.04	1.50	6.00		0.02	0.15	82.3	80.7	478.0	837.8	0.3	0.5	0.2	0.1	0.50	0.1	0.50	0.58
		P3	L	121.6	188.09	44.32	55.783	165.9	233.9	460.6	324.2	2.78	1.45	6.50	1.5	0.50	1.36	44.6	57.1	603.1	848.4	0.3	0.5	0.1	0.1	0.34	0.1	0.34	0.59
			T	121.6	188.09	121.72	153.2	243.3	321.3	460.6	324.2	1.89	1.01	6.50		0.50	1.36	122.2	154.6	603.1	848.4	0.3	0.5	0.2	0.2	0.41	0.2	0.41	0.70
		P4	L	106.17	173.14	94.919	142.47	201.1	315.6	281.4	294.6	1.40	0.93	5.35	1.5	0.12	0.59	95.0	143.1	352.7	738.2	0.4	0.6	0.3	0.2	0.65	0.2	0.65	0.78
			T	106.17	173.14	95.782	143.8	201.9	316.9	281.4	294.6	1.39	0.93	5.50		0.16	0.71	95.9	144.5	352.7	738.2	0.4	0.6	0.3	0.2	0.65	0.2	0.65	0.80
		A2	L	16.03	44.75	21.26	48.12	37.1	92.9	91.9	114.5	2.46	1.23	4.50	0.61	0.10	0.34	21.4	46.5	94.2	117.3	0.2	0.4	0.2	0.4	0.40	0.4	0.40	0.80
			T	29.46	60.35	9.17	25.86	20.1	87.5	46.5	157.3	2.29	2.33	2.50		0.00	0.02	9.2	25.9	82.4	211.1	0.6	0.5	0.1	0.1	0.78	0.1	0.78	0.72
17	Río Chirripo	P1	L	952.5	952.9	1126.2	566.3	2078.7	1249.3	3693.1	1451.6	1.78	1.16	11.00	2.5	0.30	0.76	1126.5	387.1	3868.9	1520.7	0.3	0.4	0.3	0.4	0.55	0.4	0.55	0.84
			T	430.38	455.9	411.59	321.9	842.0	777.8	2681.0	1313.4	3.18	1.69	11.00		0.03	0.26	411.6	322.2	3104.3	1520.7	0.2	0.3	0.1	0.2	0.29	0.2	0.29	0.50
		P2	L	952.55	652.93	1126.2	596.35	2078.7	1249.3	3693.1	1451.6	1.78	1.16	11.00	2.5	0.30	0.76	1126.5	597.1	3868.9	1520.7	0.3	0.4	0.3	0.4	0.55	0.4	0.55	0.84
			T	430.38	455.9	411.59	321.9	842.0	777.8	2681.0	1313.4	3.18	1.69	11.00		0.03	0.26	411.6	322.2	3104.3	1520.7	0.2	0.3	0.1	0.2	0.29	0.2	0.29	0.50
20	Río Sucio	P1	L	1803.7	1156.2	1090.9	4.9583	1612.8	1161.2	8312.6	1885.5	3.91	1.62	12.50	2.5	0.00	0.00	9.1	5.0	6312.6	1885.5	0.3	0.6	0.0	0.0	0.26	0.0	0.26	0.62
			T	1803.7	1156.2	1169.6	839.81	2773.3	1796.1	8403.8	1885.5	2.31	1.05	12.50		0.00	0.00	1165.6	859.8	8403.8	1885.5	0.3	0.6	0.2	0.3	0.43	0.3	0.43	0.95
		P2	L	903.35	410.54	0.1254	0.0664	603.5	410.6	4427.5	1885.5	7.34	3.84	9.60	2.5	0.00	0.00	0.1	0.1	4427.5	1885.5	0.1	0.3	0.0	0.0	0.14	0.0	0.14	0.26
			T	411.55	347.01	62.192	34.265	474.2	381.3	3804.7	1357.0	8.21	3.56	12.50		0.00	0.00	62.7	34.3	3804.7	1357.6	0.1	0.3	0.0	0.0	0.12	0.0	0.12	0.29
29	Río Torres	A1	L	96.35	109.39	51.306	49.486	44.4	57.4	227.5	181.5	5.12	3.16	8.50	1.3	0.04	0.30	51.8	40.8	259.6	289.6	0.4	0.6	0.2	0.2	0.82	0.2	0.82	0.77
			T	22.911	57.298	38.461	56.979	61.4	114.3	102.7	311.1	1.67	2.72	4.00		0.04	0.30	38.5	67.3	111.3	438.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.57	0.1	0.57	0.31
		P1	L	210	164.53	18.069	10.961	228.1	175.5	725.1	432.0	3.18	2.46	8.00	1.8	0.05	0.38	18.1	11.3	773.5	670.3	0.3	0.4	0.0	0.0	0.31	0.0	0.31	0.40
			T	210	164.53	215.42	130.56	425.4	295.1	725.1	432.0	1.70	1.46	8.00		0.05	0.38	215.5	130.9	773.5	670.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.57	0.2	0.53	0.58
		P2	L	130.18	116.1	132.37	88.905	262.6	204.6	495.6	403.2	1.89	1.97	7.00	1.1	0.00	0.00	132.4	88.5	495.6	403.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.53	0.3	0.51	0.51
			T	130.18	116.1	1.1992	0.7817	131.3	116.8	495.6	403.2	3.77	3.45	7.00		0.00	0.00	1.1	0.5	495.6	403.2	0.3	0.3	0.0	0.0	0.27	0.0	0.27	0.29
		A2	L	17.83	41.937	1.0993	2.2937	18.9	39.6	56.7	99.2	3.38	2.33	4.50	0.9	0.13	0.53	1.2	2.7	85.0	138.2	0.3	0.5	0.0	0.0	0.33	0.0	0.33	0.47
			T	4.284	20.246	0.2937	1.2003	14.1	91.6	81.3	141.3	5.65	2.78	8.00		0.13	0.53	9.5	10.6	68.0	237.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.24	0.1	0.24	0.52

Tabla 11.7.4. Fuerza de la Reacción Axial de las pilas y el número necesitado de pilas (a)Fuerza Axial de las pilas de la estructura original

Bridge Name				Original Size			Dead	EQ		qo+qe					Evaluation		
				B	t	Pile	qo	qemax	qe min	max	min	Qa	Qa(EQ)	Ta(EQ)	Dead	EQ(Max)	EQ(Min)
26	Chirripo	P1	L	2.20	1.80	2	32.8	80.7	−80.7	113.5	−47.9	106.47	229.7	−76.4	3.25	2.02	1.59
			T	7.30		8	32.8	100.1	−100.1	132.9	−67.3	106.47	229.7	−76.4	3.25	1.73	1.14
		P2	L	2.80	2.00	25	13.1	49.3	−49.3	62.4	−36.2	106.47	229.7	−76.4	8.13	3.68	2.11
			T	7.70			13.1	55	−55	68.1	−41.9	106.47	229.7	−76.4	8.13	3.37	1.82
		P3	L	5.20	2.00	35	33.6	96.2	−96.2	129.8	−62.6	106.47	229.7	−76.4	3.17	1.77	1.22
			T	8.20			33.6	46	−46	79.6	−12.4	106.47	229.7	−76.4	3.17	2.89	6.16
		P4	L	5.20	2.00	35	38.9	95.4	−95.4	134.3	−56.5	106.47	229.7	−76.4	2.74	1.71	1.35
			T	8.20			38.9	49.3	−49.3	88.2	−10.4	106.47	229.7	−76.4	2.74	2.60	7.35
19	Sarapiqui	P1	L	2.20	2.00	2	39	80.7	−80.7	119.7	−41.7	63.63	92.93	−30.77	1.63	0.78	0.74
			T	6.90		13	39	100.1	−100.1	139.1	−61.1	63.63	92.93	−30.77	1.63	0.67	0.50
		P2	L	3.05	2.50	4	13.1	26.8	−26.8	39.9	−13.7	63.63	99.25	−33.08	4.86	2.49	2.41
			T	9.80		13	13.1	24.7	−24.7	37.8	−11.6	63.63	99.25	−33.08	4.86	2.63	2.85
16	Nuevo	P1	L	2.74	0.914	4	14.3	197	−197	211.3	−182.7	44.865	66.4	−22.1	3.14	0.31	0.12
			T	7.77		6	14.3	22.7	−22.7	37	−8.4	44.865	66.4	−22.1	3.14	1.79	2.63
		P2	L	3.66	0.914	3	18.91	0	0	18.91	18.91	40.05	66.4	−22.1	2.12	3.51	−
			T	7.77		6	18.91	30.23	−30.23	49.14	−11.32	40.05	66.4	−22.1	2.12	1.35	1.95

(b) Fuerza Axial de las pilas de la estructura reforzada

Bridge Name				Modified Size			Original Pile					Additional Pile		Allowable Capacity	
				No.of pile	Size of footing		Dead	EQ		qo+qe		EQ			
					B	t	qo	qemax	qe min	max	min	qemax	qe min	Qa(EQ)	Ta(EQ)
19	Sarapiqui	P1	L	4	5.4	3.00	39.0	10.0	−22.1	49.0	29.0	26.5	−26.5	92.9	−30.8
			T	13	8.9		39.0	50.0	−22.1	89.0	−11.0	−	−	92.9	−30.8
16	Nuevo	P1	L	2.74	0.914	4	14.3	10.4	−22.1	24.7	3.9	−	−	66.4	−22.1
			T	7.77		6	14.3	22.7	−22.1	37.0	−8.4	−	−	66.4	−22.1
		P2	L	3.66	0.914	3	18.9	17.3	−22.1	36.2	1.6	−	−	66.4	−22.1
			T	7.77		6	18.9	30.2	−22.1	49.1	−11.3	−	−	66.4	−22.1

Nota ; La condición de apoyo en el Río Nuevo ha cambiado en la pila y el apoyo móvil

Tabla 11.7.5. Condición de la Capacidad de Carga de la Fundación

(a) Capacidad de Carga de la Fundación original

Bridge Name				Original Size			Muo	Vuo	Me	Ve	Muo+Me	Vuo+Ve	φMo	φVo	φMo /(Muo+Me)	φVo /(Vuo+Ve)
				B	t	Pile	tm	ton	tm	ton	tm	ton	tm	ton		
26	Chirripo	P1	L	8.00	1.80	2	0	0	0	0	0.0	0.0	457.8	597.1	−	−
			T	10.00		8	91.86	131.22	46.54	60.05	138.4	191.3	570.1	180.0	4.1	0.9
		P2	L	8.00	2.00	25	27.25	272.52	11.49	114.94	38.7	387.5	523.2	718.5	13.5	1.9
			T	10.00			194.66	194.66	83.31	79.72	278.0	274.4	840.4	261.3	3.0	1.0
		P3	L	11.00	2.00	35	107.51	503.96	350.47	371.08	458.0	875.0	1435.5	765.2	3.1	0.9
			T	11.00			255.34	235.18	106.81	92.88	362.2	328.1	1197.3	485.2	3.3	1.5
		P4	L	11.00	2.00	35	430.82	525.39	347.40	367.83	778.2	893.2	1435.5	765.2	1.8	0.9
			T	11.00			266.20	245.18	113.49	98.68	379.7	343.9	1197.3	485.2	3.2	1.4
19	Sarapiqui	P1	L	8.00	2.00	2	50.69	350.94	34.99	242.22	85.7	593.2	193.3	643.9	2.3	1.1
			T	8.00		13	175.47	155.97	137.62	116.77	313.1	272.7	472.2	205.3	1.5	0.8
		P2	L	5.00	2.50	4	107.31	170.34	73.25	116.27	180.6	286.6	265.8	914.5	1.5	3.2
			T	11.00		13	393.09	209.65	206.23	98.99	599.3	308.6	976.6	284.6	1.6	0.9
16	Nuevo	P1	L	2.74	0.914	4	78.40	85.88	360.94	395.33	439.3	481.2	158.0	128.7	0.4	0.3
			T	7.77		6	21.70	57.25	11.459	30.234	33.2	87.5	75.3	171.6	2.3	2.0
		P2	L	3.66	0.914	3	51.39	113.4407	15.688	11.459	67.1	124.9	57.9	128.7	0.9	1.0
			T	7.77		6	21.50	56.72	34.631	30.234	56.1	87.0	57.9	128.7	1.0	1.5

(b) Capacidad de Carga de la Fundación contra las fuerzas compresión después del refuerzo

Bridge Name				Axial Push-in Force												
				No.of pile	Size of footing		Me	Ve	φMm	φVm	(1) Muo/φMo	(2) Vuo/φVo	(3) Me/φMm	(4) ve/φVm	Evaluation	
					B	t	tm	ton	tm	ton					(1)+(3)	(2)+(4)
26	Chirripo	P1	L	2	2.2	2.30	0.0	0.0	621.6	1028.6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			T	8	7.3		46.5	60.1	791.4	464.5	0.161	0.729	0.059	0.129	0.220	0.858
		P2	L	25	2.8	2.50	11.5	114.9	686.9	1184.6	0.052	0.379	0.017	0.097	0.069	0.476
			T		7.7		83.3	79.7	1123.2	586.2	0.232	0.745	0.074	0.136	0.306	0.881
		P3	L	35	5.2	2.50	350.5	371.1	1894.2	1245.6	0.075	0.659	0.185	0.298	0.260	0.957
			T		8.2		106.8	92.9	1587.2	879.3	0.213	0.485	0.067	0.106	0.281	0.590
		P4	L	35	5.2	2.50	347.4	367.8	1894.2	1245.6	0.300	0.687	0.183	0.295	0.484	0.982
			T		8.2		113.5	98.7	1587.2	879.3	0.222	0.505	0.072	0.112	0.294	0.618
19	Sarapiqui	P1	L	4	5.4	3.00	90.6	109.5	233.9	1343.2	0.262	0.545	0.387	0.082	0.650	0.627
			T	13	8.9		137.6	116.8	233.7	815.0	0.372	0.760	0.589	0.143	0.960	0.903
		P2	L	4	5.05	2.50	73.2	116.3	348.2	1441.0	0.404	0.186	0.210	0.081	0.614	0.267
			T	13	11.8		206.2	99.0	1306.4	616.7	0.402	0.737	0.158	0.161	0.560	0.897

(c) Refuerzo de la Fundación contra la fuerza Tensión

Bridge Name				Axial Push-in Force							
				No.of pile	Size of footing		qo+qe		M	Required Re-bar	
					B	t	max	min		size	space(cm)
26	Chirripo	P1	L	2	2.2	2.3	113.5	-47.9	-321.46	# 5	30
			T	8	7.3		132.9	-67.3	-532.8	# 8	25
		P2	L	25	2.8	2.5	62.4	-36.2	-428.25	# 5	30
			T		7.7		68.1	-41.9	-710	# 9	30
		P3	L	35	5.2	2.5	129.8	-62.6	-1998	# 10	25
			T		8.2		79.6	-12.4	-1241.3	# 10	30
		P4	L	35	5.2	2.5	134.3	-56.5	-1971	# 10	25
			T		8.2		88.2	-10.4	-1250.6	# 10	30
19	Sarapiqui	P1	L	4	5.4	3	49	29	-571.39	# 5	30
			T	13	8.9		89	-11	-825.7	# 9	25
		P2	L	4	5.05	2.5	39.9	-13.7	-522.8	# 5	25
			T	13	11.8		37.8	-11.6	-1193.2	# 10	20

11.7.5 Socavación

1) Método de Protección de Socavación

Hay tres (3) tipos de fenómeno referente a socavación y se mencionan a continuación

(a) Degradación a largo plazo del lecho del río
(b) Socavación general del puente
(c) Socavación local en pilas y bastiones

Para el fenómeno (b), "Socavación General del Puente", y el (c), "socavación Local en Pilas y Bastiones" es importante llevar a cabo inspecciones frecuentes y trabajos de mantenimiento en un periodo apropiado. Más aun, es una acción importante detener la extracción de material en el lado del cauce aguas arriba del puente.

El método de protección contra la socavación se muestra en la Tabla 11.7.4.

Donde se lleva a cabo la protección de la socavación en el sitio, es importante que el nivel de la parte superior del relleno o el bloque de concreto sea el mismo que el nivel original del lecho del río antes de la socavación excepto en el caso de "Degradación y aumento del lecho del río a largo plazo", porque el nivel de relleno o bloque de concreto es mayor al del lecho del río original a causa de la socavación.

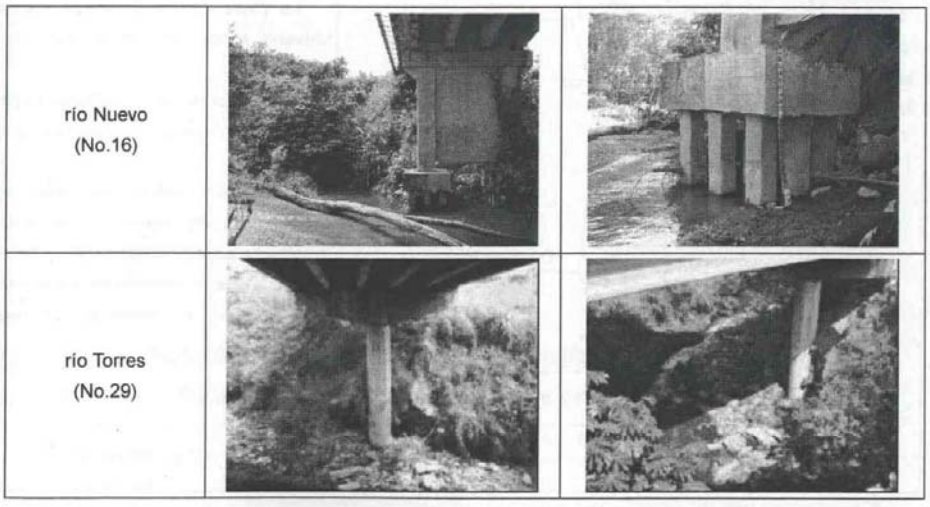
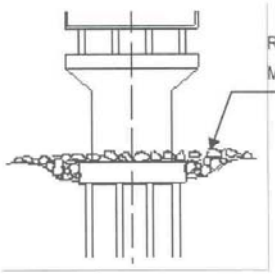
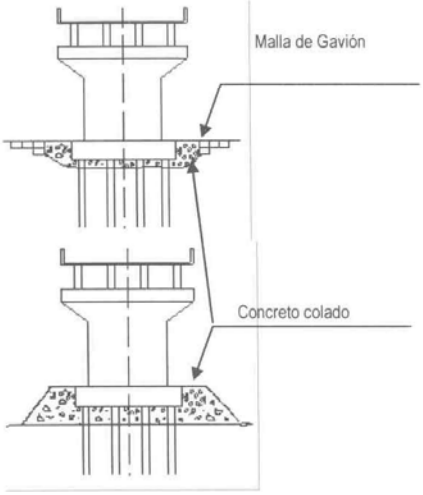
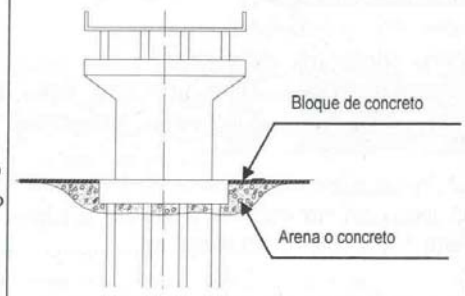
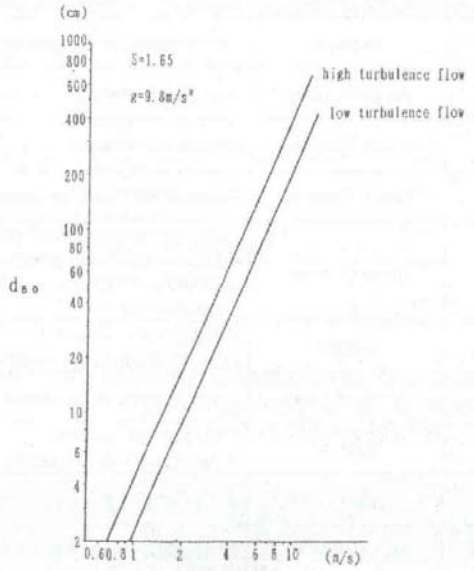


Figura 11.7.4. Socavación del lecho del Río alrededor de la pila

Tabla 11.7.6. Método para la Protección del Lecho del Río

Material	Ilustración	Comentarios
Piedras Grandes y Gaviones		- Esta medida es aplicada en el caso de velocidades lentas o cuando el lecho del río es arcilloso o suelto dado a que la forma puede ser cambiada flexiblemente de acerado al lecho del rio. - Este método es aplicado como medida temporal cuando la velocidad es rápida o hay muchas rocas de gran tamaño. Sin embargo la velocidad determinara el tamaño de la piedra. Una proposición es la relación entre la velocidad y el tamaño de la roca mostrado en la Figura 11.7.3 - Este método es económico y fácil de construir - Se requiere de mantenimiento continuo como inspecciones frecuentes y obras de mantenimiento.
Protección Colando concreto		- Esta medida es aplicada en el caso de grandes socavaciones - La malla de Gavión debe instalarse para prevenir socavación de la zona de concreto colado - El lecho del río será estabilizado por el peso del concreto colado, el concreto puede tener grietas. - El concreto colado en sitio requiere la construcción de diques. Este meto debería emplearse en temporada seca. - Dado a que el concreto se vierte directamente en el hueco, se necesitan de regulaciones ambientales.

Protección por bloque de concreto prefabricado		- Esta medida se aplica en todo caso, sin embargo la velocidad determinara el tamaño del bloque. Una proposición es la relación entre la velocidad de flujo y el peso o tamaño de la piedra como se muestra en la figura 11.7.5. y la Tabla 11.7.7. - El hueco de la socavación se llena con arena o concreto y los bloques de concreto están unidos al lecho del río. - Este es el método más efectivo ante la socavación para los lechos de ríos arenosos o rocosos.



Fuente: Nota Técnica del Instituto de Investigación de Obra Pública No. 3225 "Estudio de la influencia de las Pilas en la vista de control de flujo" Noviembre 1998

Figura 11.7.5. Relación entre Tamaño de la Piedra para la Protección y la Velocidad

Tabla 11.7.7. Relación entre el Peso del Bloque de Concreto y la Velocidad

Forma del Bloque de Concreto	Peso del Bloque (ton)	Máxima Velocidad de Movimiento del Bloque de Concreto (m/sec)
Tipo plana	1.02	3.31
	2.012	3.7
	3.036	3.97
	4.014	4.15
	5.025	4.31

Fuente: Nota Técnica del Instituto de Investigación de Obra Pública No. 3225 "Estudio de la influencia de las Pilas en la vista de control de flujo" Noviembre 1998

2) Condiciones Existentes y Contramedidas

Del resultado de inspecciones de sitio, se observaron socavaciones a gran escala en el Río Nuevo (No.16) y Río Torres (No.29), como se muestra en la Figura 11.7.4. Los resultados de la inspección para la socavación y las contramedidas se resumen en la Tabla 11.7.4

Las condiciones de la socavación en el Puente sobre el Río Nuevo es el caso más serio de los 10 puentes, los pilotes expuestos del lecho del río con una altura de alrededor 2m. Esta exposición es causado por la Degradación y aumento del lecho del río.

Tabla 11.7.8. Condición de la Socavación y Contramedidas

Puente No.	condición de Socavación		Daño de Superficie de Pila por Corriente del Río o Rocas	Contramedidas
	Pila	Bastión		
Río Aranjuez (No.2)	Pequeño (b)	No se Observa	Pequeño	Intensificación de Inspección
Río Abangares (No.3)	No se Observa	No se Observa	No se Observa	Inspección Periódica
Río Ajufrado (No.7)	No se Observa	No se Observa	No se Observa	Inspección Periódica
Río Puerto Nuevo (No.12)	No se Observa	Colapso	No se Observa	Protegido con muro de concreto
Río Nuevo (No.16)	Grande (a)	No se Observa	No se Observa	Llenar con concreto entre pila y manto de gaviones y bloque de concreto para proteger el lecho cerca de Pilas.
Río chirripo (No.17)	Pequeño (c)	No se Observa	Grande	Protegido por concreto Intensificación de Inspección
Río Sarapiqui (No.19)	Pequeño (a),(c)	No se Observa	No se Observa	Intensificación de Inspección
Río Sucio (No.20)	Pequeño (a)	No se Observa	Grande	Protegido por concreto Intensificación de Inspección
Río Chirripo (No.26)	Pequeño (b) (c)	No se Observa	No se Observa	Intensificación de Inspección
Río Torres (No.29)	Grande (a)	No se Observa	No se Observa	Protegido con gaviones

Nota: ( ) los casos de socavación se muestran abajo

(a) Degradación y aumento del lecho del Río a largo plazo
(b) Socavación general del puente
(c) Socavación local en pilas y bastiones

11.8 Resumen del Diseño para la Rehabilitación, refuerzo y mejora de los 10 Puentes seleccionados

Los métodos de la rehabilitación, el refuerzo y mejora para los 10 puentes seleccionados se resumen en la Tabla 11.8.1. y 11.8.2.

Tabla 11.8.1 Resumen del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora para Superestructuras de los 10 Puentes seleccionados

(Se ejecutarán los métodos marcados con O)

Miembro	Métodos de Reparación y Refuerzo	R1			R2			R4		R32		R216
		2	3	7	12		16	17	19	20	26	29
		ST	ST	RI	SI	RI	RI	PB	SI	PB	SI	PI
Losa	Incremento del grosor del concreto en la parte superior			O			O					
	Adherencia FRP				O	O			O		O	
	Reemplazo (Panel PC)	O	O									
Sist. De Cubiertas y Viga Principal del Puente de Acero	Reemplazo de la losa	O	O	N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
	Incremento de la Sección del miembro		O	N/A		N/A	N/A	N/A	O	N/A		N/A
	Añadir miembro	O		N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
	Reemplazo de la PLaca de acero			N/A		N/A	N/A	N/A	O	N/A		N/A
	Añadir cable externo			N/A	O	N/A	N/A	N/A	O	N/A		N/A
Viga Principal de los puentes de PC y concreto reforzado	Añadir cable externo	N/A	N/A	O	N/A				N/A		N/A	
	Adherencia FRP	N/A	N/A		N/A		O		N/A		N/A	O
	Adherencia de la Placa de acero	N/A	N/A	O	N/A	O			N/A		N/A	
Accesorios de Puentes	REemplazo de la Junta de expansión	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	Reparar apoyo						O				O	
	Reemplazo de la Baranda	O	O									
Pavimento	Pavimento asfáltico	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	○
	Impermeabilización	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	○

Tabla 11.8.2 Resumen del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora para Subestructuras de los 10 Puentes seleccionados

(Se ejecutarán los métodos marcados con O)

Miembro	Métodos de Reparación y Refuerzo	R1			R2		R4		R32		R216
		2	3	7	12	16	17	19	20	26	29
		ST	ST	RI	SI,RI	RI	PB	SI	PB	SI	PI
Subestructura	Incremento de la Sección de la viga				O			O		O	O
	Cubierta de concreto	O	O	O		O					O
	Protección de la viga						O		O		
Fundación	Ensanchar fundación	O	O	O	O	O	O	O		O	O
	Añadir PIIa	N/A	N/A	N/A	N/A	O	N/A	O	N/A		N/A
Sistema de Prevención para colapso de puentes	Asegurar la longitud del asiento del Puente, el sist. De limitación el movimiento de la viga Conexión de la viga asismático	O	O		O	O		O		O	O
	Aseismatic Girder Connection		O		O			O		O	
Trabajos de protección	Protección del talud	O			O	O					
	Protección del lecho del Río (Gaviones)	O	O		O	O				O	O

CAPÍTULO 12 PLANEAMIENTO DE CONSTRUCCIÓN Y ESTIMACIÓN DE COSTOS PRELIMINAR PARA EL PROYECTO

12.1 Planeamiento de Construcción Preliminar

12.1.1 Generalidades

El planeamiento de la construcción para le proyecto de rehabilitación de los 10 puentes (de aquí en adelante referido a "el Proyecto") resulta de las bases del estudio y del análisis de resultados descritos en el capítulo 11.

El progreso del trabajo del Proyecto sin la necesidad de realizar detención del tráfico es crucial considerando aspectos socio-económicos porque esos puentes están localizados en rutas de importancia para Costa Rica por el tránsito de vehículos pesados.

12.1.2 Contenidos de los Trabajos de Rehabilitación para los 10 Puentes Seleccionados

Los ítems de los trabajos de Rehabilitación y sus cantidades son los siguientes

Tabla 12.1.1. Puente No.2 sobre el Río Aranjuez (R.1)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad
Superestructura	Slab	Reemplazar losa (losa prefabricada)	m^2	720.00
	Floor system	Añadir Larguero& recolocar	ton	55.07
	Main girder	Miembro Adicional	toneladas	18.03
	Sistema de Prevención para el Asiento	Ancho del asiento del Puente (A1)	m^3	4.06
		Ancho del asiento del Puente (P1)	m^3	8.54
		Ancho del asiento del Puente (P2)	m^3	8.54
		Ancho del asiento del Puente (A2)	m^3	2.99
	Accesorios	Nueva instalación de junta de expansión	m	18.30
		Instalar baranda flexible	m	200.24
		Pavimento asfáltico &impermeabilización	m^2	649.65
Subestructura	Pila	Cubierta de concreto (P2)	m^3	50.80
	Fundación	Agrandar Fundaciones (P1)	m^3	41.30
		Agrandar Fundaciones (P2)	m^3	281.39
		Instalar gabiones (A1)	m^2	180.00
		Instalar gabiones (P1)	m^2	396.00
		Instalar gabiones (P2)	m^2	396.00
		Mamposteria (A1)	m^3	150.00

Tabla 12.1.2. Puente No. 3 sobre el Río Abangares (R.1)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad
Superestructura	Losa	Reemplazar Losa (losa prefabricada)	m^2	703.00
	Sistema de Cubierta	Añadir Larguero & reacomodación (sección de 129 pies)	tonelada	35.28
		Añadir Larguero & reacomodación (sección de 200 pies)	tonelada	57.44
	Viga Principal	Reacomodación del diafragma	tonelada	5.17
		Reparar la Placa de Cubierta	tonelada	0.76
	Sistema de Prevención para el Asiento	Agrandar el asiento del puente (A1)	m^3	1.41
		Agrandar el asiento del puente (P1)	m^3	6.74
		Agrandar el asiento del puente (A2)	m^3	2.47
		Sistema de Conexión (tipo cadena)	no	24.00
	Accesorios	Nueva instalación de la junta de expansión	m	26.45
		Instalación de baranda flexible	m	202.68
		Pavimento Asfáltico e impermeabilización	m^2	741.30
Subestructura	Pila	Cubierta de concreto (P1)	m^3	45.91
	Fundación	Agrandar Fundación (A1)	m^3	39.88
		Agrandar Fundación (P1)	m^3	80.09
		Agrandar Fundación (A2)	m^3	50.64
		Instalar gaviones (P1)	m^2	504.00

Tabla 12.1.3. Puente No. 7 sobre el Río Azufrado (R.1)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad
Superestructura	Losa	Incremento del grosor de la losa	m^3	23.00
	Viga Principal	Adherencia de la placa de acero	m^2	46.80
		Incremento de la altura de la viga	m^3	3.94
	Accesorios	Nueva instalación de la junta de expansión	m	17.78
		Pavimento asfáltico e impermeabilización	m^2	295.01
Subestructura	Pila	Cubierta de concreto (P1 & P2)	m^3	2 x 19.60
	Fundación	Agrandar Fundación (P1 & P2)	m^3	2 x 29.00

Tabla 12.1.4. Puente No. 12 sobre el Río Puerto Nuevo (R.2)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad
Superestructura	Losa	Adherencia FRP (Superficie) (Sección del Puente de acero)	2capas/m^2	436.50
		Adherencia FRP (Lado Inferior) (Sección del Puente de acero)	2capas/m^2	432.30
		Adherencia FRP (Superficie) (Sección del puente de concreto reforzado)	2capas/m^2	77.20
		Adherencia FRP (Lado Inferior) (Sección del puente de concreto reforzado)	2capas/m^2	76.30
	Sistema de Cubierta Viga Principal	Cable de PC (3@70 pies sección del puente de acero)	m	312.00
		Cable de PC (80pies sección del puente de acero)	m	120.00
		Adherencia de la placa de acero (Sección del puente de concreto reforzado)	m^2	42.60
	Sistema de Prevención para el Asiento	Agrandar asiento del puente (A1)	m^3	1.91
		Agrandar asiento del puente (P1 & P2)	m^3	2 x 0.20
		Agrandar asiento del puente (P3)	m^3	0.28
		Agrandar asiento del puente (P4)	m^3	1.43
		Agrandar asiento del puente (A2)	m^3	3.10
		Sistema de Conexión (tipo cadena)	no	32.00
	Accesorios	Nueva Instalación de la junta de expansión	m	53.40
		Pavimento asfáltico & impermeabilización	m^2	982.80
Subestructura	Pila	Incremento de la altura de la viga transversal (P1-P4)	m^3	4 x 11.92
	Fundación	Agrandar Fundación (P1)	m^3	43.43
		Agrandar Fundación (P2)	m^3	5.36
		Agrandar Fundación (P3)	m^3	19.79
		Agrandar Fundación (P4)	m^3	13.66
		Agrandar Fundación (A2)	m^3	5.60
		Instalar gaviones (P1)	m^2	324.00
		Mampostería (A1)	m^3	150.00

Tabla 12.1.5. Puente No. 16 Sobre el Río Nuevo (R.2)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad
Superestructura	Losa	Incremento del grosor de la losa	m^3	36.95
		Adherencia FRP-1	6capas/m^2	14.30
		Adherencia FRP-2	1capas/m^2	289.55
		Reconstrucción de la Viga transversal	m^3	1.84
	Sistema de Cubierta Viga Principal	Agrandar asiento del puente (A1)	m^3	6.80
		Agrandar asiento del puente (A2)	m^3	5.45
	Accesorios	Nueva Instalación de la junta de expansión	m	17.78
		Pavimento asfáltico & impermeabilización	m^2	521.29
Subestructura	Fundación	Agrandar Fundación (A1)	m^3	91.03
		Agrandar Fundación (P1)	m^3	33.11
		Agrandar Fundación (P2)	m^3	27.96
		Añadir pilote adicional (A1)	m	160.00
		Instalar gaviones (A1)	m^2	60.00
		Instalar gaviones (P1 & P2)	m^2	1126.00
		Instalar gaviones (A2)	m^2	60.00

	Mamposteria (A1)	m^3	225.00
	Mampostería (P1 & P2)	m^3	60.00
	Mamposteria (A2)	m^3	225.00

Tabla 12.1.6. Puente No. 17 Sobre el Río Chirripo (R.4)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad
Superestructura	Accesorios	Reemplazar Junta de Expansión	m	20.40
		Reemplazar pavimento asfáltico & impermeabilizar	m^2	1,793.16
Subestructura	Pila	Protección contra piedras arrastradas (P1 & P2)	m^3	2 x 20.44
	Fundación	Agrandar Fundación (P1 & P2)	m^3	2 x 24.55

Tabla 12.1.7. Puente No. 19 Sobre el Río Sarapiqui (R.4)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad
Superestructura	Losa	Adherencia FRP (Superficie)	2capas/m^2	458.00
		Adherencia FRP (Lado Inferior)	2capas/m^2	478.70
	Viga principal	Cable de PC (apoyo)	m	409.60
		Cable de PC (tramos medio)	m	102.40
		Adherencia de la placa de acero	m^2	42.60
		Reemplazar placa de acero	ton	34.32
	Sistema de Prevención para el asiento	Agrandar asiento del puente (A1 & A2)	m^3	2 x 2.43
		Sistema de Conexión (tipo cadena)	no	10.00
	Accesorios	Nueva Instalación de la junta de expansión	m	14.60
		Pavimento asfáltico & impermeabilización	m^2	726.79
Subestructura	Pila	Incremento de la altura de la viga transversal (P1 & P2)	m^3	2 x 5.51
	Fundación	Agrandar Fundación (P1)	m^3	87.40
		Agrandar Fundación (P2)	m^3	86.80
		Añadir pilote adicional (P1)	m	239.40

Tabla 12.1.8. Puente No. 20 Sobre el Río Sucio (R.32)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad
Superestructura	Accesorios	Reemplazar Junta de Expansión	m	19.40
		Reemplazar pavimento asfáltico & impermeabilizar	m^2	1,816.33
Subestructura	Pila	Protección contra piedras arrastradas (P1 & P2)	m^3	2 x 6.48

Tabla 12.1.9. Puente No. 26 Sobre el Río Chirripo (R.32)

Miembro	Sub-Miembro	Descripción del Trabajo	Unidad	Cantidad
Superestructura	Losa	Adherencia FRP (Superficie)	2capas/m^2	2,158.20
		Adherencia FRP (Lado Inferior)	2capas/m^2	2,470.30
	Prevention system for unseating	Agrandar asiento del puente (P1)	m^3	11.10
		Agrandar asiento del puente (P7)	m^3	16.36
		Agrandar asiento del puente (A2)	m^3	2.16
		Sistema de Conexión (tipo cadena)	no	16.00
	Accesorios	Nueva Instalación de la junta de expansión	m	30.96
		Pavimento asfáltico & impermeabilización	m^2	3,527.84

Subestructura	Pila	Incremento de la altura de la viga transversal (P4)	m^3	8.94
	Fundación	Agrandar Fundación (P1 & P7)	m^3	2 x 63.30
		Agrandar Fundación (P2 & P6)	m^3	2 x 77.67
		Agrandar Fundación (P3, P4 & P5)	m^3	3 x 109.58

Tabla 12.1.10. Puente No. 29 Sobre el Río Torres (R.218)

Member	Sub-Member	Work Description	Unit	Quantity
Superestructura	Losa	Incremento del grosor de la losa (30m sección)	m^3	12.80
		Incremento del grosor de la losa (2@17m sección)	m^3	14.50
	Viga principal	Adherencia FRP-1	4capas/m^2	94.10
		Adherencia FRP-2	1layer/m^2	654.50
	Prevention system for unseating	Agrandar asiento del puente (A1)	m^3	6.24
		Agrandar asiento del puente (P1)	m^3	8.95
		Agrandar asiento del puente (P2)	m^3	4.24
		Agrandar asiento del puente (A2)	m^3	6.09
	Accesorios	Nueva Instalación de la junta de expansión	m	44.32
		Pavimento asfáltico & impermeabilización	m^2	165.10
Subestructura	Pila	Concrete jacketing (P1)	m^3	12.01
		Incremento de la altura de la viga transversal (P1 & P2)	m^3	2 x 13.73
	Fundación	Agrandar Fundación (A1)	m^3	36.98
		Agrandar Fundación (P1)	m^3	39.59
		Agrandar Fundación (A2)	m^3	17.55
		Instalar gaviones (P1)	m^2	324.00

12.1.3 Zonas de Trabajo bajo Vigas

Se deben aplicar varios tipos de andamios para la ejecución del Proyecto. A continuación se detallan varios tipos de andamios y sus ítems de trabajo apropiados.

Tipo-A

Este tipo de andamio es colgado por cadenas bajo la superestructura. Es crucial la preparación y facilitar medidas de seguridad (ej. Cercas, barandas y mallas de seguridad). Se deben instalar andamios internos si el claro entre la parte baja de la losa es mayor a 2m. Este tipo es aplicado a trabajos para losas y vigas. La Figura 12.1.1 muestra este tipo de andamio.

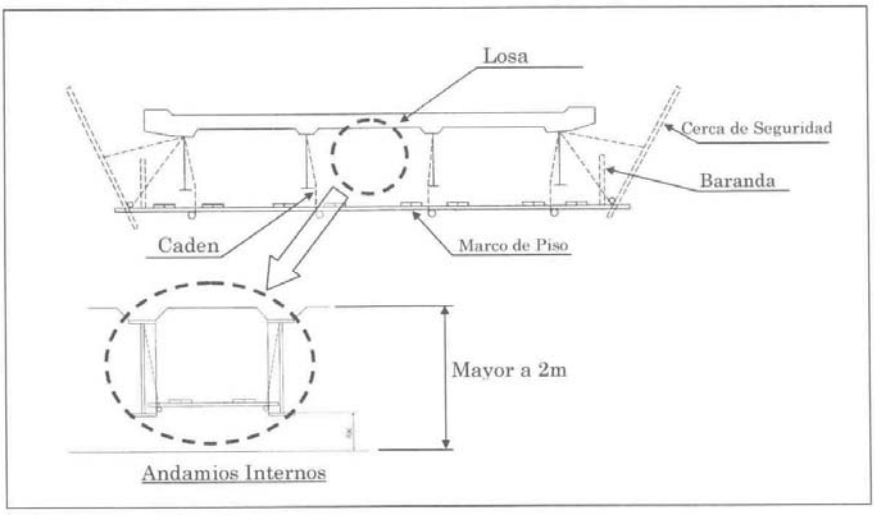


Figura 12.1.1 Andamio Tipo-A

Tipo-B

Este tipo es instalado a un lado de la Superestructura con cadenas y marcos de acero. Este tipo es empleado para trabajos en los pasamanos y barandas. La Figura 12.1.2 muestra la estructura de este tipo.

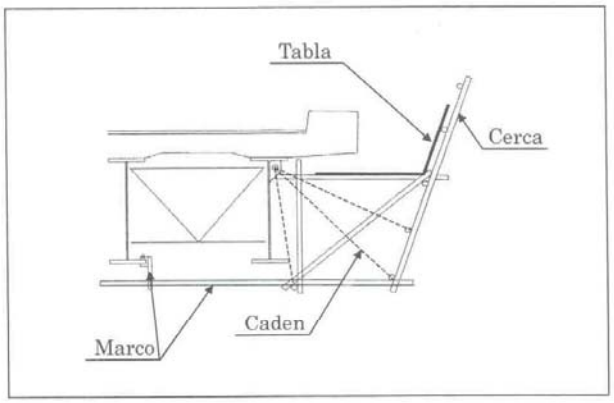


Figura 12.1.2 Andamio Tipo-B

Tipo-C

Este tipo se instala en la circunferencia de la pila con cadenas. Este tipo se utiliza en trabajos para pedestal de apoya, sistemas de prevención de asientos y juntas de expansión. La Figura 12.1.3 muestra la estructura de este tipo.

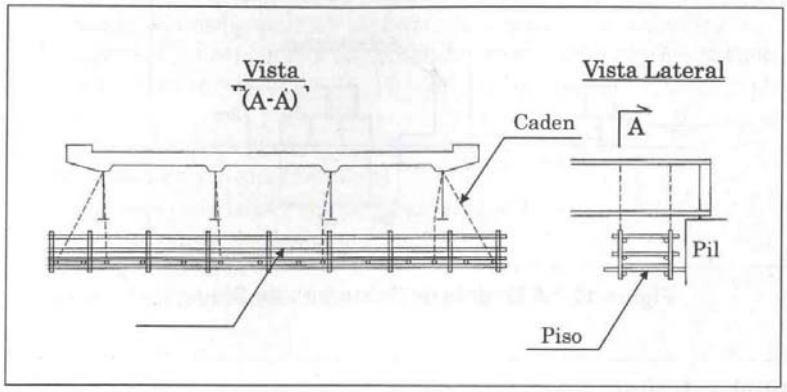
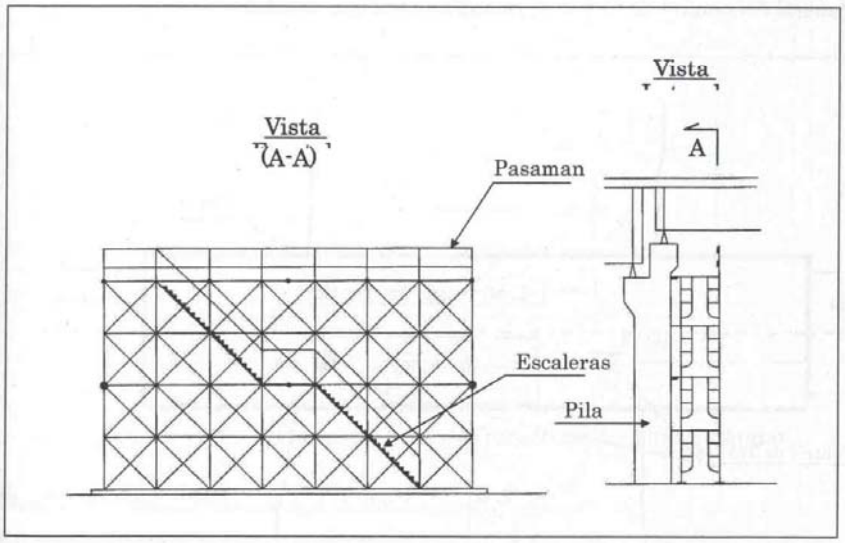


Figura 12.1.3 Andamio Tipo-C

Tipo-D

Este tipo se construye por medio del ensamble de marcos prefabricados. Este tipo se utiliza para trabajos en la subestructura. La Figura 12.1.4 muestra la estructura de este tipo.



12.1.4 Diques Provisionales

Los diques provisionales de sacos de arena Tipo (1m3/no) son construidos en el caso de que se lleva a cabo trabajos en la subestructura en la zona del río. Además se necesitarán drenajes en el dique para el bombeo de agua. Este método debe ser aplicado cuando el nivel de agua es bastante bajo y permanezca así todavía en la estación seca. Este trabajo es para el Puente No.19. La estructura de este dique se muestra en la Figura 12.1.5.

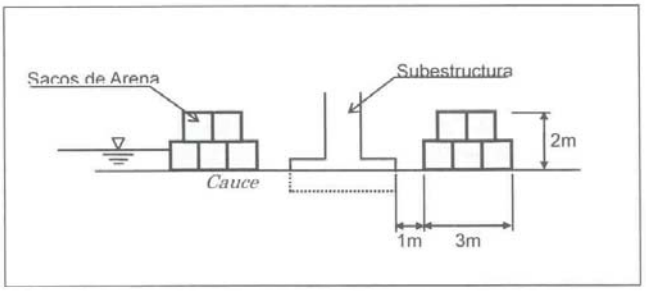


Figura 12.1.5 Modelo de Estructura de Dique

12.1.5 Control de Tráfico

Algunos ítems de trabajo (ej. reemplazo de losa, pavimento asfáltico, adherencia de láminas de FRP, etc.) requieren de detención del tráfico. Por otra parte, el impacto negativo del cierre de las vías durante el periodo de ejecución debe ser considerado. Sin embargo, los trabajos se pueden ejecutar de un lado del puente asegurando el libre transito por un lado y por el otro después de un tiempo. Para esta propuesta se requieren 4 trabajadores (ej. 2 en la zona de comienzo de trabajos y otros 2 en el final) para asignarles el control del tráfico. Un planteo general del control de tráfico se muestra en la Figura 12.1.6.

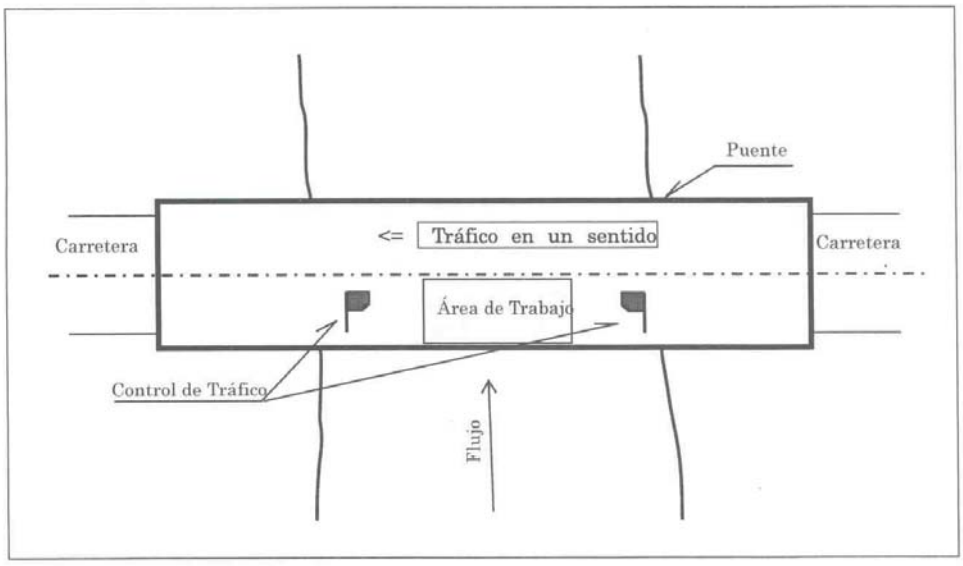


Figura 12.1.6 Planteo General de Control de Tráfico

12.1.6 Area de Construcción Temporal

Tipo Estándar

Un área de construcción temporal debe prepararse durante el periodo del Proyecto. El área debe ser bordeada con malla ciclón y vigilada por 2 guardas de seguridad las 24 horas por razones de seguridad. Para equipar de facilidades es preferible el Tipo Estándar. Este Tipo es aplicable a los Puentes No. 2, 3, 7, 16, 17 y 26. La Figura 12.1.7 muestra el planteo de este tipo.

- Campamento para ingenieros/supervisores
- Taller para obras in-situ (5m*10m)
- Bodega para materiales y equipo pequeño (5m*10m)
- 3 zonas de parqueo para equipo pesado
- Cabina de Seguridad
- Servicio Sanitario Portátil

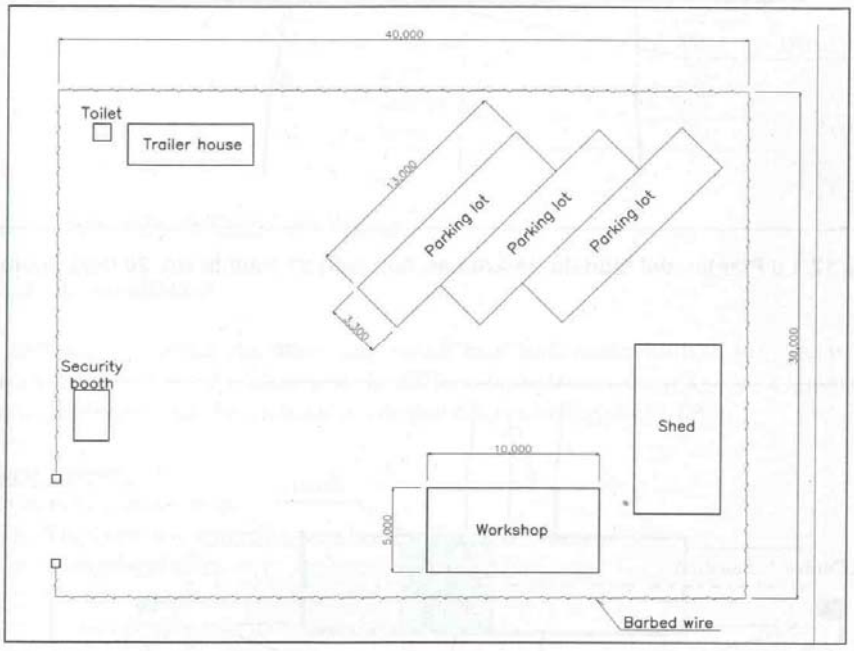


Figura 12.1.7 Planteo del Área de Construcción Tipo Estándar

Sitios con limitaciones de espacio (Puente No. 20 & 29)

A diferencia de los 8 puentes anteriores, el No. 20 (Río Sucio) y No.29 (Río Torres) tienen dificultades para asegurar el área suficiente para el área construcción. Respecto al No.20, es difícil obtener un área cerca del puente a no ser de cortar un talud al lado de la vía. Sin embargo, este método no es apropiado porque el puente esta localizado en un parque nacional. En el No.29, esta localizado en una zona de alta densidad poblacional en San José. Por lo tanto, construir una nueva área de construcción es difícil.

Considerando la situación anterior, un área de almacén provisional para equipo y materiales se debe preparar a un lado del área de trabajo de Puente. El planteo de modelos para los dos puentes se muestra en las Figura12.1.8 y Figura12.1.9.

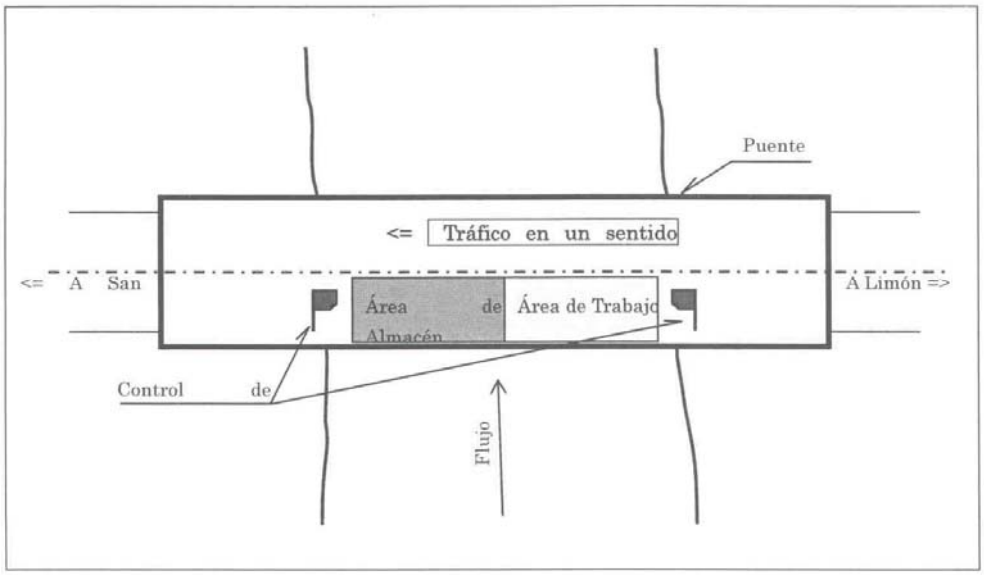


Figura 12.1.8 Planteo del Modelo de Área de Almacén en Puente No. 20 (Río Sucio)

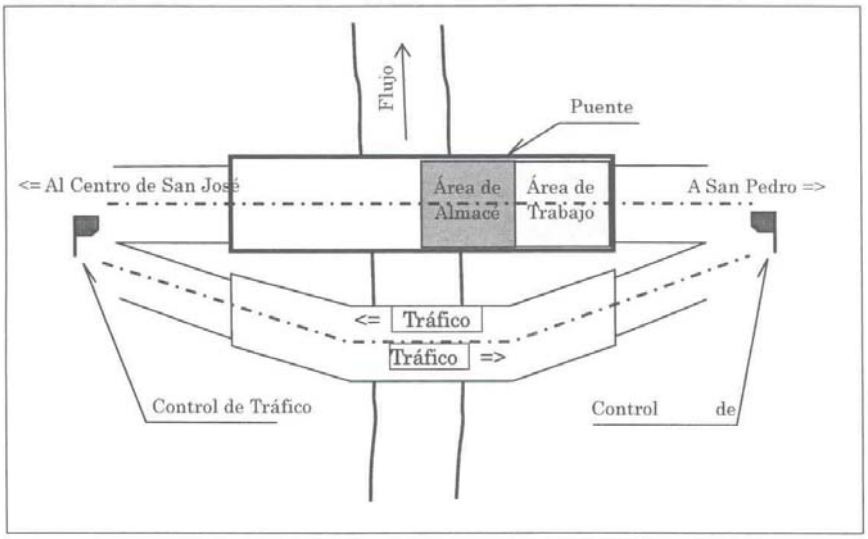


Figura 12.1.9 Planteo del Modelo de Área de Almacén en Puente No. 29 (Río Torres)

12.1.7 Programación de Construcción

Como resultado de la discusión anterior, los periodos de construcción de los 10 puentes se muestran en la Tabla 12.1.11. Además sus programaciones de obra están adjuntos en el Apéndice 12

Tabla 12.1.11 Periodo de Construcción en los 10 Puentes

Rt.	No.	Nombre	Periodo (días)
1	2	Río Aranjuez	120
	3	Río Abangares	140
	7	Río Azufrado	100
2	12	Río Puerto Nuevo	190
	16	Río Nuevo	140
4	17	Río Chirripó	80
	19	Río Sarapiquí	160
32	20	Río Sucio	60
	26	Río Chirripó	145
218	29	Río Torres	140

12.2 Estimación de Costos Preliminar

12.2.1 Generalidades

La estimación de costos preliminar esta basada en el análisis de resultados (ej. ítems trabajos seleccionados y sus cantidades) y en la planeación de la construcción (ej. programación de obra). Los costos del Proyecto están compuestos por los siguientes ítems.

Costos Directos

- Costo de Construcción
  - Preparación y remoción para facilitar sitios temporales
  - Control de tráfico en el período de construcción
  - Costo de ejecución de Obra
  - Costo de transporte de equipo y materiales

Costos Indirectos

- Costos de Imprevistos
- Costos Administrativos
- Ganancia del contratista

12.2.2 Condiciones para le Estimación de costos

(1) Tipo de Cambio

El tipo de cambio de la moneda para la estimación se aplica como un promedio para Agosto del 2006 según el Banco Central de Costa Rica (Colones Costarricenses <=> Dólares U.S.) y el Banco de Tokio-Mitsubishi UFJ (Yen Japonés <=> Dólares U.S.) Los rangos aplicados se muestran a continuación.

1	USD	=
	515.86	CRC
1	USD	=
	116.91	JPY
1 JPY =	4.41	CRC

NOTA: CRC = Colones Costarricenses, JPY = Yenes Japoneses & USD = Dólares U.S.A

(2) Costo Unitario

El costo unitario por trabajador, materiales y equipo para construcción son tomados de tablas dadas por el CONAVI. Esos son datos utilizados para la estimación de costos para proyectos de mantenimiento de vías por parte del CONAVI. Cada tipo de costo unitario esta detallado a continuación.

(1) Trabajador

El salario unitario por hora se calcula de la siguiente manera.

A = Salario Base + (Porción de las Cargas Sociales (47% del salario base)

Salario Total = A × Coeficiente de Habilidad

La Tabla 12.2.1 resume salarios unitarios por hora.

Tabla 12.2.1 Salarios Unitarios por hora

(Moneda: Colones)

CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	SALARIO BASICO	CON 47% DE LAS CARGAS SOCIALES	COEFICIENTE DE HABILIDAD	TOTAL
MOB001	Peón	hr	590	867	1,00	**867**
MOB002	Barrenador	hr	648	953	1,00	**953**
MOB003	Maestro de Obras	hr	813	1.194	1,00	**1.194**
MOB004	Mecanico	hr	813	1.194	3,25	**3.882**
MOB005	Asistente	hr	590	867	1,00	**867**
MOB006	Albañil	hr	648	953	1,00	**953**
MOB007	Carpintero	hr	676	994	1,00	**994**
MOB008	Trabajador Calificado	hr	648	953	1,00	**953**
MOB009	Soldador	hr	676	994	1,00	**994**
MOB010	Pintor	hr	590	867	1,00	**867**
MOB011	Guardia de Seguridad	hr	590	867	1,00	**867**
MOB012	Trabajador Gráfico	hr	676	994	1,00	**994**
MOB013	Asistente de Trabajador Gráfico	hr	590	867	1,00	**867**
OP001	Operador de Excavadora	hr	813	1.194	1,00	**1.194**
OP002	Conductor de Camion	hr	676	994	1,00	**994**
OP003	Operador de Quebrador	hr	676	994	1,00	**994**
OP004	Operador de Cargador a llantas	hr	676	994	1,50	**1.491**
OP005	Operador de Cabezal	hr	676	994	1,00	**994**
OP006	Operador de Grúa	hr	813	1.194	1,00	**1.194**
OP007	Operador de marcador de vias	hr	648	953	1,00	**953**
OP008	Conductor de Vagoneta	hr	648	953	1,00	**953**
OP009	Operador de Bulldozer	hr	813	1.194	1,75	**2.090**
OP010	Operador de desgarrador	hr	813	1.194	1,00	**1.194**
OP011	Operador de compactador	hr	676	994	1,00	**994**
OP012	Operador de motoniveladora	hr	813	1.194	2,00	**2.389**
OP013	Operador de retroexcavadora	hr	813	1.194	1,00	**1.194**
OP014	Operador de maquina de perforación	hr	676	994	1,00	**994**
OP015	Operador de planta de asfalto	hr	813	1.194	1,00	**1.194**
OP016	Operador de acabadora de asfalto	hr	813	1.194	1,00	**1.194**
OP017	Operador de mezcladora de concreto	hr	648	953	1,00	**953**
OP018	Operator of concrete paver	hr	813	1.194	1,00	**1.194**

al 01/Julio/2006 por CONAVI

(2) Materiales

El precio unitario por material de construcción incluye el 13% de impuestos. Los precios unitarios de la mayoría de materiales se encuentran en la Tabla 12.2.2.

Tabla 12.2.2 Precios Unitarios para la Mayoría de Materiales

(Moneda: Colones)

CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO
MAT064	ACERO PARA ESTRUCTURAS	kg	486
MAT039	ACERO PARA POSTENCION	kg	440
MAT011	ACERO DE REFUERZO	kg	343
MAT020	ACETILENO	kg	69.589
MAT059	ALAMBRE NAVAJA	m	26
MAT012	ALAMBRE NEGRO	kg	466
MAT146	ARENA max 4.75mm	m3	5.424
MAT021	ASFALTO 85/100	ltr	191
MAT013	CEMENTO PORTLAN (PLANTA DE AGUA CALIENTE)	kg	62
MAT008	CLAVOS VARIOS	kg	542
MAT009	DIESEL	ltr	288
MAT026	EMULSION ASFÁLTICA	ltr	164
MAT071	GAVION 2.40 mm 2 X 0.50 X 1 MALLA 8X10	no	11.690
MAT070	GAVION 2.40 mm 2 X 1 X 1 MALLA 8X10	no	16.930
MAT302	GASOLINA	ltr	389
MAT150	LASTRE (fine) max 38 mm	m3	3.221
MAT999	LUBRICANTE (para maquinaria pesada)	ltr	1.272
MAT066	MADERA ESPECIAL PARA BARANDA	pulg	187
MAT007	MADERA PARA FORMALETA	pulg	334
MAT028	MATERIAL / SELLA JUNTAS	kg	1.419
MAT161	MEZCLA ASFÁLTICA DE FABRICA	t	28.250
MAT148	ESCOMBRO max 250mm	m3	5.481
MAT032	PILOTES DE ACERO ESTRUCTURAL 12X12X53	m	61.444
MAT130	PILOTES DE ACERO ESTRUCTURAL 12X12X74	m	84.271
MAT134	PILOTES DE CONCRETO POSTENSADO 30X30 PC:MAT-134	m	31.730
MAT034	PILOTES DE CONCRETO POSTENSADO 35X35 PC:MAT-034	m	47.457
MAT017	TABLAESTACAS DE ACERO	m	8.468

En el caso de que las de las materiales específicos sean inciertas o irreales en el mercado local, se aplicara el precio de mercado Japonés después de la modificación de la estimación. El coeficiente de modificación se define de acuerdo a la comparación de la mayoría de los materiales de construcción de Costa Rica y Japón. La Tabla 12.2.3 muestra los resultados de esa comparación.

Tabla 12.2.3 Comparación de precios de la mayoría de materiales entre Costa Rica y Japón

Item	Unidad	Precio en Costa Rica		Precio en Japón		Porcentaje
		CRC	=> USD	JPY	=> USD	Costa Rica/Japón
Acero para estructura	kg	430	0,83	78	0,67	124,9%
Varillas de refuerzo	kg	303	0,59	57	0,49	120,5%
Cemento Portland	kg	55	0,11	8,6	0,07	144,9%
Mezcla de concreto (21N)	m3	57.600	111,66	9.490	81,17	137,6%
Asfalto (85/100)	ltr	169	0,33	52,5	0,45	73,0%
Emulsión asfáltica	ltr	145	0,28	52,3	0,45	62,9%
Promedio (= Coeficiente de Modificación)						**110,6%**

NOTA: Los costos anteriores no incluyen impuestos.

(3) Equipos de Construcción

Los costos unitarios de los equipos consisten de 2 ítems principales determinados como costos fijos y costos de operación. Además, estos costos están divididos en varios sub-ítems respectivamente. La estructura de costos es la siguiente.

(i)Costos Fijos
- i) Valor residual dado a su vida útil
- ii) Costo de contratación
- iii) Intereses
- iv) Seguros
- v) Impuestos (de 13.00% a 52.29% del total de los Costos Fijos)

(ii) Costos de Operación
- i) Partes de Repuestos
- ii) Combustible
- iii) Lubricantes
- iv) Llantas
- v) Recursos Humanos (mecánico & operador)

De acuerdo a los impuestos, un porcentaje del el porcentaje específico de costos fijos depende del tipo de equipo. Por ejemplo, una excavadora hidráulica, moto niveladoras, cargador sobre ruedas tienen un 15.97%. Por otra parte, vagonetas y carretas tienen 33.69%.

El costo unitario por horas de la mayoría de los equipos se muestra, con impuestos y sin impuestos en la Tabla 12.2.4

Tabla 12.2.4. Costo por Hora de la Mayoría de Equipos

(Moneda: Colone)

CODIGO	DESCRIPCION	COMPAÑIA	MODELO	CAPACIDAD (HP/KW)	VIDA UTIL (YR)	COSTO CON IMPUESTO			COSTO SIN IMPUESTO		
						COSTO FIJO	COSTO DE OPERACION	TOTAL	COSTO FIJO	COSTO DE OPERACION	TOTAL
ACA002	ACABADORA DE CONCRETO	DYNAPAC	CP2520HF	135 / 101	9.0	32.470	73.205	105.675	28.195	68.930	97.125
AIR001	COMPRESOR DE AIRE (DIESEL)	--	160 cfm	60 / 45	9.0	1.612	7.062	8.674	1.399	6.840	8.239
BAR202	BOREADORA DE VIAS	BROCE	BJ-550	80 / 60	6.0	5.561	13.680	19.240	4.958	13.077	18.035
BAT001	MEZCLADORA DE CONCRETO (Diesel)	YANMAR		8 / 6	5.0	329	1.746	2.075	291	1.708	1.999
BOM001	BOMBA CENTRIFUGA PARA AGUA (4,000gph)	(GASOLINA	Enzendido manual	7 / 5	9.0	182	2.193	2.375	157	2.168	2.325
CAB002	CABEZAL (20 ton)	43.000 lbs	6 X 4	235 / 175	7.0	9.315	23.822	33.137	8.196	22.702	30.898
CAM102	CAMION PLATAFORMA (11 ton)	--	4x2	180 / 134	7.0	7.344	16.319	23.662	5.791	14.766	20.557
CAM202	CAMION DE COMBUSTIBLE	--	6x4	210 / 157	7.0	7.450	19.346	26.797	5.871	17.767	23.638
CAL123	CARGADOR A LLANTAS (4WD) ARTICULADO	CATERPILLAR	950G	180 / 134	7.0	20.071	39.937	60.008	17.552	37.418	54.970
CAT016	COMPACTADOR DE ASFALTO CON 2 TAMBORES VIBRATORIOS	CATERPILLAR	CB 214D	33 / 25	11.0	4.422	10.636	15.058	3.976	10.190	14.166
COL012	COMPACTADOR DE ASFALTO CON NEUMATICO	CATERPILLAR	PS-150B	64 / 48	7.0	10.682	25.701	36.383	9.374	24.593	33.767
COP200	COMPACTADOR PATA DE CABRO	CATERPILLAR	815B	210 / 157	9.0	26.592	61.341	87.933	23.094	57.843	80.936
CIL007	COMPACTADOR DE SUELOS CON RODILLO	BOMAG	BW172D-2	74,4 / 57	9.0	12.480	21.927	34.407	10.925	20.371	31.296
DAG011	DISTRIBUIDOR DE ASFALTO	--	1600 GALONES	0 / 0	15.0	12.189	22.477	34.666	10.673	20.962	31.636
DAG100	DISTRIBUIDOR DE AGREGADOS (DIESEL)	ETNYRE	CHIP SPREADER	152 / 113	7.0	8.085	28.956	37.041	7.167	28.039	35.206
EXN101	ACABADORA DE ASFALTO MONTADA EN RUEDAS	BARBER GREENE	BG-2200	100 / 81	9.0	29.246	71.770	101.016	25.615	67.939	93.554
EXN103	ACABADORA DE ASFALTO MONTADA EN RUEDAS	CATERPILLAR	AP-1050	145 / 108	9.0	42.245	102.579	144.824	36.624	96.758	133.382
GEN020	GENERADOR 20 kw	Generico	Diesel	33 / 25	10.0	1.299	6.275	7.574	1.120	6.096	7.217
GEN100	GENERADOR 100 kw	Generico	Diesel	142 / 107	10.0	2.109	17.242	19.351	1.819	16.952	18.770
GEN950	GENERADOR 1,000 kw	Generico	Diesel	1425 / 1063	10.0	21.191	160.592	181.783	18.273	157.674	175.947
GRE950	GRUA MONTADA SOBRE CAMION CON BRAZO TIPO CELOSIA, 8x4 40.0 ft (51.8 ton)	LINK-BELT	HC-788	84 / 63	10.0	42.298	63.405	105.704	36.679	57.777	94.447
GRE101	GRUA HIDRAULICA (15TON)	GROVE	RT58E	130 / 97	7.0	20.400	37.196	57.596	17.787	34.583	52.370
GRE202	GRUA MONTADA SOBRE ORUGA (110TON)	LINK-BELT	LS-218H	267 / 184	15.0	36.419	63.867	100.286	31.691	59.048	90.649
MOT400	MOTOTRAILLA (34 CY, 26 m3) EROPS	CATERPILLAR	631E	475 / 354	9.0	56.678	120.780	177.458	49.070	113.172	162.242
NIR101	MOTONIVELADORA RIGIDA	CHAMPION	720	160 / 119	9.0	14.533	33.269	47.802	12.924	31.659	44.583
NIV098	MOTONIVELADORA ARTICULADA	KOMATSU	GD 530A-2C	144 / 107	9.0	14.356	31.967	46.322	12.943	30.354	43.297
PAL099	PALA EXCAVADORA HIDRAULICA (2m3 TM)	CATERPILLAR	320BL	128 / 95	7.0	23.301	44.876	68.177	20.289	41.863	62.152
PLA103	PLANTA DE ASFALTO (165-356 tph, 7' 4" x 35'0")	CEDARAPIDS	8835	193 / 144	10.0	70.369	107.032	177.401	60.703	97.567	158.270
QPE101	QUEBRADOR PRIMARIO (mandibula, 21"x48", alimentador 42"x10')	PIONEER	SM-2148	125 / 93	7.0	49.120	102.033	151.154	42.693	95.405	138.098
QSE100	QUEBRADOR SECUNDARIO (cono 46", brida 48"x12')	KUE-KEN	60 CT-412	155 / 116	7.0	32.961	66.790	99.850	27.809	62.538	90.348
QCO001	QUEBRADOR DE CONO TIPO CONO	--	56"	75 / 56	7.0	16.999	36.031	53.031	14.822	33.854	48.675
RET010	CARGADOR RETROEXCAVADOR LLANTAS 2WD	CASE	580-L	70 / 52	8.0	8.234	15.923	24.176	7.313	14.982	22.295
TAG200	TROMPOS AGITADORES DE CONCRETO (6 m3)	--	--	235 / 175	8.0	13.408	43.504	56.913	11.704	41.800	53.505
TRA110	TRACTOR DE ORUGA (EROPS)	CATERPILLAR	D6R	165 / 123	7.0	20.341	43.916	64.257	17.883	41.438	59.341

3) Cálculo del Costo Unitario por ítem de Trabajo

(1) Aplicaciones estándar de Estimación de Costos

Los siguientes estándares son utilizados para estimar el costo unitario de los ítems de trabajo del Proyecto. Generalmente, los estándares de Costa Rica son preferidos en caso de que ambos países tengan un método de estimación de costos certero. (ej. encofrado, refuerzo, trabajos de excavación de suelos, etc.).

Costa Rica

- ☐ LICITACION RESTRINGIDA PARA LA CONTRATACION DE LOS SERVICIOS DE UN CONSULTOR PARA LA ACTUALIZACION Y MODERNIZACION DEL SISTEMA DE COSTOS DE OBRAS VIALES DEL AREA DE VIALIDAD
  - ☐ INFORME FINAL
  - ☐ FORMULACION DE RENGLONES DE PAGO TOMO I, II, III & IV
  - ☐ TABLAS

Japón

- ☐ ESTIMACION DE COSTOS DE OBRA CIVIL DEL MINISTERÍO DE TERRENO, INFRAESTRUCTURA Y (2005)
- ☐ ESTANDAR DE ESTIMACION DE COSTOS DE OBRA CIVIL DE CARRETERAS DE JAPON (2005)
- ☐ ESTANDAR DE ESTIMACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION DE PUENTES (2005)
- ☐ METODO ESTANDAR DE ESTIMACION DE COSTOS DE OBRA CIVIL (42TH REV.)
- ☐ MANUAL DE METODOS DE ESTIMACION DE COSTOS DE OBRA CIVIL (2005)
- ☐ TABLAS DE CALCULO DE CONTRATACION DE EQUIPO DE CONSTRUCCION (2003)
- ☐ MANUAL DE ESTIMACION DE COSTOS DE REFUERZO EN PUENTES POR EL METODO DE CALBE EXTERNO (2004)

GUIA DE PRECIOS UNITARÍOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

(MAYO/2006)

(2) Modificación de Costos Unitarios

(i) Trabajador

En el caso de que se apliquen los estándares japoneses, el número de trabajadores (ej. maestro de obras, operario, peón, etc.) para cada actividad de trabajo será modificado dependiendo de las condiciones de la región mostradas en la Tabla 12.2.5. Este método es de acuerdo con la estimación de costos del proyecto de ayuda de concesión de Japón.

Tabla 12.2.5 Modificación del Coeficientes del Número de Trabajadores

Región	Trabajador no Calificado	Trabajador Calificado
Asia	1.5 veces el número de trabajadores de los Estándares Japoneses	2.5 veces el número de trabajadores de los Estándares Japoneses
África	2.0	3.5
Centro y Sur América	1.5	2.5
Oceanía	2.5	4.0
Medio Este	2.0	3.5
Europa Occidental	1.2	1.5

(a) Gastos Varios

Generalmente hay rubros referentes a gastos varios en los estándares de Japón. Estos se preparan para gastos en obras menores, equipos y materiales incluidos en los ítems de trabajo. Son calculados como un porcentaje del costo total del trabajador en algunos casos. Por ejemplo, el 15% del costo total de obrero se prepara para gastar en picar, corta de metal, oxigeno y acetileno en el costo unitario de "remover juntas de expansión"

Sin embargo, el aumento es insuficiente si se aplica a los salaries de los trabajadores en Costa Rica definidos en la Tabla 12.2.1 por la gran diferencia de salarios entre Costa Rica y Japón. La Tabla 12.2.6. muestra una comparación entre los salarios de Costa Rica y Japón.

Tabla. 12.2.6 Comparación de Salarios Unitarios por Hora entre Costa Rica & Japón

Tipo de Trabajador	Salario en Costa Rica		Salario en Japón		Porcentaje
	CRC	=> USD	JPY	=> USD	JP/CR
Peón	867	1,68	1.637	14,00	833%
Maestro de obras	1.194	2,31	2.385	20,40	881%
Carpintero	994	1,93	2.150	18,39	954%
Trabajador Calificado	953	1,85	2.097	17,94	970%
Promedio de operario	1.247	2,42	2.096	17,93	741%
				Promedio	**876%**

Por otra parte, el número de trabajadores por unidad de obra ya ha sido modificado de acuerdo a la Tabla 12.2.5. Por lo tanto, el incremento por gastos varios debe ser modificado de la siguiente manera;

Trabajador No Calificado: (costo total del trabajador Costarricense) × 584% (^{*1})

Trabajador no Calificado: (costo Total del Trabajador de Costa Rica) × 350% (^{*2})

(^{*1}) 876% ÷ 150% = <u>584%</u>

(^{*2}) 876% ÷ 250% = <u>350%</u>

(3) Costo Unitario por Ítem de Trabajo

La aplicación de costos unitarios para la mayoría de los ítems de trabajo referidos a estándares descritos anteriormente y los métodos de modificación están resumidos en la Tabla 12.2.7 y un desglose de los ítems de trabajo de muestra denominado "Remoción de juntas de expansión" se muestran en la Tabla 12.2.8. Acorde a esto, la lista completa del desglose de cada ítem de

trabajo esta adjunto en el Apéndice 12.

Tabla 12.2.7 Costos Unitarios para la Mayoría de Ítems de Trabajo

Ítem de Trabajo	Unidad	Costo (USD)	Estándar
Inyección y llenado en la superficie de concreto	m (longitud de grieta)	10.28	Japón
Remover el pavimento existente	M3	27.55	Japón
Remover pasamanos	M3	7.02	Japón
Picar superficie de concreto	M2	15.31	Japón
Perforar hueco en miembro de acero	no	2.67	Japón
Pegar fibra de laminas de concreto sobre losa	2capas/m2	308.75	Japón
Reemplazar pedestal de apoyo (Fijo) (incluye costo del material)	no	14,806.72	Japón
Reemplazar junta de expansión (incluye costo del material)	m	1,139.25	Japón
Impermeabilización de losa (método de pintado)	M2	105.30	Japón
Instalar gaviones (2m*1m*1m)	m	230.18	Japón
Encofrado (incluye costo del material)	M2	5.11	Costa Rica
Arreglo de varillas (incluye costo del material)	kg	1.08	Costa Rica
Demoler estructura de concreto	M3	109.36	Costa Rica
Superficie Pavimento Asfáltico	M3	136.71	Costa Rica
Perforación de estructura (suelo)	M3	2.84	Costa Rica
Colado y curado de concreto (225kg/cm2)	M3	154.27	Costa Rica
Instalar nueva baranda de acero	m	100.00	Costa Rica
Inca de pilotes (Acero H)	m	274.19	Costa Rica
Trabajos de mampostería	M3	63.40	Costa Rica

Tabla. 12.2.8 Desglose de Ítems de Trabajo "Remoción de Juntas de Expansión"

Remover Juntas de Expansión	Descripción del Trabajo:		Desamblar y remover las juntas de expansión existentes						CODE:	C
		per	10,00	m					P940 Tab.4-20 Cost estimate of bridge cons	
Item	Especificación	Unidad	Cantidad	Precio Unitario			Cantidad Total			Com
				CRC	USD	JPY	CRC	USD	JPY	
Maestro de Obras	1.00day x 2.50 x 8hrs	hr	20,00	1.194			23.880			MOB003
Trabajador Capacitado	4.00day x 2.50 x 8hrs	hr	80,00	994			79.520			MOB014
Peón	1.00day x 2.50 x 8hrs	hr	20,00	867			17.340			MOB001
CAMION PLATAFORMA (7 ton)	1.70day x 5.31hrs (with 2.9t crane)	hr	9,03	18.462			166.656			Hora operada e 850hrs/año ÷160 =5.31hrs/día
COMPRESOR DE AIRE (DIESEL)	1.40day x 8hrs	hr	11,20	8.674			97.149			3.5-3.7m3/min
CORTADOR DE CONCRETO	1.40day x 8hrs	hr	11,20	11.992			134.310			30kg
Gastos Varios	costo de Cinceles, cortadores de acero, oxigeno, acetileno, combustible	time	3,50				63.389			15% del costo t trabajador (JPN
Sub Total de 10m							582.243			
Remover Juntas de Expansión	Desamblar y remover las juntas de expansión existentes	m					58.224			

Coeficiente modificado

Coeficiente

Contenidos de Gastos

Cantidad Modificada de Gastos Varios

Porcenta Desi

12.2.3 Costo Estimado del Proyecto

1) Costos Directos

Básicamente los costos directos son estimados de acuerdo a los costos unitarios par alas rehabilitaciones y sus correspondientes cantidades. Sin embargo, referente a los costos de transporte para los materiales y equipo, y las condiciones de ellos (ej. distancia entre el sitio y el suplidor, tajos, etc.) sin varias porque las ubicaciones de los puentes están esparcidas por el país. Por lo tanto, el costo del transporte del proyecto es aplicado como un average de los costos directos y muestras de proyectos implementados por el MOPT en el pasado. Los porcentajes de los proyectos de muestra se muestran en la Tabla 12.2.9. El 5% total del costo directo es aplicado a los costos de transporte del Proyecto.

.

Tabla. 12.2.9 Porcentaje de Costos de Transporte entre Muestras de Proyectos

(Moneda: U.S. Dólares)

Muestra No.	Total de Costos Directos	Transporte	Otros Costos
1	1,131,361	49,690 (4.4%)	1,081,671 (95.6%)
2	981,332	47,830 (4.9%)	933,502 (95.1%)
3	1,329,638	52,235 (4.1%)	1,277,402 (95.9%)

2) Costos Indirectos

Generalmente, los costos en esta categoría son nombrados como costos de imprevistos, costos de administración y utilidades del contratista, que son estimados de acuerdo a un porcentaje de los costos directos por las agencias de implementación de proyectos (ej. MOPT, CONAVI). Sus porcentajes son variables dependiendo del presupuesto que se tenga para el proyecto. Aplicando porcentajes para el Proyecto se han decidido los siguientes basados en el análisis previo y la discusión con la contraparte.

(a)Costos de Imprevistos: 5% del total de costos directos

(b)Costos Administrativos: 10% del {total de costos directos + (a)}

(c)Utilidad del Contratista: 10% del {total de costos directos + (a) + (b)}

3) Result of Cost Estimate

The Project cost estimate for 10 selected bridges are finalized in Table 12.2.10. Further, their breakdown lists are attached in Appendix-12.2.

Tabla 12.2.10. Resumen del Costo del Proyecto

Item	Spec.	Unit	Qty	Unit Price		Total Amount			Remarks	Equivalent (USD)
				CRC	USD	JPY	CRC	USD	JPY		
No.2 Río Aranjuez (1 of 2)	Rt.1. Steel truss, L=87.78m. Completion in 1955	site	1.00	287,241,753		30,285,792	287,241,753		30,285,792	RT001.02.1	$815,873.33
No.2 Río Aranjuez (2 of 2)	Rt.1. Steel truss, L=87.78m. Completion in 1955	site	1.00	220,201,030	26,713	2,558,910	220,201,030	26,712.52	2,558,910	RT001.02.2	$475,462.37
No.2 Río Aranjuez Total							**507,442,784**	**26,713**	**32,844,701**		**$1,291,335.71**
No.3 Río Abangares (1 of 2)	Rt.1. Steel thru truss, L=110.34m. Completion in 1953	site	1.00	309,068,365		29,292,663	309,068,365		29,292,663	RT001.03.1	$848,689.64
No.3 Río Abangares (2 of 2)	Rt.1. Steel thru truss, L=110.34m. Completion in 1953	site	1.00	198,340,941	107,080	3,555,149	198,340,941	107,079.52	3,555,149	RT001.03.2	$521,974.79
No.3 Río Abangares Total							**507,409,306**	**107,080**	**32,847,813**		**$1,371,664.42**
No.7 Río Azufrado	Rt.1. Rigid reinforced concrete frame, L=31.39m. Completion in 1953	site	1.00	117,281,252	80,042	14,608,995	**117,281,252**	**80,041.50**	**14,608,995**	RT001.07	**$432,361.76**
No.12 Río Puerto Nuevo (1 of 2)	Rt.2. Steel beam & reinforced concrete girder, L=104.89m. Completion in 1961	site	1.00	78,804,061		72,287,237	78,804,061		72,287,237	RT002.12.1	$771,271.60
No.12 Río Puerto Nuevo (2 of 2)	Rt.2. Steel beam & reinforced concrete girder, L=104.89m. Completion in 1961	site	1.00	265,831,855	40,021	5,210,845	265,831,855	40,020.75	5,210,845	RT002.12.2	$599,910.01
No.12 Río Puerto Nuevo Total							**344,735,916**	**40,021**	**77,498,082**		**$1,371,181.61**
No.16 Río Nuevo	Rt.2. Continuous reinforced concrete girder, L=355.47m. Completion in 1961	site	1.00	280,730,856		13,694,389	**280,730,856**		**13,694,389**	RT002.16	**$661,335.87**
No.17 Río Chirripo	Rt.4. Concrete box girder, L=175.80m. Completion in 1978	site	1.00	226,420,000		5,438,424	**226,420,000**		**5,438,424**	RT004.17	**$485,435.57**
No.19 Río Sarapiquí	Rt.4. Steel I-beam, L=109.98m. Completion in 1978	site	1.00	261,306,357		70,312,715	**261,306,357**		**70,312,715**	RT004.19	**$1,107,777.26**
No.20 Río Sucio	Rt.32. Concrete box girder, L=187.25m. Completion in N.A.	site	1.00	163,653,216		4,996,830	**163,653,216**		**4,996,830**	RT032.20	**$359,984.29**
No.26 Río Chirripo (1 of 2)	Rt.32. Continuous steel I-beam, L=431.90m. Completion in 1974-1978	site	1.00	52,217,159		222,143,100	52,217,159		222,143,100	RT032.26.1	$2,001,344.11
No.26 Río Chirripo (2 of 2)	Rt.32. Continuous steel I-beam, L=431.90m. Completion in 1974-1978	site	1.00	610,636,845		9,866,921	610,636,845		9,866,921	RT032.26.2	$1,268,878.84
No.26 Río Chirripo Total							**662,854,005**		**232,110,021**		**$3,270,322.96**
No.29 Río Torres (1 of 2)	Rt.218. Concrete post-tensioned I-girder, L=66.46m. Completion in N.A.	site	1.00	34,044,448		24,762,335	34,044,448		24,762,335	RT218.29.1	$277,802.34
No.29 Río Torres (2 of 2)	Rt.218. Concrete post-tensioned I-girder, L=66.46m. Completion in N.A.	site	1.00	130,581,768		3,057,081	130,581,768		3,057,081	RT218.29.2	$279,283.14
No.29 Río TorresTotal							**164,626,216**		**27,819,416**		**$557,085.47**
Summary	**Total project costs of 10 bridges**	**La**					**3,236,359,907**	**253,854**	**512,171,387**	**$10,968,474.93**	<==

CAPÍTULO 13 ANÁLISIS ECONÓMICO

13.1 Introducción

13.1.1 Objetivo y Condición

En el área del Alcance del Trabajo y la Reunión de Involucrados, el análisis económico no ha sido indicado. En general se establece y formula el método de análisis económico para la construcción de nuevas carreteras, pero este no se ha establecido para la rehabilitación y el reforzamiento especialmente de puentes, ya que todavía está bajo estudio académico.

En el mencionado trasfondo, el objetivo de este análisis económico incluye temas tales como:1) consideración del método de análisis económico apropiado para la rehabilitación y reforzamiento de puentes, 2) criterio de este análisis con los diez puentes seleccionados, y 3) sistematización del método para poder extenderlo a otros puentes.

13.1.2 El Concepto de Análisis Económico para la Rehabilitación y Reforzamiento de Puentes

Para poder alcanzar los objetivos mencionados, se ha establecido a continuación el concepto de análisis económico.

- Revisar el método de análisis económico para la construcción de infraestructura especialmente para carreteras y para realizar propuestas para el método adecuado de análisis económico para la rehabilitación y reforzamiento.

- Considerar que este resultado será posible usarlo para los materiales aplicados a la sociedad y los usuarios de las carreteras para que comprendan y tengan conciencia de la importancia del mantenimiento de puentes. Esto puede ser de ayuda al módulo del proyecto 5 en el contexto del desarrollo de capacidad.

- Para conducir el análisis económico principalmente en cuanto al beneficio y al costo se ha de estimar cuando se implemente a cada puente seleccionado el conjunto de rehabilitación y reforzamiento.

Durante el periodo de estudio, dos reportes del estudio de factibilidad han sido recolectados para ser usados como referencia de los parámetros económicos. Estos fueron conducidos por el CNC para la concesión de proyectos de carreteras, estos son: *"Diseño Preliminar y Estudio de Factibilidad para la Concesión de Obra con Servicio Público de la Carretera Braulio Carrillo (San José – Guápiles – Limón) 2001. 6"* y *"Diseño Preliminar Y Estudio De Factibilidad Técnica, Social, Ambiental, Económica Y Financiera Para La Concesión De Obra Con Servicio Público De Las Secciones A, B Y D Del Proyecto Anillo Periférico De San José De Costa Rica 2004.10"*.

13.1.3 Costo del Proyecto y Beneficios para la Rehabilitación y Reforzamiento de Puentes

Con base en "realizar" y "no realizar" para la rehabilitación y reforzamiento de puentes, los costos y beneficios del proyecto se observan en la tabla que se muestra a continuación. Los beneficios del proyecto se evalúan como costos de reducción, los cuales son los costos en caso de "no realizar". Observe que los costos en "no realizar" se estiman bajo el contexto que se daría cuando el puente no se rehabilite o refuerce en el futuro.

Tabla 13.1.1. Conceptos Básicos de los Costos y Beneficios

	Realizar	No realizar
Contexto	Conducir la Rehabilitación y el Reforzamiento -> Extender la vida del puente -> Ser anti-sismico	No conducir la Rehabilitación y el Reforzamiento -> Quedar fuera de uso cuando el Puente llegue a su tope de vida. -> En caso de sismos el Puente se caería.
Costo	Costo 1: Costo del Trabajo para la Rehabilitación y el Reforzamiento Costo 2: Costo Social del desvío por el cierre o la espera del tráfico por las restricciones de transito.	Tipo A: Contexto Causado por la vida del puente Costo 1: Costo de Obras para la reconstrucción Costo 2: Costo Social Costo del desvío por el cierre del tráfico en el periodo de construcción. Tipo B: Contexto causado por sismos Costo 1: Costo de Obras para recuperarse de la emergencia y la reconstrucción Costo 2: Costo Social Costo del Desvío por el cierre del tráfico durante el periodo de construcción.
Beneficio del Proyecto	Reducción de los costos en No realizar	

De acuerdo a estos conceptos, las características de la apariencia de los Costos y Beneficios se muestran a continuación. Es claro que los beneficios aparecen solamente cuando los eventos ocurren bajo el contexto de vida del puente y sismos. Estos beneficios tienen las siguientes características.

- Los beneficios de la vida de los puentes aparecen de "inmediato" cuando se da este contexto.

- Los beneficios que aparecen por sismo aparecen "cada año" ya que existe una probabilidad de recurrencia de terremotos.

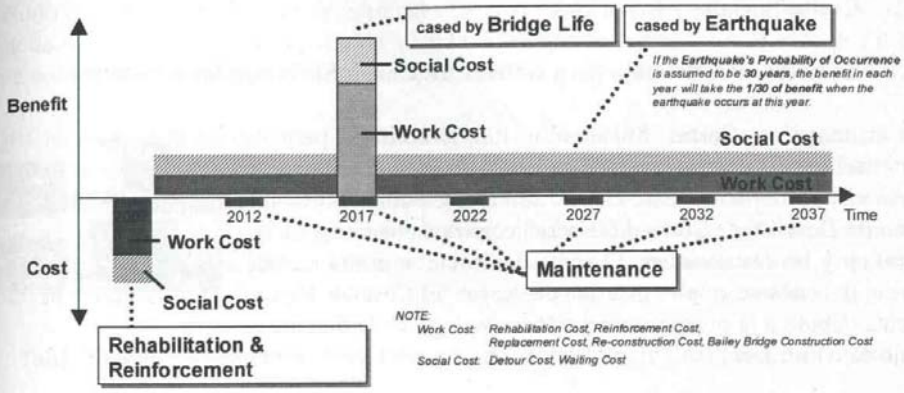


Figura 13.1.1. Imagen de la Apariencia de los Costos y los Beneficios

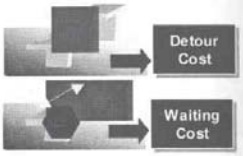
Este estudio necesita 30 años para un período de evaluación dada su situación, especialmente si ocurren terremotos de 30 a 50 años ya que la vida de la mayoría de los puentes es de 30 años.

La siguiente sección describe como los Costos Sociales y los Beneficios se estimarían y sus resultados, posteriormente se describe el Costo de Obras, por último se verá el análisis económico tal como el EIRR y B/C.

13.2 Costos Sociales y Beneficios

13.2.1 Estructura de Trabajo para estimar los Costos Sociales y los Beneficios

Para estimar los Costos Sociales y los Beneficios para la rehabilitación y reforzamiento de puentes, es necesario que se incluya el tipo de ítems. Este estudio toma el Costo Social como "Costo de Desvío" y "Costo de Espera" como resultado del cierre del tráfico y las restricciones. El costo de desvío aumenta cuando se cae el puente y se emplea una ruta de desvío. El Costo de Espera aumenta debido a la restricción del tráfico se da una vía durante el trabajo de construcción.



La secuencia para estimar el costo social se resuelve a continuación.

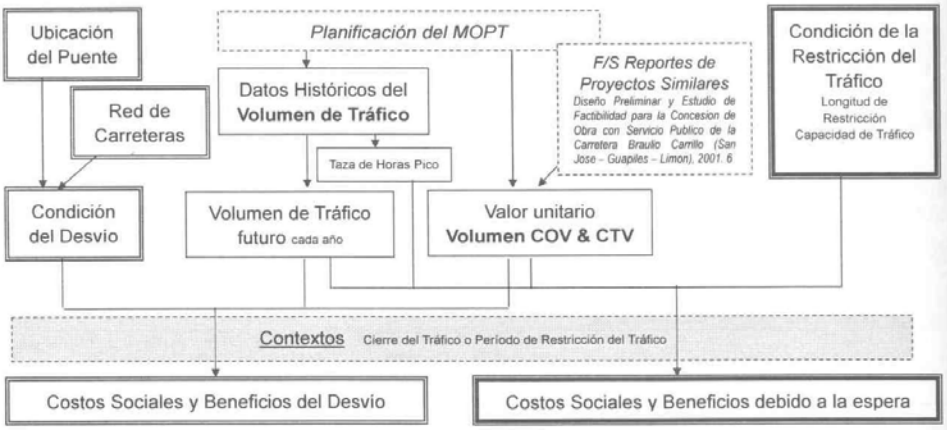


Figura 13.2.1. Secuencia del Estimado de Costos Sociales y Beneficios

Para poder estimar los Costos Sociales y los Beneficios como resultado de los desvíos y la espera, es necesario estimar el volumen de tráfico en el futuro y identificar el valor unitario. Para el Costo de operación por vehículo (COV) y el Costo de Tiempo de Viaje (CTV). Ambos son estudiados por el Departamento de Planificación del MOPT, por lo que después de revisados se aplican a este estudio. El valor del tiempo para Activos (bienes) es referido por un reporte similar del estudio de factibilidad para proyectos de concesión de carreteras.

Primero, el volumen de tráfico a futuro deberá de ser estimado, y luego, el valor unitario del "Costo de Operación de Vehículos" (COV) y el "Costo del Tiempo de Viaje" (CTV) se deberán de aplicar a la diferencia entre el caso original y el caso del desvío o espera. La siguiente sección describe los detalles de cada ítem.

1) Estimado del Volumen de Tráfico

El equipo de estudio ha recopilado los datos históricos de tráfico del Departamento de Planificación del MOPT. El método de estimado del volumen de tráfico se toma como un

"Método de Tendencia (Método de Estimado Externo)" en lugar del Método Unitario Básico (Método de Modelo de Función) debido a las limitaciones de la precisión de los datos para el número de registro de vehículos[1] y el número de la población a futuro y el PIB.

MOPT ha recopilado los datos del volumen de tráfico desde 1987 en cada estación. Después de identificar la estación cercana a cada puente, se estima el volumen de tráfico a futuro con una función lineal y cada categoría de volumen de tráfico (por ejemplo: vehículos de pasajeros, camiones de dos ejes, camiones de cinco ejes[2]) se divide bajo la misma proporción que el último volumen de tráfico. Los resultados de la fórmula del estimado del volumen de tráfico se muestran en la siguiente tabla. Los detalles se describen en el Apéndice-4.1.

Tabla 13.2.1. Resultados de la Fórmula del estimado del Volumen de Tráfico

No. De Puente		Ruta	Fórmula del Estimado del Volumen de tráfico *Y: Volumen de Tráfico (TPD), X: A.D.,*		Proporción de la Categoría de Vehículos %		
					Vehículos de Pasajeros	2 Ejes	5 Ejes
No 2	Río Aranjuez	R. 1	*Y = 266.045 X – 525,931*	*(R^2=0.944)*	87.9	4.1	8.0
No 3	Río Abangares	R. 1	*Y = 314.233 X – 622,921*	*(R^2=0.865)*	87.4	1.9	10.7
No 7	Río Azufrado	R. 1	*Y = 5.00 X – 8,118*	*(R^2=1.000)*	84.4	3.1	12.5
No12	Río Puerto Nuevo	R. 2	*Y = 48.379 X – 95,504*	*(R^2=0.790)*	85.1	3.3	11.6
No16	Río Nuevo	R. 2	*Y = 96.386 X – 190,946*	*(R^2=0.802)*	91.9	2.9	5.2
No17	Río Chirripo	R. 4	*Y = 218.383 X – 433,253*	*(R^2=0.904)*	89.1	5.1	6.0
No19	Río Sarapiqui	R. 4	*Y = 139.667 X – 276,441*	*(R^2=1.000)*	91.0	3.6	5.4
No 20	Río Sucio	R. 32	*Y = 345.338 X – 682,707*	*(R^2=0.902)*	67.7	9.3	23.0
No 26	Río Chirripo	R. 32	*Y = 374.938 X –743,726*	*(R^2=0.970)*	58.0	9.0	32.0
No 29	Río Torres	R.218	*Y = 720.313 X –1,405,945*	*(R^2=0.671)*	94.5	3.3	2.2

R^2: Valor del Coeficiente de Correlación de la Fórmula del Estimado de datos históricos: R^2=1.00 en Puentes No7 & 19 significa que hay solamente dos datos históricos.

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

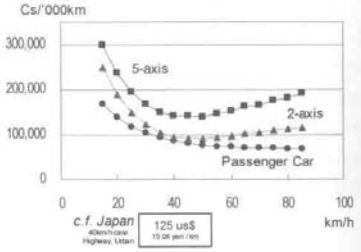
[1] Después de recolectar los datos del número de registros de vehículos desde 1987 al 2005, se muestra que los datos no pueden ser una serie porque los métodos de estadísticas han cambiado desde el 2002. Por lo tanto, el equipo de estudio ha decidido que el método unitario que pretende estimar el tráfico a futuro se estima por la función con la población, la propiedad de vehículos, el PIB per capita y el PIB es difícil de establecer.

[2] La categoría de vehículos del volumen de tráfico en los datos históricos del MOPT se clasifican por i) Vehículos de Pasajeros, ii) Dos ejes, iii) Tres Ejes, iv) Cinco Ejes y v) Buses. En este estudio, dado lo simple del trabajo de cálculo para COV y el CTV, las categorías del vehículo se reacomodan como tres categorías que son i) Vehículos de Pasajeros que incluyen buses, ii) Dos Ejes y iii) Cinco Ejes que incluyen los tres ejes.

2) Valor Unitario del COV y el CTV

El Departamento de Planificación del MOPT ha investigado el valor unitario para el COV y el CTV.

El Costo de Operación del Vehículo se ha estimado con el precio del 2004 seguido por el método HDM-III. El equipo de estudio toma el parámetro del COV para vehículos de pasajeros, camiones de dos ejes y tráileres de 5 ejes como se observa en la figura de la derecha. La comparación entre el COV en Costa Rica y Japón muestra la evidencia de que el COV en Costa Rica es más elevado que el de Japón (Por ejemplo el COV (Colones/'000km) para 40km/hr., Costa Rica: 86,278, Japón: 64,625 (125 US$; 15.04 yen/km). Vea los detalles en el Apéndice-4.2



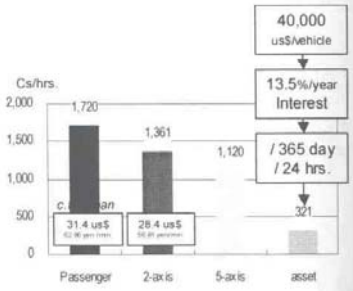
Fuente: MOPT Planificación

Figura 13.2.2. Resultados del COV

El Costo del Tiempo de viaje también se investiga y describe en el reporte de factibilidad en el Capítulo 18 llamado "Diseño Preliminar y Estudio de Factibilidad para la Concesión de Obras con Servicio Público de la Carretera Braulio Carrillo (San José – Guápiles – Limón), 2001. 6"

De acuerdo a este reporte, el Resultado del CTV para vehículos de pasajeros ha sido estimado por el estudio de entrevistas de salarios de conductores y luego ha sido estimado en una cantidad de 1,924.52 colores/hora. Para los camiones y tráileres, ha sido estimado por el salario de los conductores como un costo de oportunidad, y luego es estimado como 1,361 para camiones de 2 ejes, 1,120 para tráileres de 5 ejes.

En este estudio, es importante analizar no sólo el valor para el tiempo del conductor sino también para los bienes, en caso de que haya cierres de las vías, especialmente en la carretera interamericana en el tramo San José-Limón. El equipo de estudio estimó el valor del tiempo para los bienes tomando el costo de oportunidad si el valor de mercado de bienes ha sido guardado con anterioridad y luego se han creado los intereses. El resultado del valor del tiempo de los bienes se estima en 321 colones/hrs.



Fuente: MOPT Planificación

Figura 13.2.3. Resultados

Utilizando los resultados de la investigación del Valor de Activos de 5-ejes (Trailer)= 40,000 US$/vehículo, El Valor de Activos de Bienes para el tiempo se calcula por el interés de ahorrar si los bienes se venden con anticipación.

Note que la comparación entre CTV en Costa Rica y Japón muestra la evidencia de que el CTV en Costa Rica es un décima parte del de Japón (por ejemplo. CTV (Colones/hrs.) por vehículo de pasajeros, Costa Rica: 1,720 vs. Japón: 16,233 (31.4 US$; 62.86 yen/min.), para camiones, Costa Rica: 1,361 vs. Japón: 14,682 (28.4US$; 56.81 yen/min.).

3) Condición del Desvío

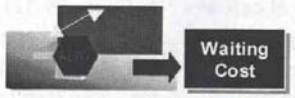
La ruta de desvío se identifica para cada red vial existente para cada puente. Por ejemplo, para el Río Sucio (Ruta 32), la ruta de desvío posible se muestra en la Figura de la derecha. Cada distancia y velocidad promedio se ha calculado por los datos de inventario de las carreteras: "RED VIAL NACIONAL POR RUTA Y CONDICIÓN, 2005.11", en el Departamento de Planificación del MOPT.

Solamente los vehículos de pasajeros y camiones de dos ejes pueden transitar esta ruta de desvío, pero los tráileres de cinco ejes no pueden transitarla y tendrán que esperar hasta que haya apertura del tráfico (Algunos de ellos pueden desviarse por otras rutas, tales como R.2 y R.10). Los resultados de cada puente se describen en el Apéndice-4.3.

Figure 13.2.4. Ruta de Desvío para el Río Sucio

4) Costo de Espera

El Costo de Espera se calcula por el tiempo de espera promedio, el volumen de tráfico y el valor del tiempo en caso de la restricción del tráfico en una dirección durante los trabajos de construcción.



Durante las restricciones de tráfico para vías en una dirección, la capacidad de tráfico puede ser calculada por la siguiente ecuación;

Capacidad de Tráfico para la Restricción de 1 Dir (veh. /Hrs.) = - 4 X [Long. de Restricción (m)] + 1,480

Fuente: Materiales para el manejo del tráfico para construcciones en sitio en las carreteras, 1997.8 Sociedad Japonesa de Ingenieros de Tráfico.

Si el volumen de tráfico real es menor que la capacidad de tráfico, el tiempo de espera promedio se estima con la siguiente fórmula;

$$\text{Tiempo de Espera Promedio} = \frac{(\text{Tiempo del Periodo Rojo})^2}{2 \times \text{Período del Ciclo}^* \left(1 - \frac{\text{Volumen de Tráfico}}{\text{Capacidad de Tráfico}}\right)}$$

Donde el periodo del ciclo se asume como 180 seg. El tiempo del período rojo se asume como 90 seg.

Los resultados de comparación entre la capacidad de tráfico y el volumen de tráfico en las horas pico muestra que sólo el Río Sucio (R.32) y el Río Chirripó (R.32) tienen un exceso en su capacidad de tráfico. Lo cual es causado por la cantidad de tráfico en las horas pico al mismo tiempo que la longitud del puente es más larga (por ejemplo: 200 m ~ 450 m). Si la longitud de las restricciones reduce a 100m tendría suficiente capacidad de tráfico.

13.2.2 Resultado de los Criterios de los Costos Sociales y Beneficios

Esta sección muestra los resultados de los criterios de la pérdida social en caso de "el cierre del tráfico por un día" y "la restricción del tráfico en una dirección por un día" para cada puente al utilizar la secuencia descrita anteriormente.

1) Pérdida Social para el cierre del tráfico por un día

Este es el ejemplo de un caso de pérdida social cuando se cierra el tráfico por un día en el año 2007.

En el caso del Río Sucio (R.32), el volumen de tráfico (TPD) se estima con un fórmula, luego se divide por cada categoría (por ejemplo: vehículos de pasajeros: 6,948TPD, 2-ejes: 966TPD, 5-ejes: 2,389TPD). Para identificar la ruta de desvío, sólo los vehículos de pasajeros y los camiones de 2 ejes serán desviados por la R.126 a la R.4 (por ejemplo: La condición original de la R.32: Longitud = 115.5km, Velocidad Prom. = 63km/h, la condición del desvío de la R.126 a la R.4: Longitud = 115.5km, Velocidad Prom. =60km/h). De la condición previa, la pérdida social se estima en 70 millones y es de alrededor 0.31% del PIB/día. Los resultados de cada costo (por ejemplo COV, CTV en cada vehículo) se muestran en la siguiente figura.

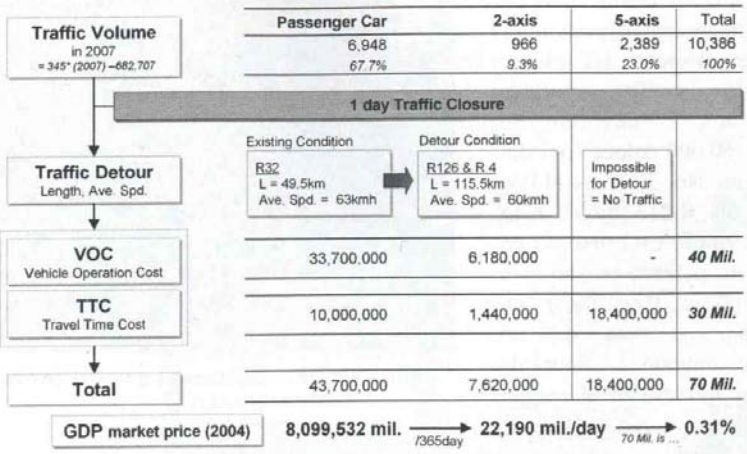


Figura 13.2.5. Los Resultados del Costo Social por el Cierre del Tráfico por un día en el Río Sucio (R.32)

Para los diez puentes seleccionados, la pérdida social tiene un valor diferente de acuerdo a su condición de desvío y el volumen del tráfico. La R32 tiene las características de un peso de 5 ejes CTV que significa el valor del tiempo de los bienes. Los resultados se muestran a continuación:

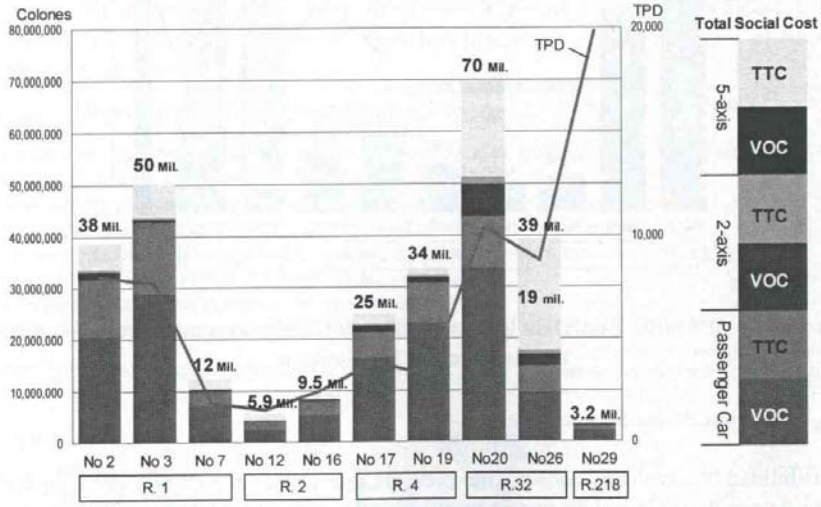


Figura 13.2.6. Pérdida Social por el Cierre del Tráfico por un día en los 10 Puentes

2) Pérdida Social para la Restricción de tráfico en una dirección por un día.

Este es un caso de pérdida social cuando se da la restricción del tráfico de una dirección por un día 2007.

La pérdida social de la restricción del tráfico en una dirección es menor que el cierre del tráfico. Para los 10 puentes seleccionados, es alrededor de 10,000 a 160,000 colones por día. En el Puente No. 29 sobre el Río Torres en la R.218 no ha sido calculado ya que está ubicado en el área Metropolitana en San José por lo que es fácil hacer un desvío por la ruta de un vecindario continuo. La figura de la derecha muestra la ubicación del Río Torres y la red de la vía.

Figure 13.2.7. Ubicación del Río Torres (R.218)

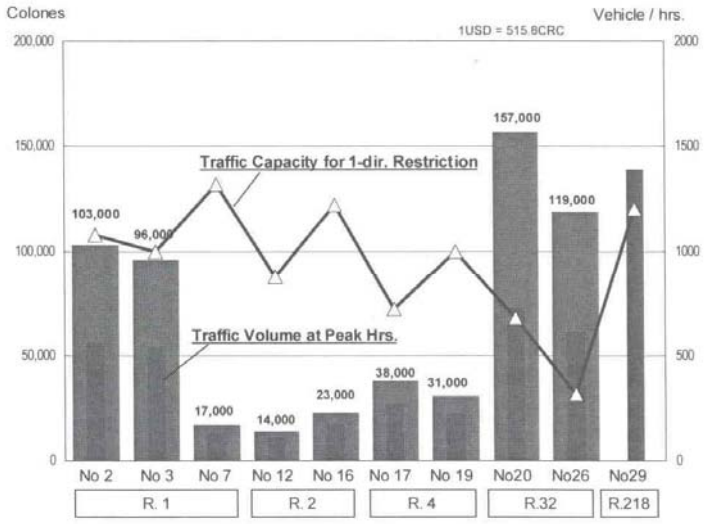


Figura 13.2.8. Pérdida Social de la Restricción del Tráfico en una dirección durante un día para los 10 Puentes

13.3 Ubicación de las Situaciones

En la posibilidad "no realizar" cada puente presenta una situación para no estar bajo servicio. El equipo de estudio ha decidido que cada situación bajo el criterio de los ingenieros con los resultados de inspección de las condiciones existentes y la edad del puente.

La situación tiene dos fases, una es causada por "Vida del Puente", la otra es por los "Terremotos".

La situación causada por la "Vida del Puente" significa que el Puente no podrá ser usado cuando una parte del puente ha alcanzado su vida con respecto a la condición existente del

deterioro. Se cree que la vida de este puente es predecible. Por otro lado, en la situación causada por "Terremotos" se asume que el puente se caería de ocurrir un terremoto. Por lo tanto, no es predecible pero tiene esta probabilidad en cada año. Ambas situaciones afectarían el tráfico ya que se este se cerraría o habría restricción de tráfico en una dirección debido al daño del puente. Esta situación se muestra en la siguiente figura.

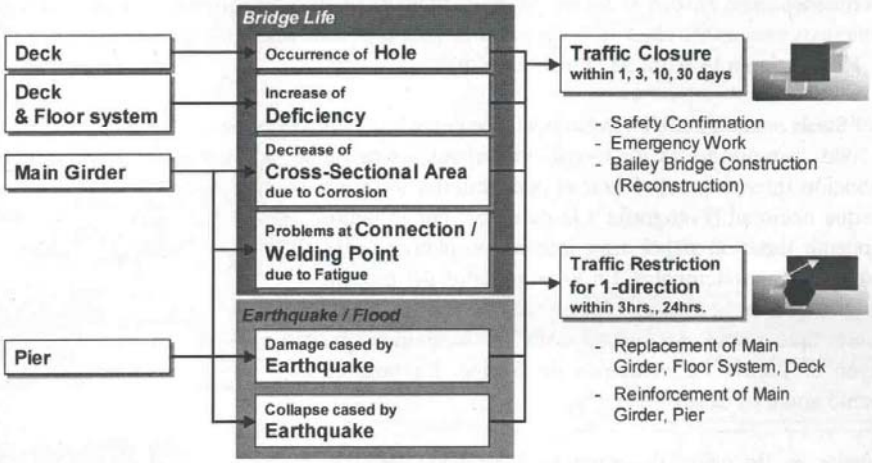


Figura 13.3.1. Tipos Considerables de Situaciones

Cada situación para los 10 puentes seleccionados se ha resumido en el Apéndice-4.4. En este apéndice también se indica el método de rehabilitación y reforzamiento y el horario de mantenimiento en "realizar".

Cuadro: Probabilidad de Ocurrencia de Terremotos en Costa Rica

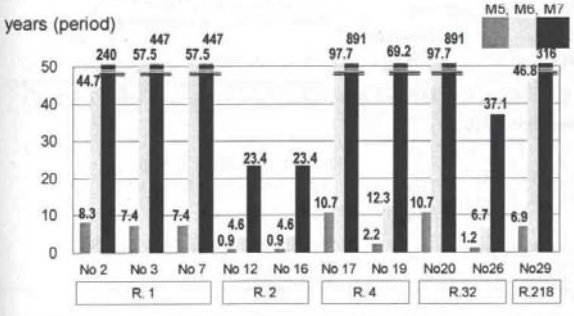
De acuerdo a los datos históricos de terremotos en Costa Rica, se estableció la ecuación Gutenbelg & Richter para la relación entre la Frecuencia y la Magnitud.
Los resultados de probabilidad de ocurrencia con cada nivel de magnitud es el siguiente,

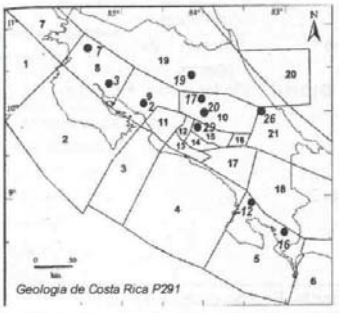
- Los Puentes No12 & No16 están bajo una situación critica para un terremoto.
- Los resultados del estimado muestran que una clase M6 ocurrirá durante los próximos 5 años.

Este estudio toma como posible situación un terremoto clase M7, el terremoto que causaría daños a los puentes ocurriría en un plaza de 20 ~ 50 años en cada puente.

[Ecuación Gutenbelg & Richter] $\text{Log } N = a - b \times M$

N: Probabilidad de ocurrencia para cada año
a, b: Parámetro de acuerdo a la zona (1 ~ 21)
M: Nivel de Magnitud





13.4 Resultados del Costo Social y Beneficios en cada Puente

A continuación se muestra los detalles de los resultados de los Costos Sociales y los Beneficios tales como el Río Sucio en la Ruta 32 (Puente No. 20) y el Río Aranjuez en la Ruta No. 1 (Puente No.2) y luego se muestra el resumen de los resultados de los 10 Puentes seleccionados.

1) Río Sucio en la Ruta 32 (Puente No20)

El Río Sucio está ubicado en la Ruta 32 que conecta a San José con Limón y es una vía importante para la distribución internacional al usar el puerto de Limón y en el bosque nacional (Fotografía a la derecha). Por lo tanto, este puente tiene un papel muy importante para las vías nacionales e internacionales. En los resultados del estudio de volumen de tráfico en el 2002, el número promedio de vehículos que pasan por día es de 8,360 vehículos que incluyen el 20.2% de vehículos de 5 ejes. La taza de Aumento anual es de un 4% o 5%.

El puente es de cajón de concreto y ya han pasado alrededor de 30 años desde su construcción.

La ruta de desvío se discutio en el punto 13.2.1. 3)si este puente se cae, los vehículos livianos se deberían de desviar por otra ruta (R.126 a la R.4) mientras que los vehículos pesados tendrían que esperar hasta que abra denuevo.

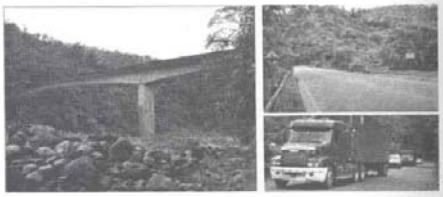


Figura 13.4.1. Río Sucio (R.32)

De acuerdo a los resultados del inventario y la inspección detallada, el "no realizar" que los trabajos de rehabilitación y reforzamiento no conducirían a este puente y se asume a continuación;

Tabla 13.4.1. Situación "no realizar" para el Río Sucio

Situación No.	Detalles de las Situaciones: Partes	Detalles de las Situaciones: Resultados	Detalles de las Situaciones: año	Influencia para aspectos sociales
No 1	Viga Principal Sistema de Cubiertas	Aumento del area dañada ⇒ No se puede pasar	Dentro de 30 años	1. Cierre del tráfico: 30 días Para la construcción del Puente provisional 2. No se suspende Durante el reforzamiento de la viga principal y el reemplazo del sistema de cubiertas que usa el Puente provisional
No 2	Pila	Incremento de la Deficiencia del área transversal ⇒ Reducción de la Resistencia por Terremoto ⇒ Colapso de las Pilas por el Terremoto	Dentro de 50 año	1. Cierre del Tráfico: 30 días Para preparar el Puente tipo Bailey 2. No se suspende Durante la reconstrucción del nuevo puente

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Después de que se da la situación previa, cada costo social se calcula. La situación No. 2 es causada por un terremoto por lo que el costo social se estima como 1/50 del costo por año que se ve afectado por el cierre del tráfico por 30 días.

Por otro lado, durante la rehabilitación y reforzamiento de este puente se identifican por el equipo de estudio. Durante este trabajo, la restricción del tráfico se estima como la restricción del tráfico en una dirección para cada 100 días en la longitud de cada 100m para mantener el flujo del tráfico.

Los resultados de los costos sociales y los beneficios para el Río Sucio se describen a continuación, El beneficio social neto será de 564 millones de colones en el 2007. La apariencia de estos costos y beneficios se va continuación.

Tabla 13.4. 2. Situación para "no realizar" para el Río Sucio

Unidad: Millones de Colones

Ítem	Cantidad en 30 años	Precio 2007 *Taza de Descuento = 12 %*	Nota
Costos Sociales			
Restricción del Tráfico durante la Rehabilitación y Reforzamiento	16	16	- Restricción de tráfico en 1-Dir: 100 días - En 2007
Beneficios Sociales			
Situación1			
Deficiencia de la Superestructura	4,130	153	- Cierre del Tráfico: 30 días - En 2036
Situación 2			
Terremoto	1,818	427	- Cierre del Tráfico: 30 días - En el 2008 al 2036 con una probabilida 1/50
Total	5,921	580	
Beneficios Sociales Neto	5,905	**564**	- Beneficios – Costos

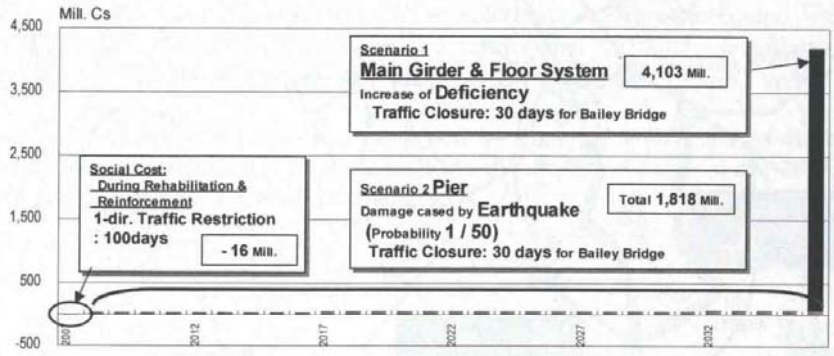


Figura 13.4.2. Apariencia de los Costos Sociales y lo Beneficios para el Río Sucio (R.32)

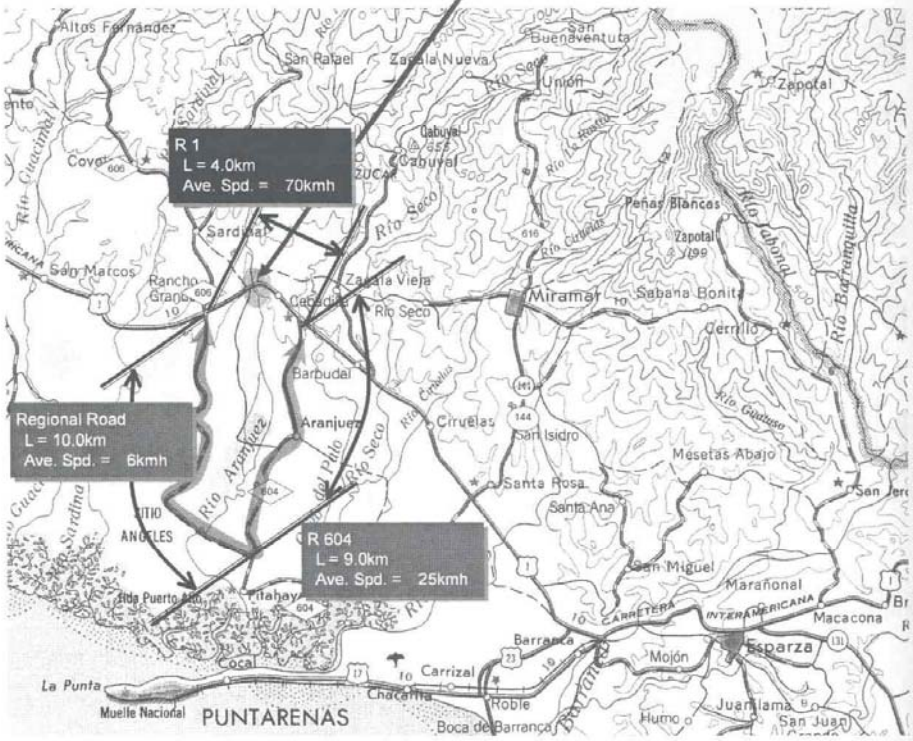
2) Río Aranjuez (R.2)

El Río Aranjuez está ubicado en la Ruta 1, a unos ***km lejos de San José (ver imagen de la derecha). Por lo que este puente tiene un papel muy importante para las vías internacionales. En los resultados de los estudios del volumen de tráfico en el 2002, el número promedio de vehículos que pasa en un día es de 8,360 vehículos que incluye un 20.2% de vehículos de 5 ejes. La taza de aumento anual es de 4 o 5%.

El Puente es de tipo de cercha de acero y han pasado alrededor de 50 años desde su construcción.

Sólo hay una posibilidad para desvío "CUATRO CRUCES ~ PITAHAYA" a través de la Ruta 604 y la Carretera Regional para vehículos livianos únicamente después de los resultados del estudio de entrevistas del MOPT.

Figure 13.4.3. Río Aranjuez (R.2)


R 1
L = 4.0km
Ave. Spd. = 70kmh
Regional Road
L = 10.0km
Ave. Spd. = 6kmh
R 604
L = 9.0km
Ave. Spd. = 25kmh
Río Aranjuez
Río Seco
Río Grande
Río Barranquilla
Río Guabal
Río Guapinol
Río Cirbalo
Río Cirbalito
Río Cuacalito
Río Surá
Río Cuacalito
Río Cirbalito
Río Guapinol
Río Barranquilla
Río Guabal
Río Grande
Río Seco
Río Aranjuez

De acuerdo a los resultados del inventario y la inspección detallada, el "no realizar" de los trabajos de rehabilitación y reforzamiento se asumen no conducirán al puente:

Tabla 13.4.3. Situación "no realizar" para el Río Aranjuez

Situación No.	Detalles de la Situación			Influencia para los aspectos sociales
	Partes	Resultados	año	
No 1	Losa Sistema de Cubiertas	Incremento del Área Dañada ⇒ No se puede pasar	Dentro de 10 años	1. Cierre del tráfico: 20 días Para rehabilitación emergente de la losa 2. Restricción del tráfico en 1-dir.: 100 días Durante el reforzamiento y reemplazo de la Viga principal.
No 2	Viga Principal	Incremento del Deterioro & Pintura ⇒ Reducción del Área Transversal	Dentro de 20 años	1. Cierre del tráfico: 1 día Durante el reforzamiento y reemplazo de la Viga principal.
No 3	Viga Principal	Incremento de la Carga Viva acumulada ⇒ Fatiga alrededor de las conexiones	Dentro de 30 años	1. Cierre del tráfico: 1 día Durante el reforzamiento y reemplazo de la Viga principal.
No 4	Pila	Terremotos ⇒ Daño de las Pilas debido a terremotos	Dentro de 30 años	1. Restricción del tráfico 1-dir.: 3hrs. 7días Para la rehabilitación de emergencia de las pilas
No 5	Pila	Terremotos ⇒ Las pilas colapsan y el Puente se cae.	Dentro de 50 años	1. Cierre del tráfico: 30 días Para preparar el Puente tipo bailey 2. No se suspende Durante la reconstrucción del nuevo puente

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Después de aplicar la situación anterior, se ha calculado cada costo social. La situación No4 y 5 son causados por los terremotos por lo que el costo social se estima como 1/30 o 1/50 del costo de cada año afectado por la influencia al tráfico.

Por otro lado, durante la rehabilitación y el reforzamiento de este puente el equipo de estudio JICA identifica….. Durante estos trabajos, las restricciones de tráfico se estiman como restricciones de tráfico en 1-dirección para 100 días.

Los resultados de los costos sociales y los beneficios para el Río Aranjuez se describen a continuación. El beneficio social neto será de 604 millones de colones en el año 2007. Estos costos y beneficios se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 13.4.4 Situación para el Río Aranjuez en caso de "no realizar"

Unidad: Millones de Colones

Ítem	Cantidad en 30 años	Precio 2007 *Taza de Descuento= 12 %*	Notas
Costos Sociales Restricción del tráfico durante la rehabilitación y reforzamiento	10	10	- . Restricción del tráfico1-dir: 100 días - En el año 2007
Beneficios Sociales			
Situación 1 *Deficiencia de la Superestructura*	1,020	368	- Cierre del tráfico: 20 días - Restricción del tráfico1-dir.: 100 días - En el año 2016
Situación 2 *Deficiencia de la Superestructura*	54	6	- Cierre del tráfico: 1 días - En el año 2026
Situación 3 *Deficiencia de la Superestructura*	76	3	- Cierre del tráfico: 1 días - En el año 2036
Situación 4 *Deficiencia de la Superestructura*	0.021	0.005	- 1-dir. Restricción del tráfico: 3hrs. 7días - Del año 2008 al año 2036 con una probabilidad 1/30
Situación 5 *Terremoto*	1,007	237	- Cierre del tráfico: 30 días - Del año 2008 al año 2036 con una probabilidad 1/50
Total	2,157	614	
Beneficios Sociales Netos	2,147	**604**	- Beneficios – Costos

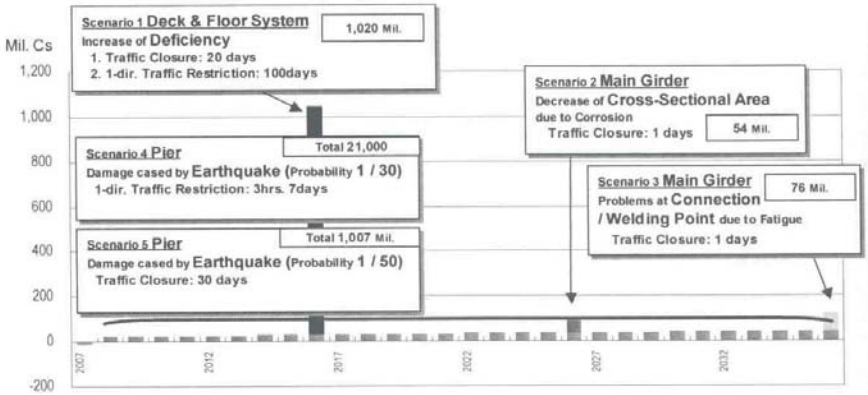


Figura 13.4.5. Apariencia del Costo Social y Beneficios para el Río Sucio (R.32)

3) 10 Puentes Seleccionados

Se usa en el mismo contexto anterior, cada resultado de los beneficios sociales netos para los 10 puentes seleccionados se resumen en la siguiente figura. La comparación de los de Beneficios Sociales Netos para los 10 Puentes se muestra a continuación. El río Abangares (Puente No.3) y el Río Chirripó (Puente No.26) tiene más valor de beneficio social para la

rehabilitación y reforzamiento entre estos puentes. Estos están en la Ruta 1 y la ruta 32 que son las vías importantes para el transporte internacional y no son redundantes para la red vial. De la siguiente sección, la evaluación económica para la rehabilitación y el reforzamiento serán tratadas al usar el costo del trabajo y los beneficios para encontrar el EIRR y B/C.

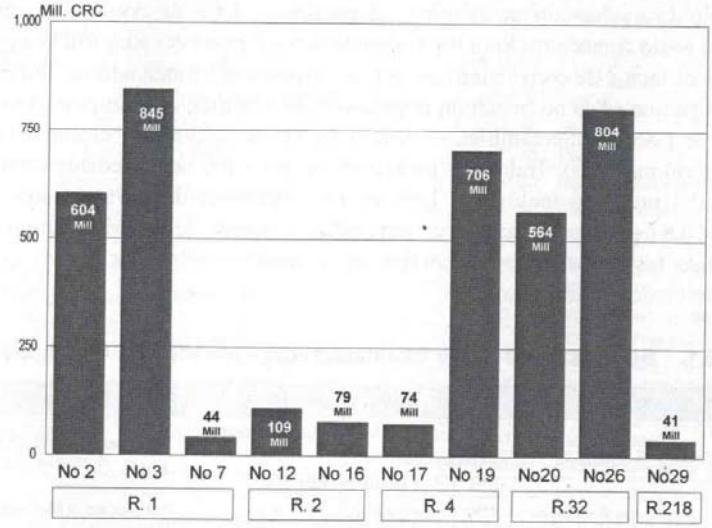


Figura 13.4.6. Resultados de los Beneficios Sociales para los 10 Puentes Seleccionados

13.5 Costo del Trabajo para cada Puente

13.5.1 Suposiciones para la Evaluación Económica

El costo del proyecto para la rehabilitación y el reforzamiento ha sido estimado en el Capítulo12. En la evaluación económica, el precio se debe de convertir como el costo económico del costo financiero. Para los componentes del proyecto adquiridos en Costa Rica, no se necesita el factor de conversión, ya que se asume que el mercado es competitivo para estos recursos ya que estos no tienen un impacto en las exportaciones/importaciones. Para los recursos que se pueden intercambiar, se usa el factor de conversión estándar 0.83[3] de los precios de los colones (Cs). Todos los impuestos se excluyen de los costos económicos. Ya que el costo del proyecto incluye el 13% de los impuestos de venta en este estudio, se multiplica por 0.87 para la deducción de impuestos. Después de la deducción de impuestos, se han resumido las suposiciones resumidas en la siguiente tabla, las cuales son utilizadas para la evaluación del costo económico.

Tabla 13.5.1. Suposiciones del la Evaluación del Proyecto del Costo Económico

Tipo de Costo		Suposiciones	Precio Virtual
Costo de Construcción	Solo del trabajo	- **%: Equipo y Material que se puede intercambiar - **%: No se puede intercambiar	- Multiplicado por 0.83 de SCF - No,
Costo de Labor	Para la construcción Para O&M	- **%: Labor calificada - **%: Semi-calificada/ no calificada	- No, debido al Mercado competitivo - No, debido a ***[4]
Servicio de Ingeniería		- **%: Se puede intercambiar - **%: no se puede leer	- Multiplicado por 0.83 de SCF - No,

Los costos de Operación y Mantenimiento son tomados en consideración en "realizarse". Y los costos del trabajo tales como la recuperación, rehabilitación, reforzamiento, la preparación del Puente tipo Bailey y los costos de reconstrucción para cada situación en "no realizar" se estiman como los beneficios de este proyecto.

La taza de cambio de la moneda se usa como "1USD=515.8CRC[5], 1USD = 116.91JPY y 1JPY = 4.41CRC" estimado en 12.2.2 (1). La CRC se toma para la evaluación económica.

13.5.2 Resultado del Costo de Trabajos para cada puente

En la siguiente tabla se muestra el costo bruto de los ítems de mantenimiento y la recuperación de una emergencia o trabajo de reconstrucción en "no realizar". Cada ítem para el costo de rehabilitación y reforzamiento en "realizar" deberá ser diferente debido a la condición y situación del puente.

[3] El Factor de Conversión estándar de quitar el precio virtual se toma como 0.83 de los resultados de la entrevista a los consultores locales y economistas de la Universidad de Costa Rica. Las investigaciones más antiguas en la "Evaluación Económica, elaborado por la Dirección de Planificación del MOPT en 1980" se tomo como 0.90.

[4] El salario para el trabajo semi-calificado/calificado en los reglamentos del MOPT y CONAVI es el mismo monto bajo la Ley Nacional del Trabajo

[5] CRC = Colones costarricenses. JPY = Yen japonés, USD = Dólar de Estados Unidos

Tabla 13.5.2. Costo Bruto de cada Ítem

Items			Unit Cost	Note
Maintenance	Inspection	Periodic	31,000.00	CRC/Bridge
		Detail	168,000.00	CRC/Bridge
	Sup. - St.	Re-Painting	101.80	USD/m^2
		Repair for Floor System (Injection)	10.28	USD/m (crack length)
		FRP Bounding	308.75	USD/ m^2 ; 2-Layer
		Overlay of Pavement	9.57	USD/ m^2
		Expansion Joint Replacement	1,139.25	USD/ m
		Asphalt Paving	11.50	USD/ m^2
		Water Proofing	105.30	USD/ m^2
	Sub - St.	Rolling Stone Protection	20,000.00	USD/ pier ; Bridge No17
			48,000.00	USD/ pier ; Bridge No20
		Protection for Scouring (Gabion)	230.18	USD/ m ; 2m*1m*1m
Emergency Recovery	Deck Slab Floor System	Emergency Repair	1,500.00	USD/ m^2 ; Bailey Bridge (1-span)
		Slab Replacement	**	USD ; Each Project Cost ; Bridge No 2, 3
			602.04	USD/ m^2 , BMS009 ; Bridge No12,19,20,26
	Main Girder	Member Addition Cover Plate Fixing, Steel Plate Bonding, Steel Plate Replacement	***	USD ; Each Project Cost ; Bridge No2, 3, 7, 16, 17, 26, 29
		Reinforcement	9,162.28	USD/ m^2 , BMS014 ; Bridge No12
	Pier	Urgent Repair Work	***	USD, 1.50 times of Concrete Jacketing
	Bailey Bridge	Preparation & Construction	1,500.00	USD/ m^2 / lane
	Re-construction		2,000,000.00	USD/ 50m-span Bridge

Los resultados de estos en cada Puente se han resumido en el Apéndice-14.5.

13.6 Evaluación Económica

13.6.1 Rango de Retorno Interno Económico (RRIE) y Valor Neto Actual (VNA)

El resultado del Rango de Retorno Interno Económico (RRIE) para los 10 puentes seleccionados se muestra en la figura de abajo. Esta indefinida dado a que 8 de los puentes los cuales sus RRIE son mayores al 20% y hay proyectos factibles para la rehabilitación y refuerzo dentro del contexto economico nacional. Aunque dos puentes (Puente Azufrado (No.7) y Puente Chirripó (No.12) es menor a 20% del RRIE es peligroso decir que esos puentes no necesitan rehabilitación y refuerzo porque su RRIE fue calculado a base de varias suposiciones.

El Valor Neto Actual (VNA) fue calculada para 8 puentes usando 12% de rango , excepto los dos puentes que tuvieron menos de 20% de RRIE. Los resultados se muestran abajo. Como los resultados del VAN, ordenados del mayor al menor son para el Puente sobre el Río Chirripó (No.26), Puerto Nuevo (No.12), y para el Puente Sucio (No.20) Esos resultados muestran el orden de importancia/beneficio para la rehabilitación y refuerzo desde el punto de vista de la economía nacional.

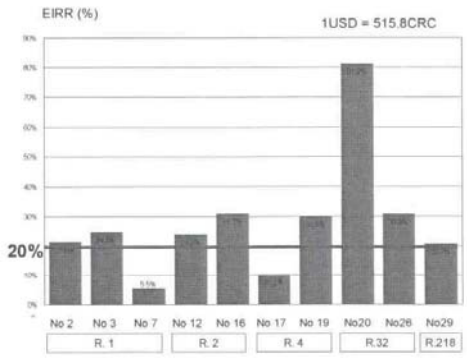
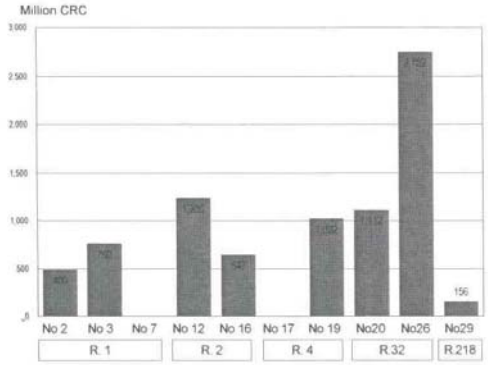


Figura 13.6.1. Resultados del RRIE



Beneficial Rank by NPV (EIRR>20%)

1. Chirripo Bridge	No.26	R.32
2. Puerto Nuevo Bridge	No.12	R.2
3. Sucio Bridge	No.20	R.32
4. Sarapiqui Bridge	No.19	R.4
5. Abangares Bridge	No.3	R.1
6. Nuevo Bridge	No.16	R.2
7. Aranjuez Brige	No.2	R.1
8. Torres Bridge	No.29	R.218

Figura 13.6.2. Resultados del VNA, Rango de Beneficio para Rehabilitación & Refuerzo

El escenario del Puente Chirripó (No.26) que es el de VNA se muestra en la tabla de la siguiente pagina y su costo/beneficio se muestra en la Tabla 13.6.1

Tabla 13.6.1 Escenario del Puente Chirripó (No.26)

Costo	Rehabilitación y Refuerzo	Losa de Concreto (Adherencia de FRP), Sistema de Prevención de Asiento (Ensanchar Asiento de Puente, Sistema de Conexión), Junta de Expansion (Instalación Nueva), Pavimento Asfáltico e Impermeabilización, Pila (Incremento de la Altura de la Viga Cabezal, Fundación (Ensanchar Fundación) (Social: 1-dir. Cierre de Vias 100days)
	Mantenimiento	Inspección de Rutina (cada 5 años) Inspección detallada (Cada 10 años) Reparar sistemas de piso (Inyección), Sobrecapas de pavimento, remplazar juntas de expansion, pavimento asfáltico e impermeabilización, protección de pilas
Beneficio	Escenario 1	Antes de 15 años. No Transitable debido al Incremento de la Deficiencia (Losa) Costo Social : Suspencion de Tráfico por 30 días Costo de Trabajo: Construcción de puente bailey, Remplazo de losa
	Escenario 2	Antes de 20 años, Falta del Área de Sección Transversal debido a deterioro de pintura & corrosion (Viga Principal) Costo Social : 1-dir. Cierre de Vias 3hrs. 7 días Costo de Trabajo: Remplazo de Placa de Acero
	Escenario 3	Antes de 30 años, Daño por Grietas alrededor de las conexiones debido a fatiga (Viga Principal) Costo Social: Suspensión de Tráfico 24hrs. & : 1-dir. Cierre de Vias 3hrs. 7días Costo de Trabajo: Arreglo de Cubre Placa
	Escenario 4	Dentro de 30 años, Desprendimientos en la Viga Principal de Tramos laterals debido a sismo Costo Social: Suspencion de Tráfico 30 días Costo de Trabajo: Construcción de Puente Bailey & Re-construcción

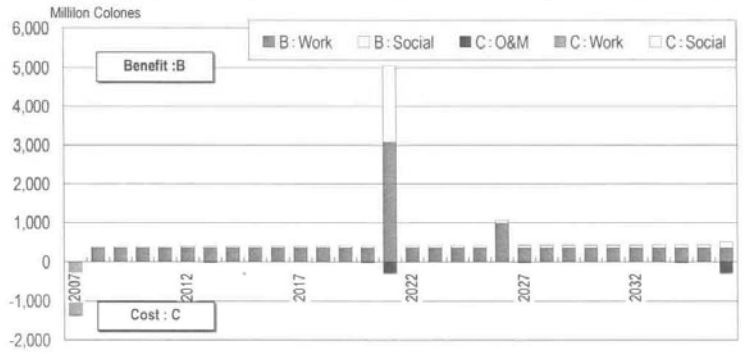
Tabla 13.6.2. Tabla de Costo/Beneficio para el Puente Chirripó (No.26)

Unit: CRC, 1USD = 515.8CRC

	year	Costs			Total Cost	Benefits		Total Benefit	Results
		Work		Social		Work	Social		Net Benefit
		Rehabil. & Renf.	Maintenance	Traffic Rest.	(A)	Scenario 1 to 5	Scenario 1 to 5	(B)	(B-A)
1	2007	1,355,277,221		11,437,992	1,366,715,214				-1,366,715,214
2	2008				0	343,814,571	41,049,885	384,864,456	384,864,456
3	2009				0	343,814,571	42,732,137	386,546,708	386,546,708
4	2010				0	343,814,571	44,414,388	388,228,959	388,228,959
5	2011		31,000		31,000	343,814,571	46,096,640	389,911,211	389,880,211
6	2012				0	343,814,571	47,778,891	391,593,462	391,593,462
7	2013		25,619,012		25,619,012	343,814,571	49,461,142	393,275,713	367,656,701
8	2014				0	343,814,571	51,143,394	394,957,965	394,957,965
9	2015				0	343,814,571	52,825,645	396,640,216	396,640,216
10	2016		168,000		168,000	343,814,571	54,507,897	398,322,468	398,154,468
11	2017				0	343,814,571	56,190,148	400,004,719	400,004,719
12	2018				0	343,814,571	57,872,399	401,686,970	401,686,970
13	2019				0	343,814,571	59,554,651	403,369,222	403,369,222
14	2020		25,619,012		25,619,012	343,814,571	61,236,902	405,051,473	379,432,461
15	2021		283,132,225		283,132,225	3,088,479,607	1,950,493,762	5,038,973,369	4,755,841,145
16	2022				0	343,814,571	64,601,405	408,415,976	408,415,976
17	2023				0	343,814,571	66,283,656	410,098,227	410,098,227
18	2024				0	343,814,571	67,965,908	411,780,479	411,780,479
19	2025				0	343,814,571	69,648,159	413,462,730	413,462,730
20	2026		168,000		168,000	988,167,696	71,331,399	1,060,499,024	1,060,331,024
21	2027		25,619,012		25,619,012	343,814,571	73,012,662	416,827,233	391,208,221
22	2028				0	343,814,571	74,694,913	418,509,484	418,509,484
23	2029				0	343,814,571	76,377,165	420,191,736	420,191,736
24	2030				0	343,814,571	78,059,416	421,873,987	421,873,987
25	2031		31,000		31,000	343,814,571	79,741,668	423,556,238	423,525,238
26	2032				0	343,814,571	81,423,919	425,238,490	425,238,490
27	2033				0	343,814,571	83,106,170	426,920,741	426,920,741
28	2034		25,619,012		25,619,012	343,814,571	84,788,422	428,602,993	402,983,980
29	2035				0	343,814,571	86,470,673	430,285,244	430,285,244
30	2036		283,289,225		283,289,225	346,540,479	167,149,664	513,689,189	232,419,945

EIRR = 30.8%

NPV at 12% = 2,752,424,784 Colones



13.6.2 Análisis de Sensibilidad

El resultado del Análisis de Sensibilidad se muestra abajo. Muestra la sensibilidad ante el incremento de costos o el decrecimiento de beneficios no muy alto, por tanto, el cambio del valor de costo es 2.8 veces que el basado, y el cambio en el valor del beneficio es 0.3 veces el basado. Nótese que el RRIE se reducira del 30.8% al 27.0% si los beneficios de los costos sociales no se toman en consideración en esta evaluación. En este contexto, el VNA se reducira tambien de 2,752 millones de colones a 1,948 millones de colones. Es más, los resultados para el puente Aranjuez (No.2) se muestranen la tabla de abajo.

Tabla 13.6.3. Escenario para Puente Chirripó (No.26)

Escenario		RRIE	VNA (millones CRC)	Valor de Cambio
Costo	+10%	28.4%	2,607	Base * 2.8877
	+20%	26.4%	2,461	
Beneficio	-10%	28.2%	2,331	Base * 0.3463
	-20%	25.2%	1,910	

RRIE: 30.8%, VNA: 2,752 million CRC

Tabla 13.6.4. Escenario para Puente Aranjuez (No.2)

Escenario		RRIE	VNA (millones CRC)	Valor de Cambio
Costo	+10%	19.8%	431	Base * 1.8297
	+20%	18.4%	372	
Beneficio	-10%	19.7%	382	Base * 0.5465
	-20%	17.7%	274	

RRIE: 21.5%, NPV: 489 million CRC

Como referencia, se lleva el análisis de sensibilidad para el Puente Azufrado (No.7) el cual tiene el RRIE mas bajo (5.5%). Este es obtenido cuando el RRIE es igual a 12.0% el costo debe reducirse 0.27 veces al base o el beneficio debe incrementarse 2.89 veces al basado.

Tabla 13.6.5. Escenario para Puente Azufrado (No.7)

Escenario		RRIE	VNA (millones CRC)	Valor de Cambio
Costo	+10%	5.0%	-143	Base * 0.2758
	+20%	4.4%	-162	
Beneficio	-10%	4.9%	-131	Base * 2.8997
	-20%	4.2%	-137	

EIRR: 5.5%, NPV: -124 million CRC

CAPÍTULO 14 ADMINISTRACIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

14.1 Sistema de Información Existente para Vías y Puentes

14.1.1 Organización Existente para la Administración de la Información

1) División de Planificación del MOPT

La información de las carreteras nacionales, las vías regionales, los puentes y los puertos marinos es administrada y utilizada por la Dirección de Planificación del MOPT. Estos datos de inventario y de inspección se utilizan elaboración de un plan anual del mantenimiento de la infraestructura.

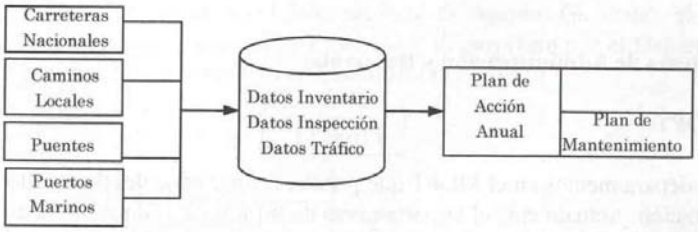


Figura 14.1.1. Administración de la Información de las Vías

2) Departamento de Puentes del MOPT

El apoyo técnico la planificación, el diseño y la inspección de los puentes se realiza en el Departamento de Puentes en el MOPT. El departamento mantiene los planos de los puentes y utilizan solamente los datos de inventario de la Dirección de Planificación.

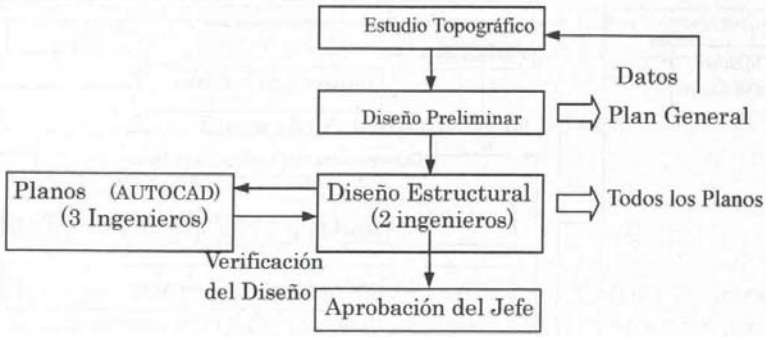


Figura 14.1.2. Flujo de Información en el Departamento de Puentes

Actualmente quinientos puentes son inspeccionados anualmente con base en un manual de

inspección, esta inspección es realizada por los inspectores de la Dirección de Planificación. Sin embargo, los inspectores actuales no son ingenieros de puentes y el Departamento de Puentes no hace uso de esta información. CONAVI y los gobiernos locales realizan las inspecciones de puentes y sus resultados incluyen los comentarios y fotografías que son enviados al Departamento de Puentes. El Departamento de Puentes brinda apoyo técnico a CONAVI y a las municipalidades basándose en esta información.

3) CONAVI y Gobiernos Locales

Tanto en CONAVI como en las municipalidades cuentan con ingenieros en carreteras pero no existen ingenieros especialistas en puentes. Por lo tanto, el Departamento de Puentes en el MOPT les brinda asesoría técnica. CONAVI selecciona cuales vías necesitan repararación y hace los contratos para la construcción basada en un plan de acción anual preparado por la Dirección de Planificación del MOPT.

14.1.2 Sistema de Administración y Desarrollo

1) MOPT

Existen dos departamentos en el MOPT que pueden formar parte del desarrollo del sistema y su administración. Actualmente el Departamento de Informática administra todo el sistema de red en el MOPT y el Departamento de Planificación administra los sistemas en la División de Obras Públicas. Los sistemas están desarrollados por los ingenieros del MOPT sin ningún tipo de ayuda externa. La organización y responsabilidades en la administración del sistema de red son las siguientes:

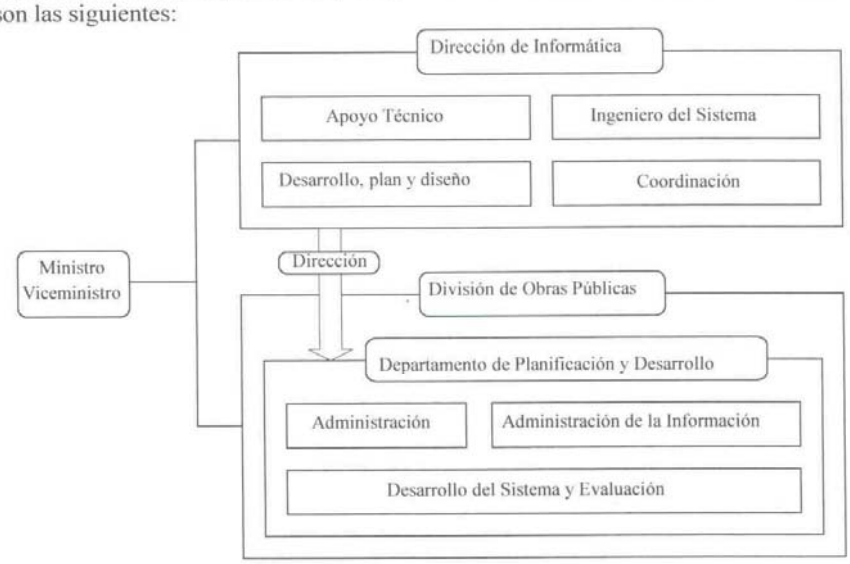


Figura 14.1.3. Organización del Desarrollo y Administración del Sistema

Existen dos trabajos principales para el desarrollo y la administración del sistema, los cuales son:

Soporte Técnico:	Mantener el hardware y el software y administrar la red incluyendo la compra de computadoras personales para el equipo del MOPT.
Ingeniería del Sistema:	Analizar, desarrollar y mantener el Sistema de Información.

2) CONAVI

El Departamento de Informática en CONAVI actualmente desarrolla y administra los sistemas de información. El departamento logra esto con ayuda externa o el trabajo de los ingenieros que laboran ahí. Además tienen a su cargo la administración y el mantenimiento de varios sistemas de información y la compra de equipo para su funcionamiento. La mayoría de los sistemas en el CONAVI los utiliza el Departamento de Asuntos Generales, el sistema de administración para carreteras y puentes es estudiado y desarrollado por el Departamento de informática. La organización de CONAVI se muestra en la Figura14.4

Figura 14.1.4. Organización de CONAVI

14.1.3 Resumen del Sistema Existente

1) MOPT (División de Obras Públicas)

Los sistemas para carreteras y puentes que se utilizan en el MOPT se muestra en la Tabla-14.1. La administración de los datos de inventario para las carreteras y puentes como se mencionó anteriormente la realiza la Dirección de Planificación. Los datos son utilizados en el presupuesto anual de compras y además ayuda a la selección de las carreteras que necesitan mantenimiento.

2) CONAVI

Los Sistemas de información que CONAVI mantiene se muestran en la Tabla-14.2. Existe un sistema visual del inventario. Al usar GIS (ArcInfo) para la administración de las carreteras y puentes. Los inventarios se establecen con base a la información del Departamento de Planificación del MOPT.

Tabla 14.1.1. Sistema de Inventario de la División de Obras Públicas en el MOPT

Objetivo	Sistema	Descripción	Desarrollado	Tiempo del Desarrollo	Notas
Vías Locales	SPEM	Sistema de mantenimiento para pavimentos. Un ingeniero de Alemania mantiene y apoya el sistema continuamente.	Alemania	1992-1993	Remplazo del Sam que fue desarrollado en los ochenta.
Carreteras Nacionales	HDM4	Sistema de Administración de Pavimentos desarrollado por el Banco Mundial. Las funciones del Sistema son las siguientes: a. Análisis económico b. Priorizar la ubicación de carreteras para mantenimiento c. Prospectos para futuros deterioros.	Banco Mundial	—	
	DEDYROUTE	La información del pavimento se registra en la base da datos (DEDYTROUTE) automáticamente al hacer la inspección de vehículos. Sin embargo, la inspección de vehículos no está funcionando actualmente y la información se registra de manera manual	Francia	1996	
	DESYSEMI	Este sistema se usa en lugar de DESYROUT. Se utiliza para la inspección de vehículos y otro vehículo se usa para la medición de vibraciones.			
	DESYVISAGI	Sistema de base de datos que administra los datos registrados por DESYROUT, DESYSEMI			
Puentes	DBF (Data of Bridge File)	Versión reformada de un sistema desarrollado hace diez años en Francia. Se registran en el sistema las dimensiones del puente, los resultados de inspección. Se evalúa el deterioro de cada parte del puente con ocho grados basados en la inspección manual. Quinientos puentes se inspeccionan anualmente y todos los puentes deben ser inspeccionados en dos años. Las fotografías obtenidas en las inspecciones de sitio no son utilizadas.	MOPT	1996	Se aplica el Peso Promedio para cada parte del puente para evaluar el deterioro del puente

Tabla 14.1.2. Sistema de Inventario en CONAVI

No.	Sistema	Usuario	Adquerido	Lenguaje de programación	Sistema de Operación	Base de Datos	Ingenieros del Sistema
1	Bienes Fijos	Dirección Administrativa	Comprado	Visual Basic 6.0	Windows 2000 Server	Oracle	Ayuda Externa
2	Sistema de Información Financiera (SIIF)	Dirección Administrativa	Desarrollado Internamente	Natural		Adabas	1
3	Administración de pagos	Dirección Administrativa	Desarrollado Internamente	Natural	OS-390	Adabas	1
4	Contabilidad	Dirección Administrativa	Comprado	Visual Basic 6.0	Windows 2000 Server	Oracle	Ayuda Externa
5	Presupuesto	Dirección Administrativa	Desarrollado Internamente	Natural	OS-390	Adabas	1
6	Licitación	Dirección Administrativa/Proveedor	Desarrollado Internamente	Lotus Notes	Windows 2000 Server	Lotus Notes	1
7	Control de Óredenes (Almacenes)	Dirección Administrativa/ Proveedor	Desarrollado Internamente	Lotus Notes	Windows 2000 Server	Lotus Notes	1
8	Imágenes	Dirección Administrativa/ Proveedor	Comprado	Visual Basic 6.0	Windows 2000 Server	SqlServer	Ayuda Externa
9	Página web	Dirección Administrativa/ Proveedor	Contratado	ASP	Windows 2000 Server		Ayuda Externa
10	Garantías	Dirección Administrativa /Proveedor	Desarrollado Internamente	Lotus Notes	Windows 2000 Server	Lotus Notes	1
11	Recursos Humanos (ERP)	Dirección Administrativa/Recursos Humanos	Donación	Power builder	Windows 2000 Server	SqlServer	Ayuda Externa
12	Listas	Dirección Administrativa/Recursos Humanos	Desarrollado Internamente	Natural	OS-390	Adabas	1
13	Administración de Equipo Móvil	Dirección Administrativa/Servicios Generales	Desarrollado Internamente	JAVA	Unix	DB2	3
14	Control de Correspondencia	Dirección Administrativa/Servicios generales	Desarrollado Internamente	Lotus Notes	Windows 2000 Server	Lotus Notes	1
15	Peticiones de servicio de vehículo	Dirección Administrativa/Servicios Generales	Desarrollado Internamente	Lotus Notes	Windows 2000 Server	Lotus Notes	1
16	Administración de proyectos (ERP)	Dirección de Trabajo	Desarrollado Internamente/Buys				

No.	*Sistema*	*Usuario*	Adquerido	*Lenguaje de programación*	*Sistema de Operación*	*Base de Datos*	Ingenieros del Sistema
17	Reajustes	Planificación y Control	Desarrollado Internamente	Natural	OS-390	Adabas	1
18	Costo del Trabajo	Planificación y Control	Desarrollado Internamente				
19	Sistema de información geográfica - GIS	Planificación y Control	Comprado	Visual Basic 6.0	Windows 2000 Server	Dbase / Access	Ayuda Externa
20	Control del alquiler de maquinaria	Conservación de Avenidas	Desarrollado Externamente	Visual Basic 6.0	Windows 2000 Server	SqlServer	Ayuda Externa
21	Control en Acuerdos de la Junta de Directores	Secretaría de Actas	Contratado				
22	Control de Acceso Restringido	Comisión de Accesos	Desarrollado Internamente				
23	Inventarios - TRACK-IT (Escritorio de Ayuda)	Ciencias en computación	Comprado	Visual Basic 6.0	Windows 2000 Server	SqlServer	Ayuda Externa

Nota: Sistema de Información Geográfica –GIS es el sistema para Carreteras y Puentes

14.2 Desarrollo del Sistema de Informática

14.2.1 Medios del Desarrollo del Sistema de Informática

Los medios de desarrollo del programa de informática son diferentes en cada departamento por el uso del software. Los contenidos del sistema utilizado en el MOPT se muestran el la Tabla-14.3. Aproximadamente doscientos cincuenta (250) computadoras personales están asignadas al equipo de trabajo del MOPT y alrededor del 80% de las computadoras no llenan las especificaciones del Departamento de Informática del MOPT.

Por lo tanto, se prepara el presupuesto para la renovación de las computadoras y un conjunto de 170 computadoras personales se asignarán a las oficinas regionales. Los objetivos de la mejora de los medios del sistema de informática en las oficinas regionales es el modernizar las habilidades de los equipos de trabajo de las oficinas para adaptar el Sistema de Administración de Carreteras. Se planea una operación completa del Sistema de Administración de Carreteras y este se explica en este reporte en la Sección 14.2.4 Plan del Desarrollo del Sistema. Visual Basic es el lenguaje del desarrollo del sistema, el ArcInfo como el GIS software y el TCP/IP para el protocolo se adoptan fácilmente para el sistema de informática en el MOPT.

Tabla 14.2.1. Entorno del Desarrollo del Sistema

Ítem	Software	Descripción	Notas
Lenguaje	Visual Basic6.0	Un lenguaje de programación desarrollado por Microsoft. El lenguaje se presenta como una herramienta especial de desarrollo que facilita la aplicación del software.	Común en cada Departamento
DBMS	Access2000,2003	Software de base de datos de Microsoft. Es parte de Microsoft Office「Jet Database Engine」y es capaz de conectar el Microsoft SQL Server u otras máquinas de bases de datos por ODBC	MOPT: Departamento de Informática (2000) CONAVI (2003)
	Visual Fox	Un software de base de datos para una base datos de tamaño medio desarrollado por Microsoft para desarrolladores.	MOPT: Planificación
	ORACLE	Software de base de datos desarrollado por ORACLE.	CONAVI
	SQL Server7.0	Un software de base de datos para una base de datos de gran escala desarrollado por Microsoft. Este software se puede escalar y es fiable y es una base de datos de fácil administración.	MOPT: Informática CONAVI
GIS	ArcInfo	Un software GIS brindado por ESRI usado alrededor del mundo en el mercado GIS.	Común
Servidor	Windows2000Server	Un sistema de operaciones para servidores desarrollado por Microsoft.	Común
Computadoras Personales para el equipo de trabajo	CPU	PentiumⅣ 2.8Ghz～3.4Ghz	Especificación de Computadores en el MOPT
	memory	512MB DDR SDRAM	
	monitor	17 pulgadas SVGA (1280×1050)	
	HDD	80GB SATA (7,200PRM)	
	OS	Windows XP Professional	
	Software	Office2003	

14.2.2 Entorno de Red

1) Red de Área Local (LAN) en la División de Obras Públicas

Las computadoras personales en la División de Obras Públicas están conectadas por cables de fibra óptica a través de un switch principal del servidor y están conectadas con la categoría 5 100 BASE (100Mbps) através de Ethernet.

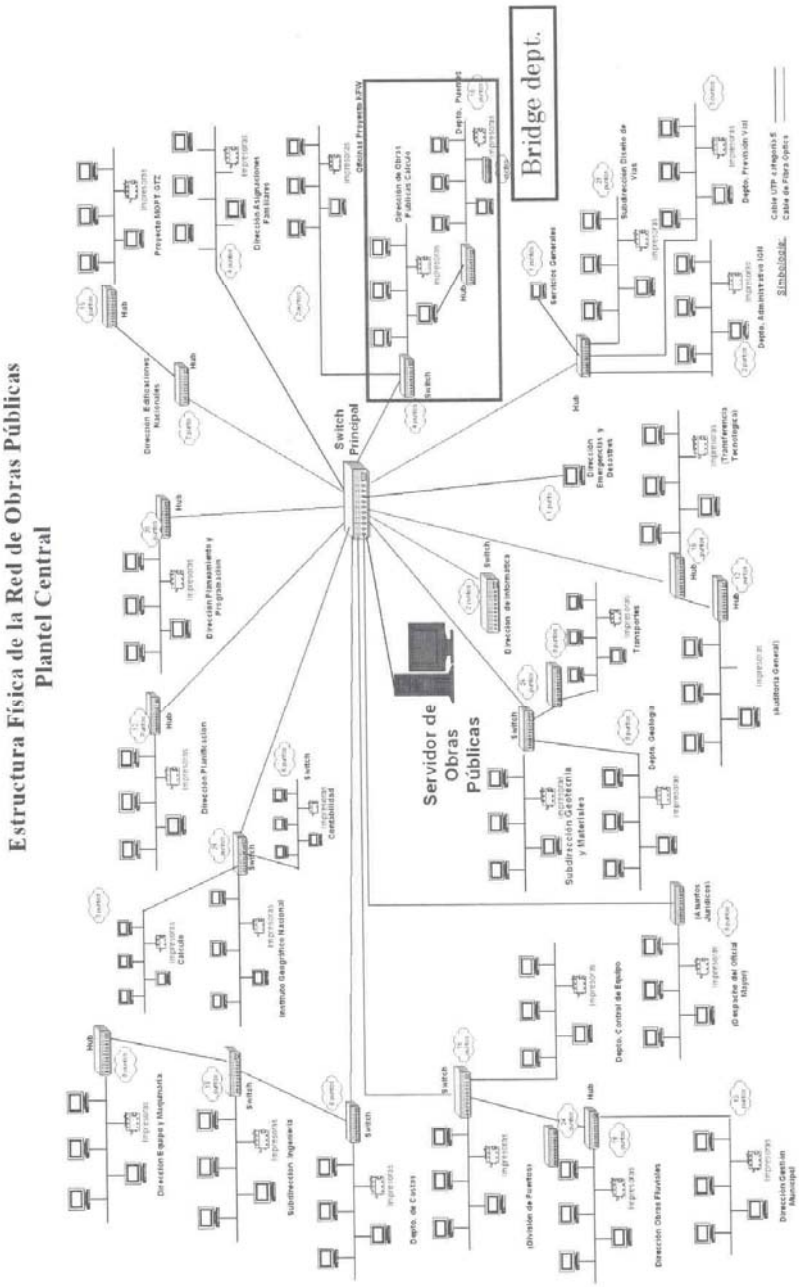


Figura 14.2.1. Red en la División de Obras Públicas

2) Red de Banda Ancha (WAN)

Las conexiones entre MOPT, CONAVI y los Gobiernos Locales se muestran en la Figura 14.6. CONAVI y los gobiernos locales están conectados por líneas exclusivas y los otros gobiernos locales están conectados por los módems a través de líneas generales.

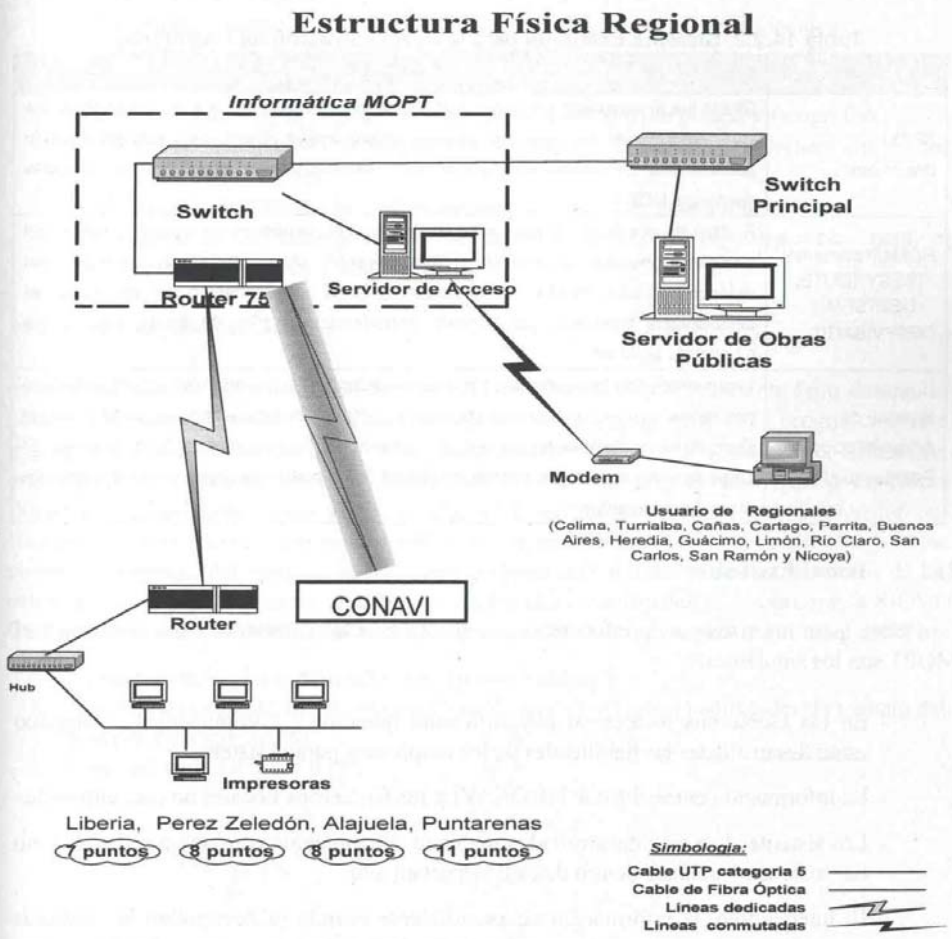


Figura 14.2.2. Conexión de Red entre MOPT, CONAVI y los Gobiernos Locales

14.2.3 Sistema de Administración de Puentes y Carreteras

1) Condición del Sistema Existente

El Sistema de Administración de Carreteras que se utiliza en el MOPT se muestra en la Tabla 14.2.2.

Tabla 14.2.2. Sistema Existente para la Administración de Carreteras

Sistema	Descripción
SPEM (Pavimento)	SPEM fue desarrollado por ingenieros alemanes en 1993 para la administración de las carreteras locales. Un ingeniero alemán todavía apoya el sistema y este está siendo administrado en buenas condiciones. Las utilizaciones del Sistema están limitadas dentro del MOPT.
HDM4(Pavimento) (DESYROUTE, DESTSEMI, DESYVISAGI)	El Plan de acción anual para el mantenimiento de carreteras se estudia a través del análisis económico, el priorizar el mantenimiento de carreteras, la predicción del deterioro al usar HDM4. La ubicación para el mantenimiento de carreteras es seleccionada finalmente por CONAVI considerando el plan de acción anual y las decisiones políticas.
Sistema de Administración de Puentes (SAP)	Los puentes son inspeccionados por los inspectores del Departamento de Planificación con base en el manual de inspección. Esta información no es usada por el Departamento de Puentes ya que los inspectores no son ingenieros en puentes. El Departamento de Puentes guarda los planos de los puentes y acude a las solicitudes de otros departamentos.

2) Temas Existentes

Los temas para los sistemas de informática existentes para las carreteras y los puentes en el MOPT son los siguientes:

- En los Gobiernos locales no hay suficiente número de computadoras y tampoco están desarrolladas las habilidades de los empleados para el sistema.
- La información entre el MOPT, CONAVI y los Gobiernos Locales no está unificada.
- Los sistemas han sido desarrollados por cada departamento de manera separada y no hay sistemas comunes dentro de cada departamento.
- El intercambio de información no es suficiente cuando se desarrollan los sistemas por cada departamento y alguna información indispensable y algunas funciones para la administración de puentes no existe en los sistemas.
- Los planos y las fotografías de los puentes no están registrados en la base de datos y no se utilizan comúnmente.
- Los inspectores de puentes no están entrenados y las inspecciones de puentes no se realizan apropiadamente. Los criterios para priorizar la reparación de puentes no es muy clara.
- No se les puede dar un mantenimiento continuo a los sistemas ofrecidos por países extranjeros.

3) Recomendaciones para mejorar el sistema de mantenimiento de puentes

Las recomendaciones para mejorar el sistema existente al adoptar el mantenimiento de puentes es el siguiente:

- Dar entrenamiento en computación para mejorar las habilidades de los empleados de los Gobiernos Locales
- Compartir información entre el MOPT, CONAVI, y los Gobiernos locales
- Intercambio de información y cooperación técnica, entre los departamentos relevantes para el desarrollo del sistema.
- Uso efectivo de la información de imágenes que incluyen planos y fotografías.
- Establecer un manual de inspección de puentes y darles un entrenamiento a los inspectores de puentes.
- Desarrollar un sistema de evaluación para priorizar las reparaciones.
- Entrenar a los ingenieros en sistemas y establecer organizaciones para el mantenimiento de los sistemas.

14.2.4 Desarrollo del Sistema

El sistema total de administración de carreteras (SIGVI) está actualmente bajo desarrollo como un sistema futuro por la División de Obras Públicas en el MOPT. El programa es una mejora del sistema de administración de carreteras (SPEM) usado actualmente. El sistema está siendo desarrollado por el Departamento de Planificación en la División de Obras Públicas y la División de Puentes no es parte del desarrollo del sistema. La participación del Departamento de Puentes para el desarrollo del programa es inevitable especialmente para las partes de puentes en el sistema. Es necesario mejorar las habilidades de los miembros de las oficinas locales para el manejo efectivo de computadoras personales con el programa SIGVI. Consecuentemente, el MOPT inicia un plan con los siguientes pasos para explotar el SIGVI.

a. Instalar computadoras nuevas en las oficinas locales.
b. Entrenar a los empleados de oficinas locales para mejorar las habilidades de manejo del sistema existente SPEM.
c. Empezar a explotar el SIGVI.

Tabla 14.2.3. Sistema Total de Administración de Carreteras (SIGVI) (1/2)

Ítem	Descripción
Progreso del Desarrollo del Programa	El sistema se desarrolla como una versión mejorada de SPEM. El sistema maneja información que incluye pavimentos, carreteras nacionales, puentes y puertos marinos.
Objectivo	El sistema es para la administración total de carreteras incluyendo el manejo del inventario y el soporte para establecer un plan de acción anual para el mantenimiento de carreteras.
Usuario	Empleados del MOPT, CONAVI y Gobiernos Locales
Composición del Sistema	Sistema de Base de Datos Descentralizado (C/S system)
Software de Aplicación	· Visual Basic6.0 · SQL Server7.0 · Access2000
Administración de Datos	. Datos Básicos que incluyen el inventario y la inspección. . Datos para el estimado de costos incluyendo métodos de construcción, costos de mano de obra, equipo y costos unitarios de los métodos de construcción. . Información de los usuarios que incluye nombre, departamento y puesto.
Función	· Administración de datos de inventario. · Estimado del costo bruto para el mantenimiento de pavimentos. · Brindar soporte para establecer en plan de acción anual. · Datos de salida en archivos de Excel.

Tabla 14.2.3. Sistema Total de Administración de Carreteras (SIGVI) (2/2)

Ítem	Descripción
Administración de Seguridad	· Identificación del Usuario Identificar el usuario que intente ingresar al sistema con el nombre del usuario y la clave que corresponde a la comisión de los usuarios. · Descentralizar la base de datos Un servidor SQL se utiliza como una base de datos y estos se sincronizan con el Access2000 en las oficinas dentro de la red. Los datos pueden ser protegidos y disponibles aunque el servidor SQL está fuera de servicio.
Funciones Adicionales en el futuro	· Administración de los datos de imagen Los datos de imagen tales como los planos y las fotografías no se mantienen en el sistema existente. Es posible introducir los datos en el sistema. · Controlar la ubicación con un mapa Ya que ningún sistema de mapas se utiliza en el sistema existente, un sistema de mapas se añade al sistema. Los datos GIS creados por ArcInfo existe actualmente en el sistema.
Temas	· Ya que los datos de puentes existen en el sistema, están en desarrollo en el Departamento de Planificación haciendo referencia al sistema de datos de puentes en Guatemala, Las opiniones del Departamento de Puentes no se ven reflejadas en el sistema. Es necesario investigar los datos indispensables para la administración de puentes entre Planificación, Puentes y el Departamento de Informática. · Se deberán de añadir las funciones para priorizar las reparaciones de puentes.
Notas	Los datos de puentes se mantienen en el SIGVI como se explica a continuación: Los claros verticales debajo de las cerchas, la altura de las aceras. Las gradiantes, las señales de tránsito, líneas divisorias, iluminación, el radio de las curvas, etc.

La imagen total con respecto a la administración del sistema existente, el flujo de la información y el desarrollo del sistema se ilustran en la Figura 14.2.3.

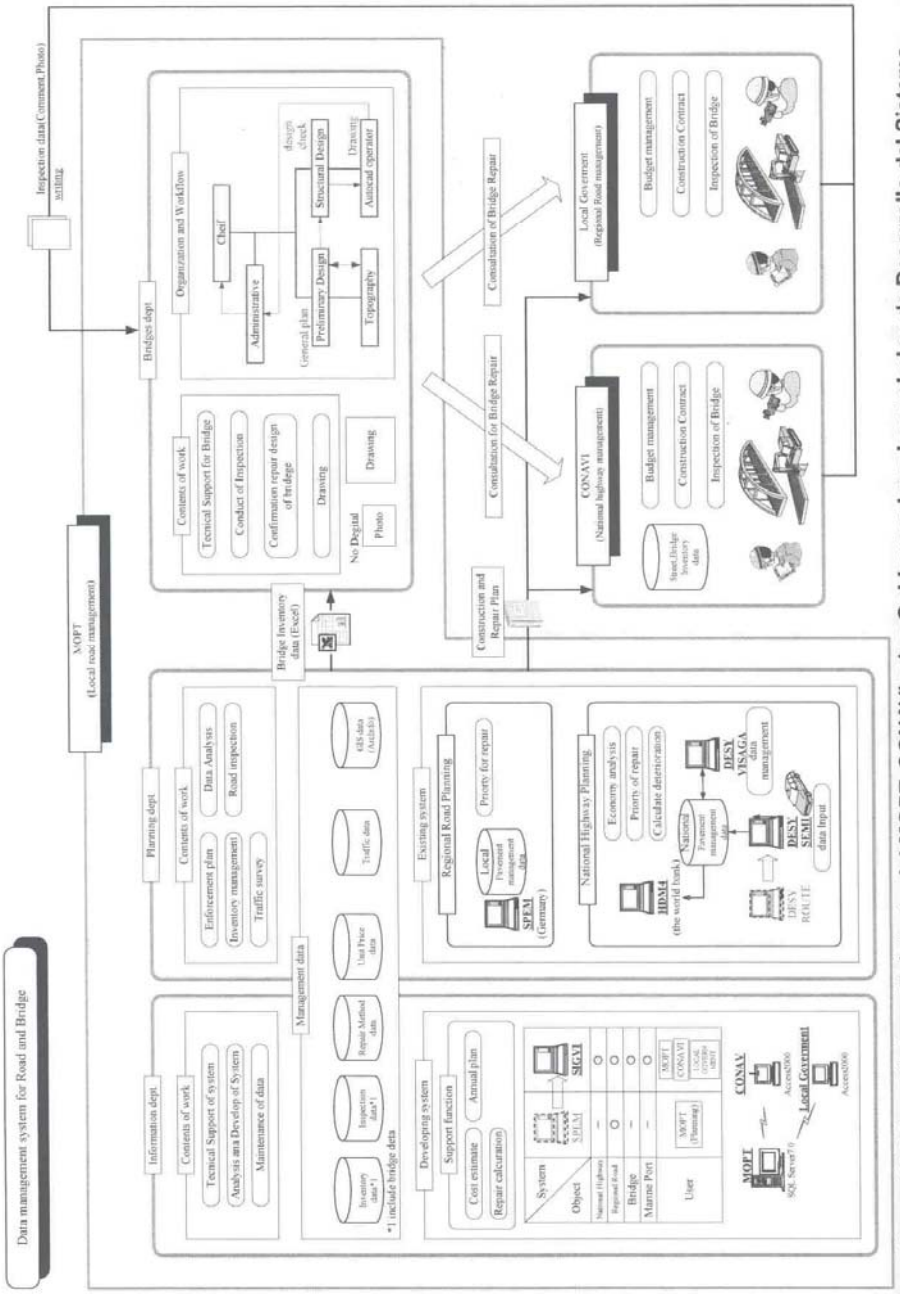


Figura 14.2.3. Sistema Existente del MOPT, CONAVI y los Gobiernos Locales y el plan de Desarrollo del Sistema

14.3 Sistema de Administración de Puentes (SAEP)

El concepto básico del sistema de administración de estructuras de puentes (SAEP) y el método de operación para el sistema se discute en esta sección.

14.3.1 Objetivo del Sistema

El Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP) es la herramienta de apoyo para la toma de decisión responsable con respecto a la administración de la inspección, el análisis y el mantenimiento de numerosos componentes que forman parte de un puente. El inventario de puentes, la deficiencia de puentes y el análisis para la evaluación de los datos se organizan en el SAEP.

14.3.2 Concepto del Sistema

El sistema brinda soporte al registro de los datos para el mantenimiento de puentes y a las actividades de mantenimiento de puentes de apoyo utilizando estos datos. El concepto del SAEP se muestra en la Figura 14.3.1.

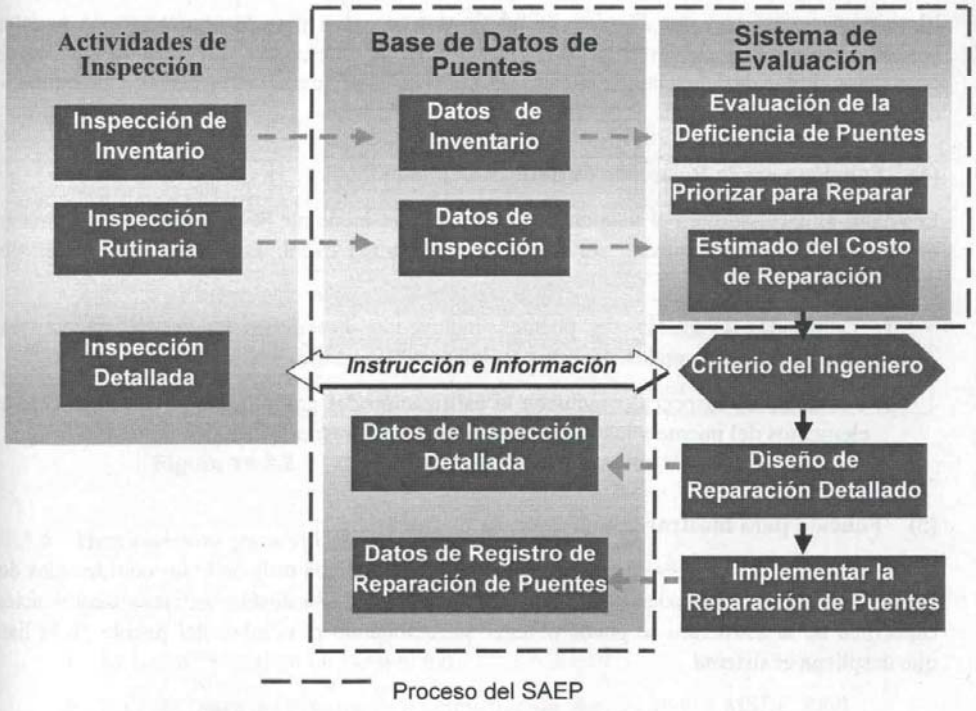


Figura 14.3.1. Concepto del SAEP

1) Funciones en el Sistema

El sistema cuenta con una serie de funciones que facilita el almacenamiento y la adquisición de los datos. A continuación se describe en que consiste cada una de estas funciones.

(1) Función para el registro y la renovación de los datos

La información que se registra por primera vez o que se va a renovar se almacena en las respectivas pantallas de ingreso (datos de inventario, inspección, rehabilitación y otros). El acceso y manipulación de estos datos debe de ser permitido sólo a las personas autorizadas.

(2) Función para la Administración de los Datos

La base de datos almacena datos numéricos y literales e imágenes tales como las fotografías y los planos de los puentes. El sistema crea además una carpeta para cada uno de los puentes, en la cual se pueden almacenar todos los archivos relacionados con la estructura en estudio y que no forman parte del sistema, por ejemplo, archivos de programas de análisis estructural, memorias de cálculo de los diseños de las reparaciones, entre otros.

(3) Función para el soporte de la reparación de puentes

El sistema cuenta con una función de administrar un plan para la reparación de puentes basada en los datos del inventario y los datos de la inspección. La función incluye la evaluación de las deficiencias de puentes, el priorizar la reparación de puentes y el estimado del costo para la reparación.

(4) Función para la Búsqueda de datos

Los datos almacenados en el sistema se pueden acceder mediante la consulta del programa en modo usuario, o bien, pueden ser impresos en formato excel. Los datos disponibles del sistema son:

1. Datos de inventario de puentes incluyendo las dimensiones del puente, las características generales, aspectos sociales, etc.
2. Los datos de inspección incluyen la calificación del grado de daño de los diferentes elementos del puente y las fotografías de los daños respectivos.

(5) Función para mostrar la ubicación de un puente

La ubicación de los puentes en cuestión se muestra en el mapa utilizando las coordenadas del puente. Así mismo, se pueden ubicar por nombre, división administrativa, etc. La ubicación específica de la estructura se puede obtener seleccionando el nombre del puente en la lista que despliega el sistema.

14.3.3 Componentes del Sistema

El Sistema consiste de un servidor y clientes (sistema tipo C/S) y cada dato es administrado por el servidor. El componente del sistema y el entorno de la operación y los datos almacenados se muestran en la Figura 2.1. Cuando el archivo del servidor no está disponible, todos los datos se deben almacenar en el servidor de la base de datos.

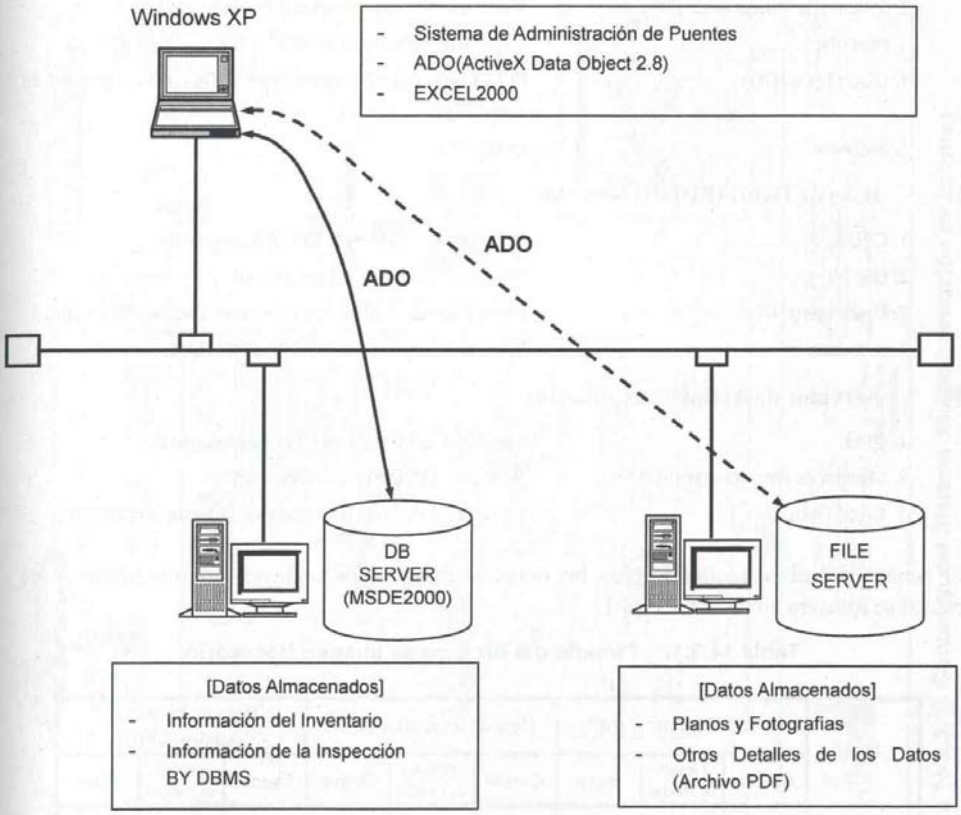


Figura 14.3.2. Componentes del Sistema de Hardware

14.3.4 Herramientas para el Desarrollo del Sistema

Las herramientas para el Desarrollo del Sistema son las siguientes:

1. Lenguaje: Visual Basic Version 6.0
2. Base de Datos del Sistema de Administración: Access 2000 y MSDE 2000
3. La conexión de los Datos: ADO (Active X Data Object 2.8)

14.3.5 Environment for the System Operation

El entorno del sistema de operaciones es el siguiente:

1) Computadora Cliente

1. Unidad de Procesamiento Central (UPC):	Pentium4 2.0giga-hertzs (GHz) o un CPU más avanzado.
2. Sistema de Operaciones (SO):	Windows XP Home Edition o Professional
3. Pantalla:	La pantalla debe de tener 1024 x 768 pixeles o más.
4. Disco Duro (DD):	El DD debe tener 50 mega-bytes (GB) o más capacidad de almacenaje.
5. Software:	Excel 2000

2) Base de Datos (BD) del Servidor

1. CPU:	Pentium4 3.0 GHz o un CPU más avanzado.
2. OS:	Windows XP Server o Professional
3. Disco Duro (DD):	Disco Duro de 5 GB o con más capacidad de almacenaje.
4. Software:	Microsoft Data Editor (MSDE) 2000 (SQL Server)

3) Servidor de Archivos de Imagen:

1. CPU:	Pentium 4 2.0 GHz o un CPU más avanzado
2. Sistema de Operaciones (SO):	Windows XP Server o Professional
3. Disco Duro:	Disco Duro de 200 GB o más capacidad de almacenaje.

El tamaño del disco requerido para los datos de imagen que incluyen las fotografías y los planos se muestra en la Tabla 14.3.1.

Tabla 14.3.1. Tamaño del Archivo de Imagen Necesario

Item	Hoja de Inventario (MB)			Hoja de Inspección (MB)			Hoja de Inventario Detallado(MB)		
	Cuenta	Tamaño de Unidad	Suma	Cuenta	Tamaño de Unidad	Suma	Cuenta	Tamaño de Unidad	Suma
Fotografía	30	0,2	6	40	0,2	8	40	0,2	8
Plano	1	1,5	1,5				5	1,5	7,5
Frecuencia	1			5			5		
Subtotal	7,5			40			77,5		
Total (1Puente)	125								
*1300 Puentes	162.500								

14.3.6 Sistema de Operaciones

El concepto del Sistema de Administración de Puentes se muestra en la Figura 14.3.3.

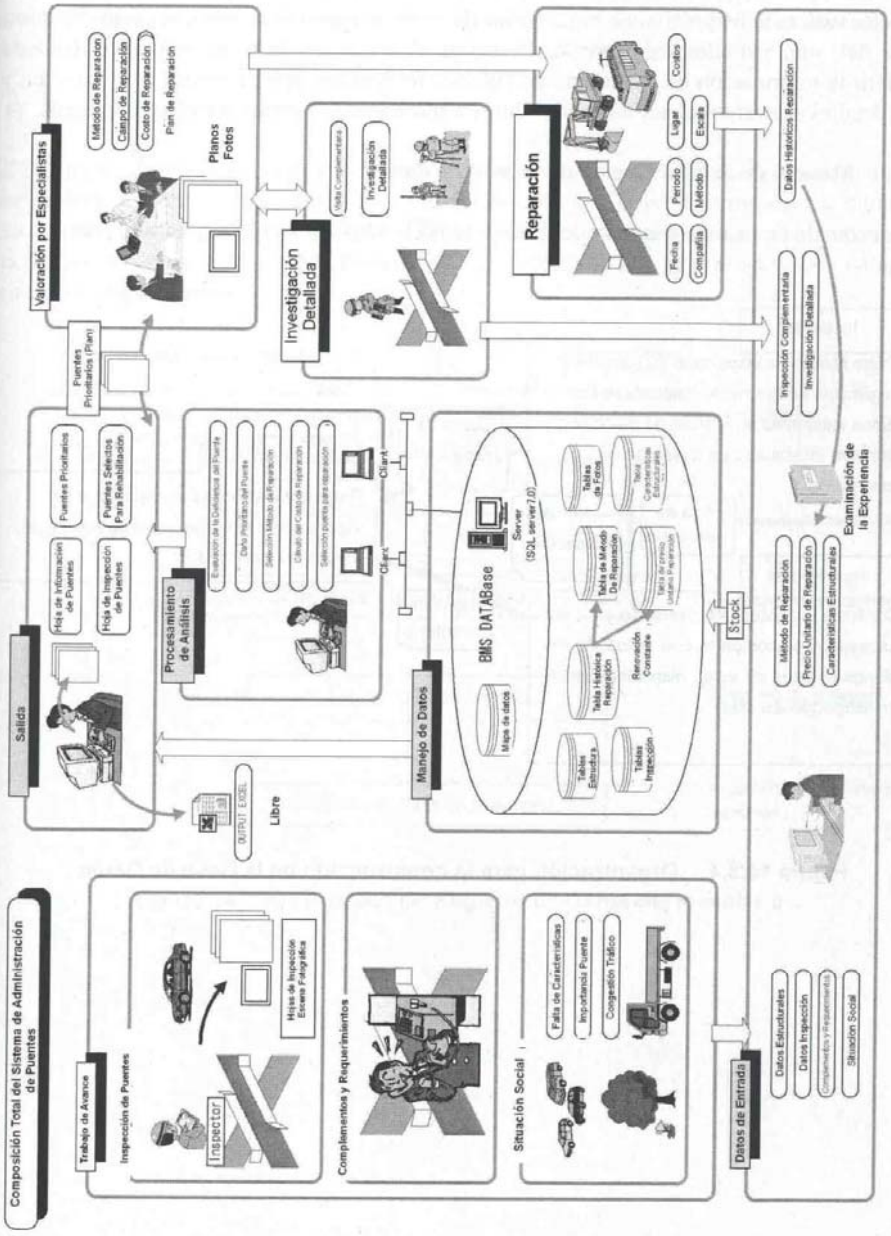


Figura 14.3.3. Concepto del Sistema de Administración de Puentes

1) Acceso al sistema

Los posibles usuarios del sistema son los ingenieros de puentes, los planificadores de puentes y los administradores del sistema. Cada usuario puede acceder y buscar los datos en el sistema, sin embargo, sólo el administrador tiene la autoridad de modificarlo. Cuando el inspector realiza la inspección de puentes, los datos de la inspección deben ser actualizados a través del administrador del sistema. Por ello, el ingeniero tiene la responsabilidad de transferir la información del inventario de puentes, fotografías, planos, costos de reparación y otros detalles relevantes al administrador del sistema cuando se repara o mejora un puente.

2) Manejo de la información de la base de datos

El esquema de manejo para la base de datos del SAEP se muestra en la figura siguiente.

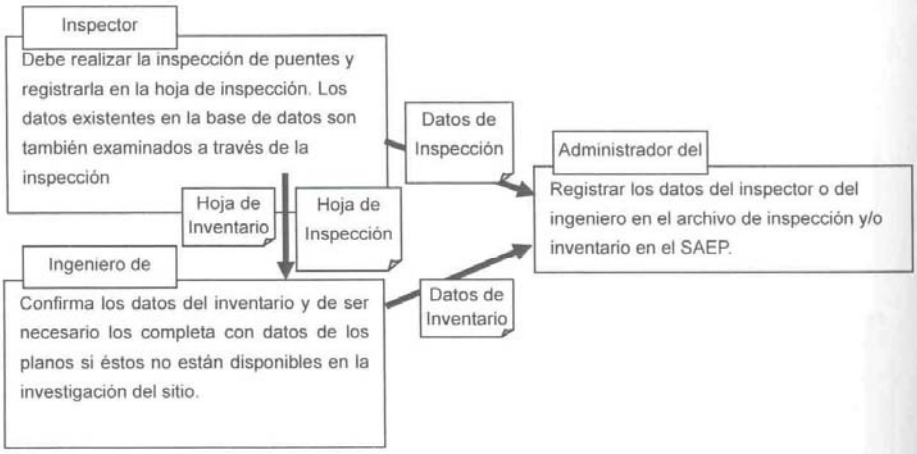


Figura 14.3.4. Organización para la construcción de la Base de Datos

14.3.7. Proceso del Registro de Datos

1) Registro del Sistema de Datos

Para evitar inconsistencias en la base de datos, el administrador será el responsable de introducir la información de inventario e inspección en la base de datos del sistema. El procedimiento para el establecimiento de la base de datos es el siguiente:

(1) Registro de datos de inventario

El inventario de puentes contiene información complementaria de la inspección, por lo que de ser posible, se debe realizar previo a ésta o en conjunto con la primera inspección rutinaria. Estos datos no varían en el tiempo excepto que se realice una reparación mayor que modifique las características de la estructura. El procedimiento para procesar los datos de inventario es el siguiente:

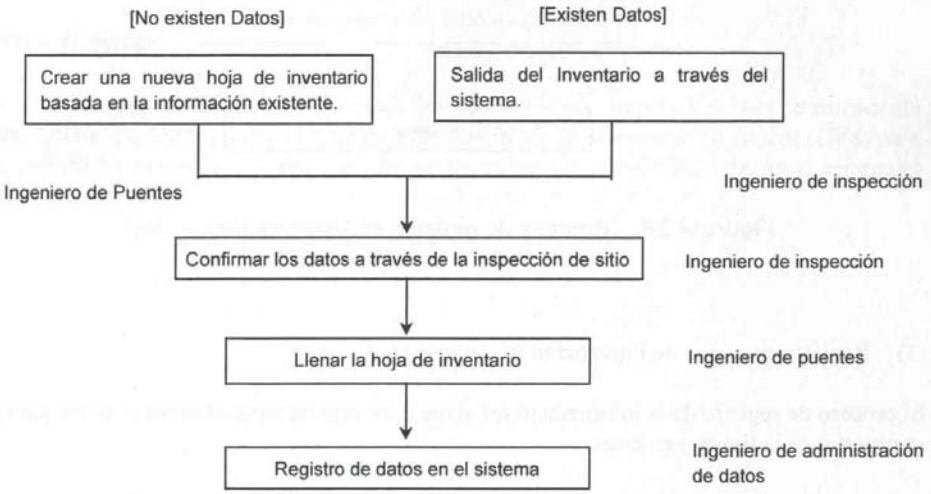


Figura 14.3.5. Proceso de Registro de Datos del Inventario

(2) Registro de datos de inspección

Los datos de inspección son procesados con el siguiente procedimiento:

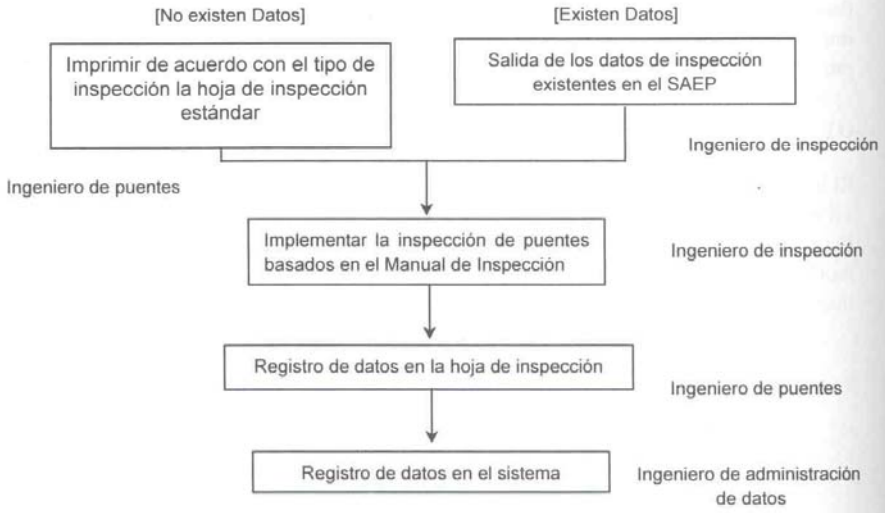


Figura14.3.6. Proceso de registro de Datos de Inspección

(3) Registro de datos de reparaciones

El proceso de registro de la información referente a las reparaciones realizadas en los puentes se muestra en la figura siguiente.

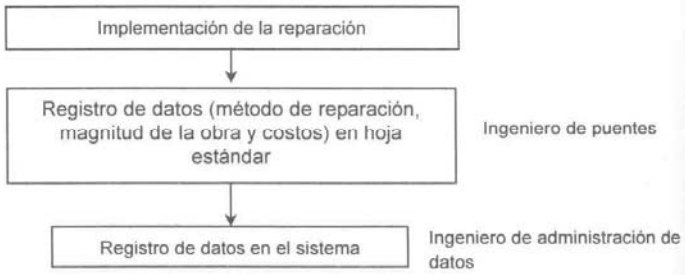


Figura14.3.7. Proceso de Registro de Datos Reparación

2) Registro de datos tipo imagen

(1) Datos de fotografías

Los datos de fotografías deben ser registrados con la cámara digital y el tamaño de la fotografía debe ser de 800 x 600 píxeles (SVGA). Estos datos deben almacenarse como archivos JPEG para posteriormente registrarlos en el sistema.

(2) Datos de Planos

Cuando existen los planos originales del Puente en estudio, se deberán escanear los planos para registrar el SAEP. Si existen manchas que no permiten la legibilidad del plano, estas se deben de limpiar antes de escanear. Cuando los planos no están disponibles, se deben dibujar los planos con el sistema de computación CAD basado en el inventario de datos. El archivo tipo JPEG deberá ser usado para los datos del plano y el tamaño del archivo debe de ser de 1.5 mega bites.

3) Coordenadas del Puente

Las coordenadas del Puentes son de la información más importante para confirmar la ubicación del puente. Se utiliza el Sistema de Satélite de Posicionamiento Global (GPS) para registrar las coordenadas. La ubicación del puente registrada por el GPS debe ser el centro del Puente.

14.4 Operación para el Sistema

14.4.1 Movimiento de la Pantalla

El movimiento de la pantalla del SAP se muestra en la Figura 14.4.1.

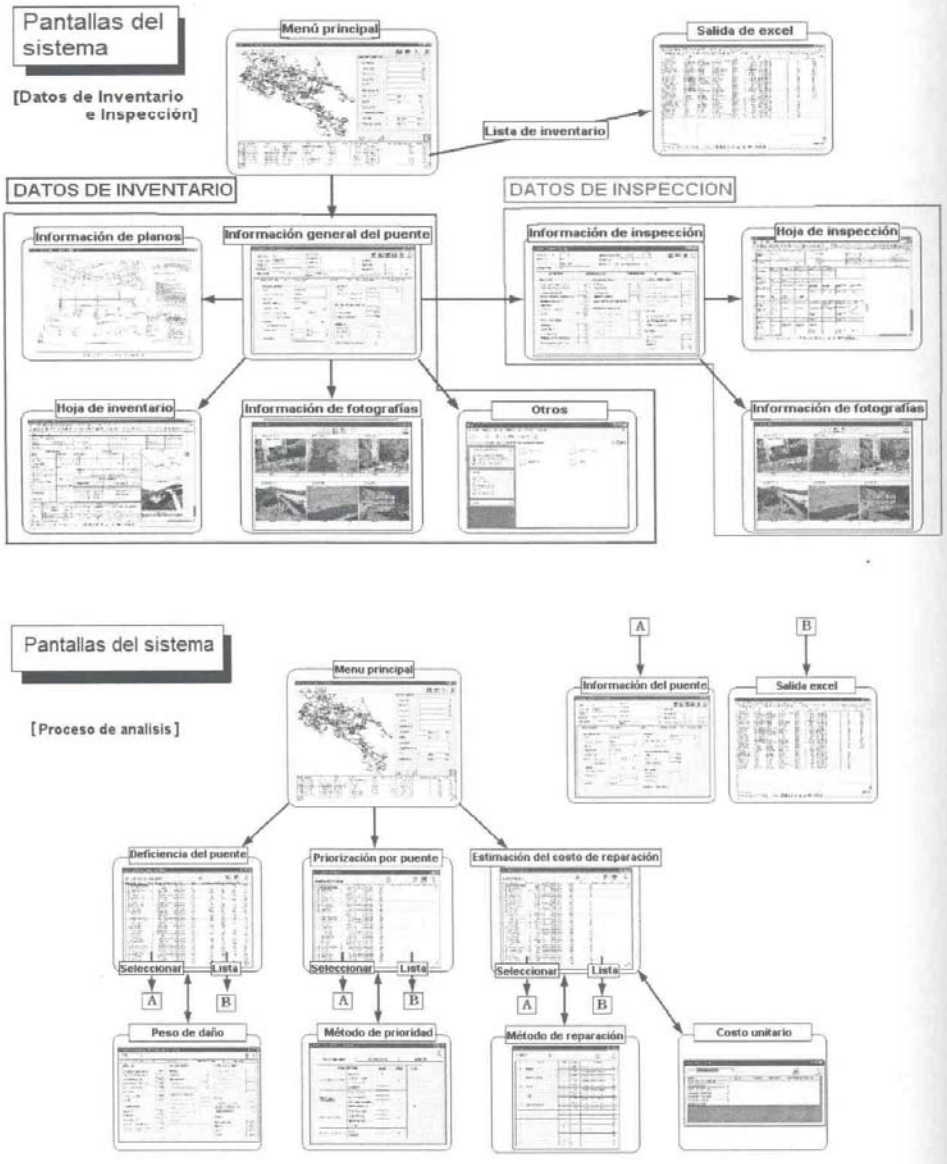


Figura 14.4.1. Movimiento de la Presentación

14.4.2 Flujo del Sistema de Operaciones

1) Búsqueda del Inventario de Puentes

La siguiente figura muestra el procedimiento a seguir para accesar los datos de inventario de puentes.

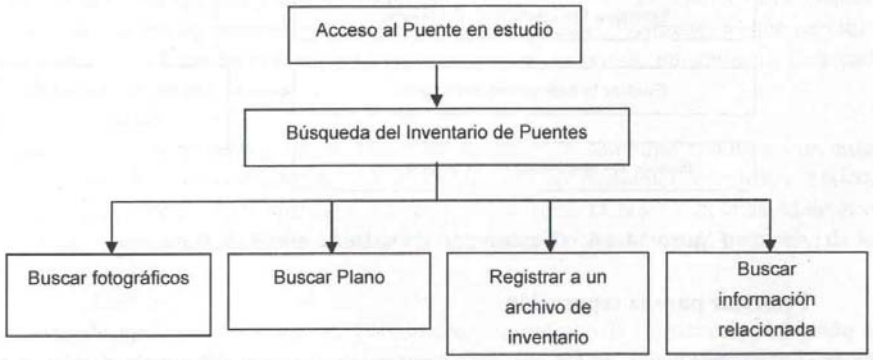


Figura 14.4.2. Búsqueda de los Datos de Inventario de Puentes

2) Búsqueda de los datos de inspección

El procedimiento para la búsqueda de los datos de inspección se muestra en la siguiente figura.

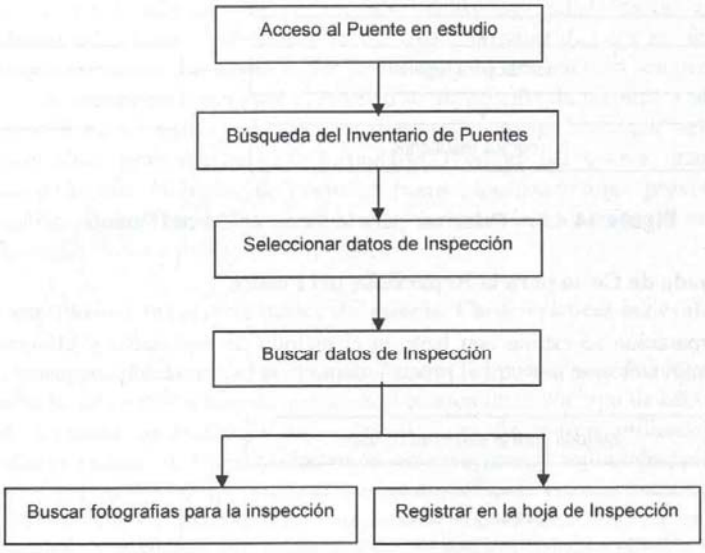


Figura 14.4.3. Búsqueda de Datos de Inspección de Puentes

3) Evaluación de la Deficiencia de Puentes

La deficiencia total del puente se evalúa después de determinar los pesos de cada tipo de daño asociados a los elementos que componen el puente. El procedimiento para evaluar la deficiencia se muestra en la figura siguiente:

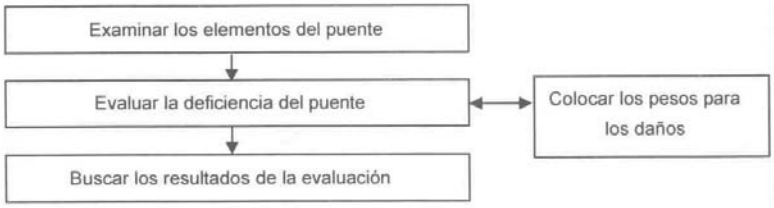


Figura 14.4.4. Evaluación de la Deficiencia de Puentes

4) Priorizar para la reparación

La prioridad de reparación de los puentes se realiza con base en diferentes criterios como la obsolescencia funcional y el grado de deterioro de la estructura, entre otros. Es necesario establecer la importancia relativa entre estos criterios para obtener el peso de cada uno en la evaluación de prioridad. El procedimiento para priorizar la reparación de los puentes se muestra a continuación.

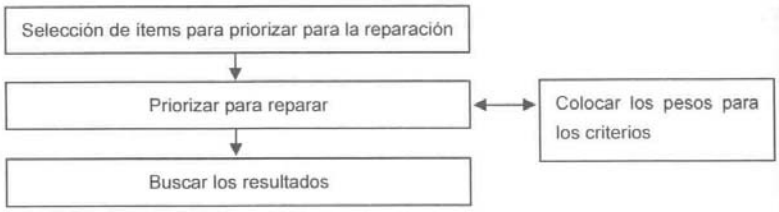


Figura 14.4.5. Priorizar para la Reparación del Puente

5) Estimado de Costo para la Reparación del Puente

El costo de reparación se estima con base en el método de reparación y el costo unitario asociado. A continuación se muestra el procedimiento para la estimación del costo.

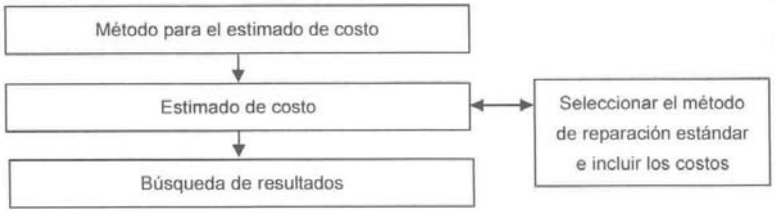


Figura 14.4.6. Estimado de Costo para la Reparación de Puentes

14.5 Descripción de los formularios de inventario e inspección de puentes

14.5.1 Introducción

Para el inventario y la inspección de puentes se recopilan datos sobre generalidades del puente, estado en que se encuentra actualmente, reparaciones que se han realizado, entre otras. Para obtener información real y estandarizada estos informes deben ser claros y completados según los formularios de inventario e inspección estándar respectivamente, lo que permitirá que se cuente con un archivo de registro con el mismo formato de información para cada puente.

El sistema cuenta con divisiones en las cuales los documentos son almacenados en un orden específico. Estas divisiones o pestañas del programa son las siguientes: elementos básicos, dimensiones del camino, superestructura, subestructura y otros. Dentro de la división de otros se almacenan comentarios, archivos de memoria de inspección y archivos de memorias de los trabajos de reparación.

Los archivos de memorias de inspección contienen fotografías y la calificación del grado de deterioro de los elementos inspeccionados. Los datos se incorporan directamente en una pantalla de entrada. Las instrucciones de evaluación de daños se van a describir paso a paso en este capítulo.

14.5.2 Formularios

Los formularios son hojas donde se recopila la información necesaria de cada puente, luego de realizar la recolección de los datos, éstos deben ser almacenados en el archivo correspondiente del sistema. Los datos y la información requerida para los formularios del uno al siete se describen a continuación, los formularios del uno al cinco son para los datos de inventario y del seis al siete son para el registro de inspección de puentes. Cada uno de los formularios en la parte superior contiene tres filas con información general del puente, es la misma información general para cada formulario, (nombre del puente, número de ruta, clasificación de la ruta, kilómetro de inicio del puente, localización por provincia, cantón y distrito, localización por coordenadas, nombre de la institución encargada del mantenimiento, fecha de diseño del puente y fecha de construcción).

1) Formulario-1 Inventario básico del puente. Características generales

Este formulario presenta datos de información general del puente y se divide en siete partes. La primera es la información básicos que sería, dirección de la vía, tipo de estructura, tipo de carga viva, longitud total del puente, especificación de diseño utilizada, número de superestructuras, número de tramos, número de subestructuras, longitud de desvío, pendiente longitudinal, fecha de la última pintura, servicios públicos, cruce, pavimento, conteo de tráfico y restricciones. La segunda parte corresponde a las dimensiones. La tercera parte son los antecedentes de inspección y la cuarta parte se refiere a los antecedentes de rehabilitación. La quinta parte es la ubicación del puente, la sexta parte es la vista panorámica del puente y por último la sétima parte que corresponde a una casilla con observaciones para anotaciones de datos importantes.

2) Formulario-2 Inventario básico del puente. Detalle de superestructura

La información relevante de la superestructura se registra en este formulario. Este formulario consta de una tabla que detalla los datos de cada superestructura del puente. Con respecto al número de superestructuras que se incluyó en el formulario anterior se describe primero el número de tramos con que cuenta la superestructura correspondiente, la alineación de la planta, el tipo de material de las vigas principales, el tipo de superestructura, el tipo de viga, la longitud total, la longitud del tramo máximo, altura de la viga, tipo de juntas de expansión al inicio y final, material y espesor de la losa, tipo de pintura utilizada en el caso de vigas de acero, área pintada y empresa encargada de pintar. Las diferentes opciones para completar la información del formulario se mencionan más adelante.

3) Formulario-3 Inventario básico del puente. Detalle de subestructura

La información de la subestructura se almacena y se recopila en este formulario. Sobre el bastión y la pila se introduce el tipo de material, tipo de bastión o pila, altura, sobre la pila la forma de la columna y dimensiones, sobre la fundación el tipo, dimensiones y si existen pilotes se especifica el tipo, además el tipo de apoyo y el ancho de asiento. El tipo de materiales, el tipo de estructura, tipo de apoyo en cada subestructura y demás información se indican en el manual de lineamientos.

4) Formulario-4 Inventario básico del puente. Planos

Si los planos constructivos están disponibles deben ser escaneados y almacenados en este formulario. En el caso de que algún plano no exista, deben escanearse esquemas con dimensiones del puente incluyendo la longitud, componentes, geometría de la losa, altura de la subestructura y otras notas especiales.

5) Formulario-5 Inventario básico del puente. Fotografías

Se deben recopilar para este formulario fotografías que muestren características típicas del puente. El inspector debe proveer fotografías digitales a color de 400 puntos x 600 puntos de cada puente para el archivo de inventario. Cuando se realicen reparaciones grandes las fotografías deben ser renovadas.
Las siguientes fotografías deben estar presentes en el momento de la recopilación de las mismas:

1) Rótulo con el nombre del puente. Si no existe un rótulo en el puente, el inspector deberá anotar el nombre del puente en un papel y tomarle una fotografía a éste.
2) Vista de la vía a los largo de la línea de centro, la dirección debe ser en el sentido creciente del estacionamiento y se debe mostrar la condición de la superficie de rodamiento.
3) Perspectiva de todo el puente en donde se muestren las condiciones generales de los miembros principales.
4) Vista lateral en donde se pueda observar el tipo de viga principal.

5) Vista inferior donde se observe el sistema de piso, arriostramiento o diafragmas.

6) Vista desde la parte superior del puente donde se muestre el cauce del río y las condiciones para cruzar debajo del puente.

7) Vista de la subestructura que incluye el bastión, la pila y apoyos.

8) Vista del elemento que cruza el puente ya sea un río, camino o vía férrea.

9) Señales de límites de peso, carga, altura máxima, ancho, entre otras. Las señales deben verse legibles en las fotografías.

Además de los lugares mencionados anteriormente, también se deben tomar fotos del puente en sitios donde se presenten condiciones especiales y el inspector crea necesario.

6) Formulario-6 Inspección del puente. Grado de daño

Con respecto a las condiciones de grado de deterioro se debe realizar la inspección con este formulario. En la guía de codificación de este manual se describe el criterio de evaluación para el grado de daño en cada elemento del puente. El formulario debe ser completado según cada componente del puente, por ejemplo si el puente consiste en tres tipos de superestructuras, cerchas de acero, vigas I de acero y losa de concreto, el inspector debe preparar tres tipos de memorias del formulario 6 y 7 para cada componente. El registro de los daños debe ser renovado cada vez que se lleve a cabo una nueva inspección.

La calificación de los grados de deterioro ayudan en la planificación de las reparaciones necesarias. El grado de daño es la calificación dada por el inspector de campo a los componentes del puente. Se les asigna ese número objetivamente y no por criterios personales u opiniones, deben ser consistentes entre inspectores, es decir debe ser la misma calificación, para dar la misma deficiencia estructural del elemento

El grado de deterioro es la medida del daño o deterioro y no es una medida de deficiencia de diseño. Por ejemplo, un puente viejo diseñado con baja capacidad de carga pero con un poco deterioro o sin deterioro puede tener una buena calificación con respecto a un puente nuevo diseñado con las cargas modernas pero con deterioro que tendrá una calificación menor.

Hay quince elementos que se evalúan en el formulario 6, cada uno de estos enumera de tres a nueve condiciones de deterioro. Estos elementos son pavimento, baranda de acero o concreto, juntas de expansión, losa, viga principal de acero, sistema de arriostramiento, pintura, viga principal de concreto, viga diafragma, cuerpo principal del bastión, martillo de la pila y cuerpo principal de la pila. Cada elemento está basado en consideraciones independientes. Esto quiere decir que un elemento que pertenezca a la superestructura y obtenga un grado de deterioro alto, no implica necesariamente que la superestructura en general se encuentre en malas condiciones.

El formulario-6 tiene un espacio para los comentarios, estas observaciones se requieren para cualquier grado de daño de 4 o 5. Se dan más detalles del grado de deterioro para cada elemento en la guía de recopilación.

7) Formulario-7 Inspección del puente. Fotografías

Las fotografías en este formulario deben corresponder a las condiciones de deterioro del formulario-6 y este formulario debe renovarse cuando la inspección se lleva a cabo. No sólo se deben almacenar las fotografías de los elementos con mayores daños sino también los elementos con deterioro menor.
Las fotografías de este formulario deben incluir:

1) Las juntas de expansión. Si las juntas de expansión están cubiertas por sobrecapas de pavimento, se debe fotografiar el área donde se conoce que deben estar las juntas de expansión.
2) Los apoyos del puente. Si no hay apoyos en el puente, se debe fotografiar el límite entre la superestructura y la subestructura.
3) Vista inferior del puente para que se observe la condición de la losa y el sistema de piso.
4) Los bastiones del puente.
5) Se debe fotografiar el talud de aproximación al aletón del bastión mostrando la erosión de la pendiente.
6) El talud de protección al frente del bastión.
7) Las pilas del puente. Cualquier socavación o erosión significativa debe ser fotografiada.
8) Si el pavimento del puente ha sido reparado con sobrecapas de asfalto, se debe examinar el espesor de la sobrecapa de pavimento y se deben tomar fotografías mostrando la medida.
9) Baranda, si se observa alguna deformación o faltante de elementos.

Con respecto a las fotografías para la inspección, aquí se deben incluir fotos de todos los elementos que presenten los daños o deterioros descritos y evaluados en la hoja de inspección; no se debe limitar a las descripciones mencionadas anteriormente, sino se debe tomar fotografías de los rasgos que a criterio del inspector sean problemas estructurales, inusuales, peligrosos, o pobremente reparados.

Formulario - 1 Inventario básico del puente. Características generales

INVENTARIO BASICO DE PUENTES

| | | |

Formulario - 2 Inventario básico del puente. Detalle de superestructura

INVENTARIO BASICO DE PUENTES (DETALLE DE SUPERESTRUCTURA)

NOMBRE DEL PUENTE	Colorado River	001		PROVINCIA		*	ADMINISTRADO POR	Colorado			*		DIA	MES	AÑO
No. DE LA RUTA	1	CLASIFICACION	Primary	*	LOCALIDAD	CANTON		*	LATITUD NORTE	12 °	34 '	56.7 "	*	FECHA DE DISEÑO	31	3	1968
KILOMETRO	35.756	km				DISTRITO		*	LONGITUD ESTE	12 °	34 '	56.7 "	*	FECHA DE CONCLUCION DE CONSTRUCCION	31	3	1970

				VIGAS PRINCIPALES DE SUPERESTRUCTURA											
No DE ESTRUCTURA	No DE TRAMOS	ALINEACION DE PLANTA		MATERIALES		SUPERESTRUCTURA		TIPOS		LONGITUD TOTAL		TRAMO MAXIMO		ALTURA	
1	1		*	Prestressed Concrete	*	Deck Type	*	I Beam	*	204.00	m	50.00	m	2.45	m
2			*		*		*		*		m		m		m
3			*		*		*		*		m		m		m
4			*		*		*		*		m		m		m
5			*		*		*		*		m		m		m
6			*		*		*		*		m		m		m

	TIPO DE JUNTAS DE EXPANSION			LOSA				CARACTERISTICAS DE PINTURA						
No DE ESTRUCTURA	UBICACION INICIAL	UBICACION FINAL		MATERIALES	ESPESOR		TIPO DE PINTURA	AREA PINTADA		FECHA DE ULT. PINTURA DIA	MES	AÑO	EMPRESA ENCARGADA	
1	*	*		*	0.50	m	*	m2		31	3	1968		
2	*	*		*		m	*	m2						
3	*	*		*		m	*	m2						
4	*	*		*		m	*	m2						
5	*	*		*		m	*	m2						
6	*	*		*		m	*	m2						

Formulario – 3 Inventario básico del puente. Detalle de subestructura

INVENTARIO BASICO DE PUENTES (DETALLE DE SUBESTRUCTURA)

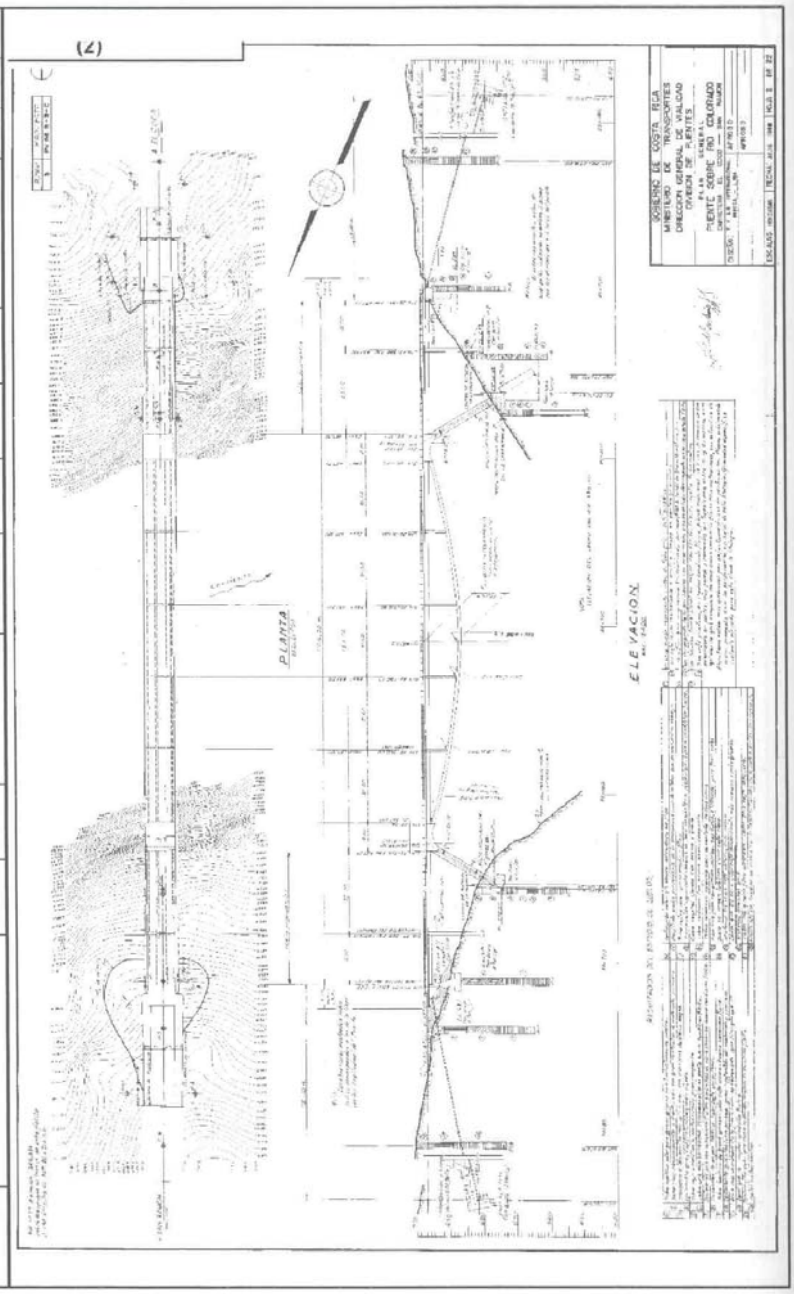
| | | |

Formulario - 4 Inventario básico del puente. Planos

INVENTARIO BASICO DE PUENTES (PLANOS)

NO. 1 / 3

NOMBRE DEL PUENTE	Colorado River	001		PROVINCIA		*	ADMINISTRADO POR	Colorado		*		DIA	MES	AÑO
No. DE LA RUTA	1	CLASIFICACION	Primary	*	LOCALIDAD	CANTON		*	LATITUD NORTE	12 '	34 "	56.7 "	FECHA DE DISEÑO	31	3	1968
KILOMETRO	35+56		km			DISTRITO		*	LONGITUD ESTE	12 '	34 "	56.7 "	FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION	31	3	1970



Formulario - 5 Inventario básico del puente. Fotografías

INVENTARIO BASICO DE PUENTES (FOTOS)

| | | |

Formulario - 6 Inspección del puente. Grado de daño

INSPECTION DE PUENTES (GRADO DE DAÑO)

| | | |

Formulario – 7 Inspección del puente. Fotografías

INSPECTION DE PUENTES (FOTOGRAFIA)

| | | |

CAPÍTULO 15 HERRAMIENTAS PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE PUENTES

15.1 Introducción

En este estudio se preparó una guía de lineamientos y dos manuales que funcionan como una herramienta de apoyo a las actividades del mantenimiento de puentes. Estos están compuestos por: Lineamiento para el mantenimiento de puentes, Manual de Inspección de Puentes y Manual para el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes; el resumen de cada una de estas herramientas es el siguiente:

1) Manuales de Inspección de Puentes

El manual fue preparado principalmente por los inspectores y los ingenieros de puentes. El manual instruye acerca de como implementar el estudio de inventario, los procedimientos de la inspección rutinaria y los métodos para evaluar el deterioro de puentes.

2) Manual para el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes

El manual se prepara principalmente para el administrador del sistema y el ingeniero de puentes. El manual instruye acerca de los métodos de operación y mantenimiento del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes.

3) Lineamiento para el Mantenimiento de Puentes

La guía de lineamienta fue preparado principalmente por los ingenieros de puentes quienes están encargados de las actividades de mantenimiento de puentes. El lineamiento instruye el concepto del mantenimiento de puentes, la causa del deterioro del puente, el método de inspección detallada, el método de prueba de cargas y el método de reparación de puentes.

15.2 Manual de Inspección de Puentes

El objetivo principal de este manual es describir los procedimientos y métodos para realizar el inventario de puentes y evaluar su deterioro. La información recopilada durante la inspección de puentes es fundamental para programar el mantenimiento oportuno, de su calidad dependerá el buen funcionamiento del sistema dado, que las estructuras continúan envejeciendo y deteriorándose, una evaluación precisa y completa es esencial para mantener en servicio una red vial confiable.

Con el fin de que la información anterior sea la correcta, se debe contar con un grupo de inspectores calificados que comprendan todos los conceptos, responsabilidades y deberes contenidos en este manual.
Las actividades de mantenimiento de puentes y el diagrama de flujo de las actividades se muestra el la Figura 15.2.1.

1. Introducción de los términos técnicos de los puentes.
2. Responsabilidades del inspector.
3. Método del estudio de inventario y la inspección de puentes.
4. Sistema de reportes de Puentes.
5. Lineamiento de códigos para los datos de inventarios de puentes.

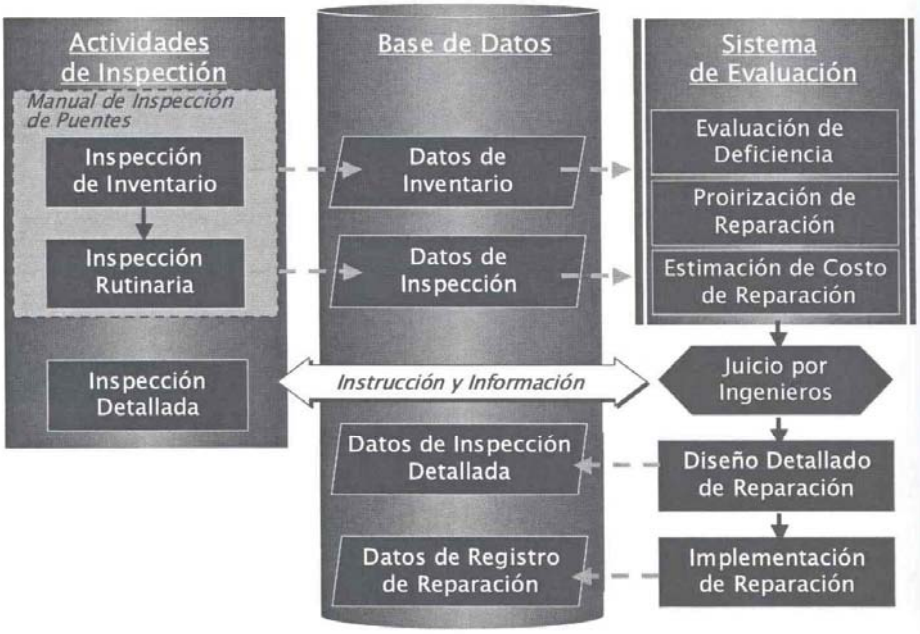


Figura 15.2.1. Ítems de apoyo del Manual de Inspección

15.3 Manual de Operaciones para el Sistema de Administración de Puentes

El Sistema de Administración de Estructuras de Puentes se desarrolla a través del proyecto como se explica en la Sección 14.3 y el manual del SAEP se prepara para el administrador del sistema y los ingenieros de puentes. El manual presenta un concepto del sistema, el proceso de registro de datos y el método de operación para el sistema. Los contenidos del manual de operaciones para el SEAP es el siguiente y los ítems descritos en el manual están cubiertos por el área de color verde en la Figura 15.3.1.

1. Concepto del Sistema
2. Función del Sistema
3. Componente del Sistema
4. Herramientas para el Desarrollo del Sistema
5. Instrucciones para el Sistema de Operaciones

Figura 15.3.1. Ítems de apoyo del Manual de Operaciones para el SAEP

15.4 Lineamiento para el Mantenimiento de Puentes

El Lineamiento para el Mantenimiento de Puentes se prepara como un manual para los ingenieros que tienen a cargo el diseño de puentes y el mantenimiento y también como un libro de referencia para los estudiantes universitarios en la facultad de ingeniería civil. El lineamiento está escrito con base en los resultados de la inspección detallada de los 29 puentes del proyecto. Los contenidos del Lineamiento para el Mantenimiento de Puentes es el siguiente y los ítems descritos en el lineamiento están cubiertos por el área de color rosado en la Figura 15.4.1.

Los principios para el Mantenimiento de Puentes incluyen en nivel de rendimiento de un Puente y el procedimiento de mantenimiento.

1. El método de evaluación para las deficiencias del Puente, el método para priorizar la reparación del Puente y el estimado de costos de la reparación del Puente para el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes.
2. El Método de inspección detallada de puentes
3. La reparación estándar y el método de refuerzo para puentes.
4. El método de pruebas de carga

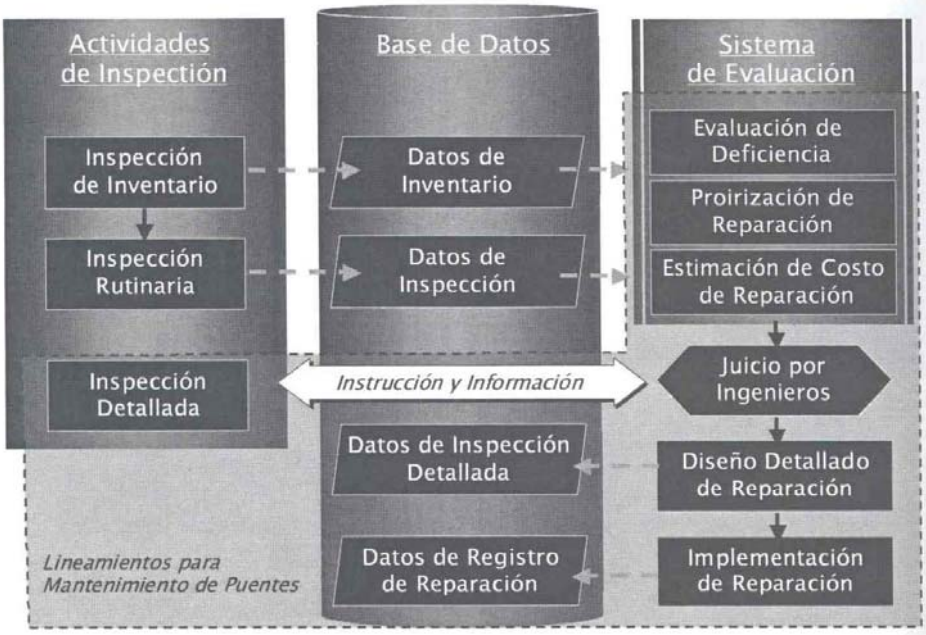


Figura 15.4.1. Ítems que describen el Lineamiento para el Mantenimiento de Puentes

CAPÍTULO 16 SOPORTE TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

16.1 Soporte Técnico para la Implementación de la Examen Ambiental Inicial Reporte Intermedio

16.1.1 Introducción

1) Prefacio

El objetivo principal de este plan maestro del estudio es consolidar el desarrollo de capacidad de los recursos humanos para el programa de mantenimiento y rehabilitación de puentes en Costa Rica. Inicialmente el MOPT seleccionó 29 puentes para el estudio de desarrollo de capacidad. Después de importantes observaciones de campo y evaluaciones preliminares de los ingenieros, se seleccionaron 10 puentes para el estudio piloto de este proyecto.

Como parte de este estudio de desarrollo de capacidad, el estudio ambiental se centra principalmente en dos aspecto; la preparación de estudios ambientales apropiados y la puesta en práctica de estudios ambientales relevantes que satisfagan las leyes ambientales de Costa Rica, así como las consideraciones ambientales y sociales guiadas por JICA (abajo referidas como pautas de JICA). Cabe mencionar que el uso de las licencias oficiales aplicadas para los 10 puentes, no estarán inicialmente dentro de este estudio, pero de parte de la contraparte se darán directrices las cuales se proporcionaran a través del programa OJT.

Directriz 1. Identificación del impacto ambiental que se causara por el programa de rehabilitación de los puentes.

Directriz 2. Preparación de un estudio ambiental apropiado basado en las leyes y regulaciones ambientales y las pautas de JICA.

Directriz 3. Preparación de reuniones entre las partes involucradas y proveer información relevante del proceso.

Dirección 4. Preparación de un proceso satisfactorio para la aplicación de las licencias.

El proceso para aplicar las licencias ambientales oficiales basadas en las leyes ambientales de Costa Rica se programó para que sea el gobierno local el que lo inicie, después de que el plan de rehabilitación de puentes esté finalizado, estas licencias se aplicarán por separado para cada puente.

Otro objetivo del estudio ambiental es también identificar posibles consideraciones ambientales en etapas tempranas del desarrollo del proyecto. Se pueden tomar medidas de mitigación dentro de la selección, planeamiento y diseño del esquema para asegurarse que ambientalmente se siga las leyes ambientales de Costa Rica y las pautas dada por JICA. Esto, permite que los ingenieros dirijan los asuntos ambientales de una manera rentable considerando las alternativas de escenario y diseño

2) Esquema

Este reporte resume los resultados iniciales de evaluación ambiental (EAI) que determina los pros y contras del programa de rehabilitación y mantenimiento de los 10 puentes seleccionados de la red de carreteras nacionales en Costa Rica. Las secciones 16.1.2 y 16.1.3 describen las referencias ambientales actuales, un breve resumen de las condiciones ambientales actuales y los resultados iniciales de la evaluación ambiental de los 10 puentes seleccionados basados en las inspecciones de campo, respectivamente. La sección 16.1.4 resume el marco político, administrativo, legal y ambiental. Un esquema del proceso de aplicación de las licencias ambientales basado en las leyes ambientales costarricenses se resume en esta sección.

3) Opciones Ingenieriles

(1) Selección de los Puentes

Basado en el PAJ (Proceso Analítico de Jerarquía) el cual es un proceso selección de puentes llevado acabo en la sección de ingeniería de este reporte, se eligen 10 puentes, enlistados en la tabla 16.1.1, escogidos por medio del estudio detallado de rehabilitación, planeamiento y mantenimiento.

Tabla 16.1.1. Puentes Seleccionados

	Código del Puente	Nombre del Puente	Localización	Inspección Preliminar
1	2	Río Aranjuez	R 1	Ene/18/06, Ene/20/06
2	3	Río Abangares	R 1	Ene/19/06, Ene/20/06
3	7	Río Azufrazo	R 1	Ene/20/06
4	12	Río Puerto Nuevo	R 2	Ene/24/06
5	16	Río Nuevo	R 2	Ene/25/06
6	17	Río Chirripo	R 4	Ene/27/06
7	19	Río Sarapiquí	R 4	Ene/27/06
8	20	Río Sucio	R 32	Ene/27/06, Ene/31/06
9	26	Río Sucio	R 32	Ene/31/06
10	29	Río Torres	R 218	Feb/03/06

Nota: "R 1" Significa "Ruta No. 1". El Derecho de Vía (DV) de las carreteras nacionales en Costa Rica que se enlistan abajo (excepto R 218) es de 50 m mientras que para R 218 es de 24 m.

(2) Resumen de planeamiento, Rehabilitación, Administración y Mantenimiento.

El siguiente es un resumen del programa en curso de mantenimiento y rehabilitación de puentes, resumido a través de una serie de discusiones grupales con el equipo de ingenieros de este estudio (nota: ver la sección de ingeniería para una mayor descripción).

Ninguna gran actividad constructiva (e.g., construcción de un nuevo camino propuesto o pila de puente y otros) se llevara acabo dentro de este estudio de rehabilitación y mantenimiento de puentes.

Las carreteras nacionales tienen un amplio DV (el derecho de vía de las carreteras nacionales es de 50 m excepto en la ruta 218), y cada sitio tiene suficiente espacio para los trabajos de mantenimiento y rehabilitación de los puentes. Así, puede ser que el espacio de construcción

requerido para cada trabajo de rehabilitación pueda ser establecido sin ninguna expropiación temporal o permanente de terreno (nota: ver la sección de ingeniería para una mayor descripción). Así, se puede decir que ninguna expropiación se realizará para este proyecto. Se puede notar que el tamaño específico (i.e., en tiempo y espacio) de construcción requerido para cada plan de trabajo de rehabilitación, puede estimarse una vez que este estudio haya finalizado. El control temporal del tráfico alrededor de cada sitio, causará congestión la cual se extenderá durante el periodo de rehabilitación. Si se encuentra que las estructuras de los puentes tales como las pilas no están estructuralmente firmes para resistir desastres tales como terremotos o inundaciones, se llevarán a cabo trabajos acertados de rehabilitación y mejoramiento. En casos de que trabajos de rehabilitación grandes se ejecuten, es probable que el derramamiento accidental de solventes químicos que puedan ser utilizados para el trabajo de rehabilitación se incremente mientras cantidades importantes de basura industrial o de la construcción se acumulan. Así, un programa apropiado de mantenimiento ambiental (e.g., la preparación de un apropiado tratamiento de la basura para desechos industriales o de la construcción, o con un plan de contingencia, que evite que ocurran derrames accidentales) debe ser establecido en el orden de evitar un impacto negativo en el ambiente.

16.1.2 Resumen Breve Referente al Ambiente

1) Geología y Geografía y Desastres Naturales

Costa Rica tiene una diversidad biológica única, debido a su variedad geográfica y geológica. Desde el punto de vista geográfico, Costa Rica es un puente natural que conecta el sur con el norte del continente Americano. La frecuencia de terremotos es causada por la actividad de dos placas tectónicas alrededor de Costa Rica (i.e., placa de coco y caribe). Temblores pequeños son muy frecuentes, y el terremoto ocurrido el 22 de abril de 1991, ha sido la última catástrofe sísmica (7.4 escala de Richter). Este terremoto causó daños severos en la zona atlántica del país, 27 personas murieron, 400 heridos y cerca de 13.000 se quedaron sin casa en la provincia de Limón.

Otra característica geológica son los volcanes y Costa Rica tiene 7 volcanes activos y sesenta inactivos. La última gran erupción ocurrió en 1963 en el volcán Irazú. Costa Rica está ubicada en latitudes tropicales, tiene dos estaciones, verano o época seca (diciembre-abril) y el invierno (mayo-noviembre). La precipitación anual en la Región Atlántica varia entre 4.000 mm/año y 7.000mm/año, mientras se excede los 2.500 mm/año en la Región Pacífica (mayores descripciones de la precipitación en Costa Rica se resume en la sección de condiciones naturales en este mismo reporte). Las áreas comunes donde ocurren deslizamientos e inundaciones se ubican en la Región Atlántica, mientras la región Norteña sufre sequías.

Los huracanes es uno de los desastres que causan daños significantes a través de de la Región Centroamericana. Como sea, los dos últimos huracanes no causaron muchos daños en Costa Rica, pero en los países vecinos como Nicaragua, El Salvador y Honduras sufrieron daños severos.

2) Hábitat Importantes y Vegetación Común

(1) Bosque Húmedo en Tierras Bajas

El bosque húmedo de las tierras bajas de Costa Rica está clasificado como bosques tropicales con árboles que emergen y alcanzan 40-55 m de altura. Las copas de los árboles poseen coronas anchas mientras las subcopas de los árboles poseen coronas amplias o redondas. Los arboles reforzados son muy comunes y a menudo se extienden hacia arriba de los troncos. Las palmeras son abundantes, often with raíces grandes. El terreno en estos bosques posee poca o a veces ninguna cobertura vegetal. Las enredaderas y las epifitas son usualmente abundantes. Biológicamente, estos tipos de bosques son los más ricos hábitat sobre la tierra, apoyando la mayoría de las especies tanto vegetales como animales por unidad de área. Los bosques húmedos de las tierras bajas se encuentran en el caribe sur y norte y en el pacífico sur. [Beletsky, 2005].

(2) Bosque Seco de las Tierras Bajas

Los bosques secos de las tierras bajas consisten mayormente en árboles sin hojas, y usualmente son clasificados dentro de las siguientes dos tipos: (1) árboles que alcanzan los 20-30 m de altura y largo, con coronas pequeñas, y (2) árboles que alcanza los 10-20 m de altura, con mayor vegetación, y con coronas pequeñas. Los árboles reforzados son relativamente poco comunes en bosques secos. Las enredaderas están a menudo presentes. Las epifitas son poco comunes, pero cuando están presentes, las bromelias son las más sobresalientes. Estos bosques no son tan ricos como los húmedos. Los bosques secos se pueden convertir en excelentes tierras para la agricultura, y por esto, muchos de estos bosques han sido limpiados a través de Centroamérica. Porque los bosques secos tienen mayor claridad, menos estructura densa que los bosques húmedos. La vida salvaje es mucho más superior que en los bosques húmedos. Los bosques secos se encuentran sobre la región del pacífico norte [Beletsky, 2005].

(3) Tierras Altas y Bosques Nubosos

Se presentan un gran número de bosques lluvioso a mediana y altas altitudes en las laderas y en porciones altas de las montañas de Costa Rica. Los bosques lluviosos combinan árboles con pocas o abundante vegetación en áreas altas. Las copas altas generalmente se declinan a como aumenta la elevación, variando entre 30 y 40 m a niveles bajos mientras que a elevaciones altas varía entre 20 y 30 m. en general, estos bosques tienen dos capas: (1) copas y subcopas, y (2) abundancia de enredaderas. Los árbloes reforzados son comunes en los bosques de montañas con pequeñas pendientes, pero poco común en áreas de alta elevación. Epifitas - orquídeas, bromelias, musgos y helechos – son abundantes en la mayoría de estos bosques. Bosques nubosos se encuentran sobre las partes altas de las montañas en áreas donde las nubes y la niebla oculta el paisaje. Los bosques nubosos son bosques verdes, con enredaderas y epifitas que son muy comunes. Los bosques de altura se encuentran a través de las laderas de las montañas de Costa Rica [Beletsky, 2005].

3) Sistema Nacional de Conservación de Áreas

El sistema nacional de conservación de áreas (SINAC) fue establecido para coordinar la implementación y creación de políticas ambientales relativas a un uso sostenible y mantenimiento de las áreas de protección natural en Costa Rica. Este sistema (o agencia) ha desarrollado un proyecto para ligar geográficamente los grupos de parques nacionales, reservas, y bosques nacionales dentro de las áreas de conservación. Actualmente, el SINAC tiene las siguientes 11 áreas a través del país i.e., (1) Guanacaste, (2) Arenal - Tilaran, (3) Arenal - Huetar Norte, (4) Tempisque, (5) Tortuguero, (6) Amistad Caribe, (7) Amistad Pacifico, (8) Osa, (9) Pacifico Central, (10) Cordillera Volcánica Central, and (11) Isla del Coco, y son dirigidas por un dirección, un consejo técnico y un comité local. La figura 16.1.1 muestra las áreas de protección ambiental en Costa Rica

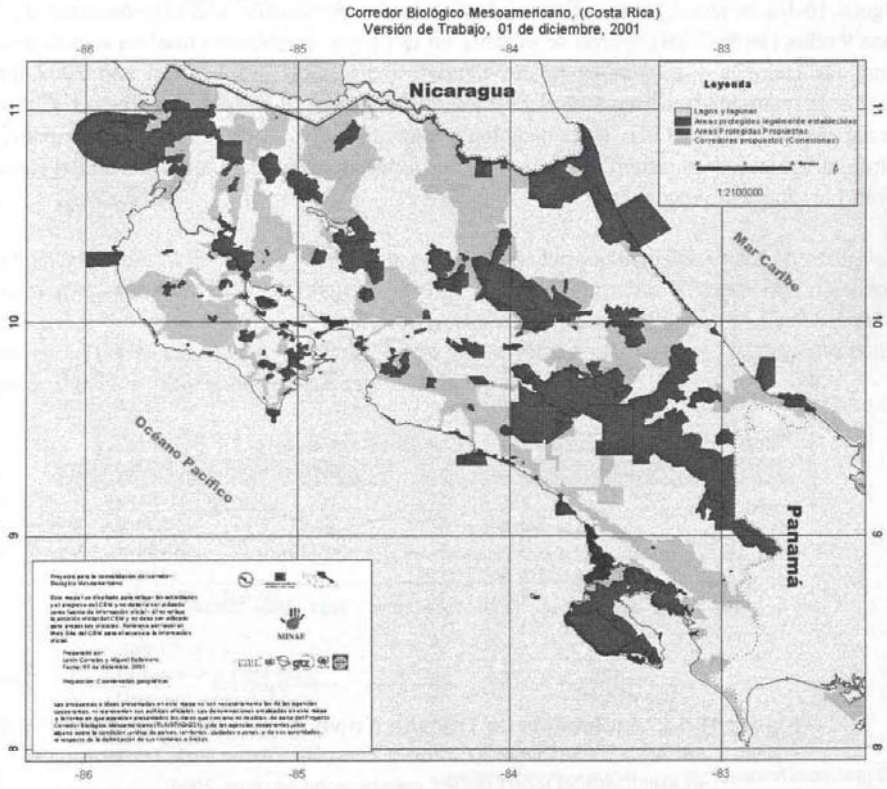


Figura 16.1.1. Áreas de Protección Ambiental en Costa Rica

Note que la zona azul, lagos y lagunas, zona verde oscuro, áreas legalmente protegidas, y zonas verde claro, que son corredores biológicos que se conectan con las áreas protegidas (zonas verde oscuro).
Fuente: http:www.biomeso.net

4) Sistema de Parques Nacionales

El sistema de parques nacionales en Costa Rica comenzó en 1960, y existen cerca de 26 parques nacionales, que comprenden el 11 % del territorio de país. Además, hay muchos refugios de vida silvestre, biológicos y reservas forestales, monumentos, y otras áreas protegidas en Costa Rica. Como resultado, más del 25% del país está bajo conservación. Hay varias zonas de protección tales como reservas indígenas, descritas más adelante y estas aumentan las áreas de protección a 27%. Las fincas pequeñas, la tala de árboles y otros tipos de desarrollo se encuentran dentro de estas áreas de conservación, por lo tanto el ambiente no está totalmente protegido.

5) Accidentes

La figura 16.1.2 muestra las estadísticas de accidentes de tránsito a escala nacional de los últimos 9 años (1996-2004). Como se muestra en la figura, del número total de accidentes de tránsito, las lesiones y accidentes fatales tienden a disminuir después del año 2002. Esto debido a la campaña nacional de prevención, mayormente organizada por el Consejo Nacional de Vialidad [MOPT, comunicación personal, 2006]. A través de esta campaña, el registro del vehículo y el sistema I/M fueron consolidados mientras la importancia del uso del cinturón fue altamente reconocido.

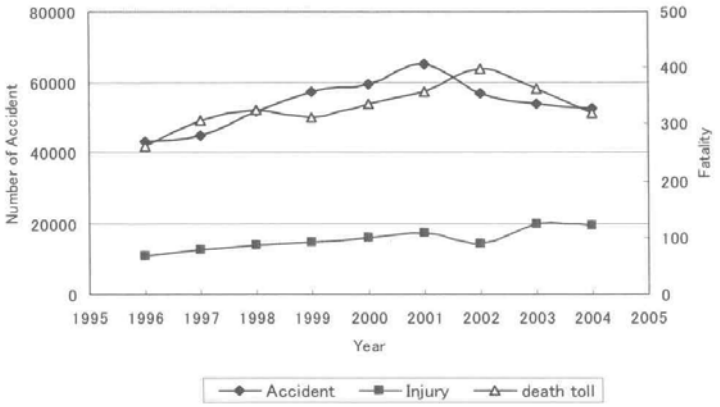


Figura 16.1.2. Accidentes de Tránsito a nivel Nacional (1996 - 2004)
Fuente: ANUARIO ESTADISTICO DEL SECTOR TRANSPORTE-DIRECCION DE PLANIFICACION MOPT (MOPT, comunicación personal, 2006)

6) Carga de CO_2

La figura 16.1.3 muestra la variación en el tiempo de la emisión estimada de CO_2 generada en Costa Rica [Marland y Boden, 2005].

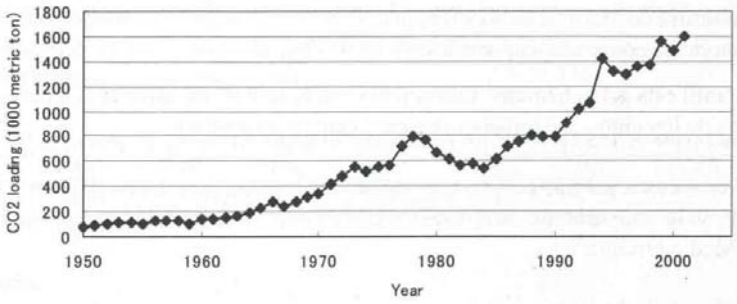


Figura 16.1.3. Variación en el tiempo de CO_2 en Costa Rica

7) Población

Costa Rica es uno de los países Centroamericanos más homogéneos en cuanto a raza y clase social. En el censo de 1989 clasifico al 98% de la población como "Blanco" o "mestizo", y menos del 2 % como "Negro" o "Indio". Existen 22 reservas indígenas en Costa Rica (ver Tabla 16.1.2), y se estima que la población indígena varía entre 5,000 y 30,000 (este número depende de si los indios pura sangre son incluidos o no).

Tabla 16.1.2. Reservas Indígenas Registradas en Costa Rica

	Nombre de Reserva Indígena		Nombre de Reserva Indígena
1	Guatuso (Malekus)	12	Curre
2	Matambu	13	Boruca
3	Quitirrisi	14	Terraba
4	Zapaton	15	Ujarras
5	Nairi-Awari (Baribilla)	16	Salitre
6	Chirripo	17	Cabagra
7	Bajo Chirripo	18	Tayni
8	Guaymi/Osa Peninsula	19	Telire
9	Guaymi/Conte Burica	20	Cabecar - Talamanca
10	Guami/ Coto Brus	21	Bribri Talamanca
11	Guaymi/Abrojos Montezuma	22	Kekoldi (Cocles)

(Fuente: http: //www.kytkascostarica.com/tribes.htm, 2006)

8) Tráfico y Trabajo Infantil

Resultados de campo [Marschatz, 2004] muestra que del total de los 113,523 de niños y niñas entre 5 - 17 años (10.2 % del total de la población infantil) trabajaban en el 2002. La cantidad de niños que trabajan es mayor al de las niñas (14.3 % y 5.8 %, respectivamente). La tasa de niños que trabajan aumenta significativamente con la edad, y la tasa de trabajo infantil en las zonas rurales es casi tres veces mayor que en la zona (15.5 % y 5.9 %, respectivamente). De la cantidad de niños que trabajan, 27.3 % son mujeres mientras 72.7 % son hombres. También

se encuentra que 49,229 niños que trabajan (i.e., 43.4 % del total de niños trabajadores) son menores de 15 años, la edad mínima legal requerida para entrar al mercado laboral. Las principales industrias donde estos niños trabajan se muestran a continuación,

a. Agricultura, forestal, caza y pesca (44.2 %)
b.Comercio, hoteles y restaurantes (26.6 %)
c. Industria de Manufactura (9.0 %)
d. Servicios comunitarios, social y otros (9.6 %)

El trabajo infantil esta estrechamente relacionado con la tasa de no asistencia a las escuelas, y solo el 54.7 % de los niños que trabajan acuden a centros educativos.

También, severos casos del tráfico internacional de niños están reportados [Depart. De estado, USA, 2001], y la mayoría de originarios de África, Bolivia, China, Colombia, Cuba, Dominica y Medio Oriente.

9) Estatus de la Mujer

En Costa Rica, la consideración de género ha estado ausente de las políticas de desarrollo, planes y programas, a pesar del esfuerzo de varias organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que buscan la igualdad de oportunidades. Esto comenzó institucionalmente desde 1975 con la creación de la primera Oficina de la Mujer que adquirió el rango de Oficina Nacional de la Mujer y Familia en 1979 y el Centro Nacional para el Desarrollo de la Familia y la Mujer en 1986.

La tasa de progresa ha sido reducida considerablemente en las últimas décadas del 55% en el comienzo de los ochentas, al 18% y 22% en la actualidad. Sin embargo, la recuperación masiva de renta y los niveles de salario no han beneficiado a las secciones más vulnerables de la población. Las causas de pobreza están relacionadas con los problemas de empleo y remuneración. En 1993, el 33% de esos trabajadores ganaban menos que el salario mínimo establecido. Esto específicamente entre las mujeres empleadas en las zonas rurales que ganaban menos del salario mínimo establecido y solo el 34% ganaba un poco más [FAO, 1997].

10) Enfermedades Infecciosas

Se reporta que las enfermedades infecciosas son responsables del 2.7 % de las muertes registradas entre 1992 y 1995, con una tasa anual de mortalidad de cerca de 1 de cada 10000 personas [Organización Pan Americana de la Salud, 2001]. Una cantidad de estas enfermedades infecto – contagiosas es el Dengue, descrito posteriormente, es todavía una de las epidemias más populares en Costa Rica. Las tendencias recientes de enfermedades infecto - contagiosas y VIH se describen, brevemente.

(1) Enfermedad de Chagas

La enfermedad del Chagas es una infección por parásitos que es trasmitida por insectos triatomine (insectos reduviid), que habita en las grietas de las paredes y techos de casa en el sur y América central. En Costa Rica, la mayoría de los casos ocurren en Alajuela, Liberia y Puntarenas.

(2) Fiebre del Dengue

La fiebre del dengue es una infección viral encontrada a través de toda América Central. En Costa Rica, el brote de esta afecta a miles de personas cada año. El dengue se transmite por el mosquito Aedes, el cual pica durante el día y se encuentra usualmente cerca de las viviendas. Este crece en lugares con agua estancada como jarras, barriles, contenedores plásticos y llantas. Como resultado el dengue es especialmente común dentro de ambientes de población densa y ambientes urbanos. La tabla 16.1.3 muestra el número de casos de dengue reportados durante los últimos 9 años (1993 - 2001).

Tabla 16.1.3. Número de Casos de Dengue reportados Anualmente por El Ministerio de Salud

1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
4,612	13,929	5,137	2,309	14,421	2,628	6,041	4,908	9,209

(Fuente, Ministerio de Salud, http: //www.netsalud.sa.cr/ms/estadist.enferme/deng10.htm, 2006)

(3) Malaria

La Malaria ocurre en cada país de Centro América. Este se transmite por picaduras de mosquito, usualmente antes del amanecer. El riesgo es mayor en los cantones de Los Chiles (Provincia de Alajuela), Matina y Talamanca (Provincia de Limón). 3,998 casos de malaria fueron reportados en 1999. Una cantidad de 1,170 casos fueron reportados en la provincia de Alajuela y en Limón con 1,824 casos.

(4) Leishmaniasis

Los casos de Leishmaniasis ocurren en montañas y junglas en todos los países de Centroamérica. La infección es transmitida por mosquitos phlebotomine, los cuales son una tercera parte del tamaño de los mosquitos normales. La mayoría de los casos ocurre dentro de bosques abiertos o en áreas de crecimiento secundario. La mayor incidencia es la zona de Salamanca (Provincia de Limón).

(5) VIH/SIDA

este ha sido reportado en toda Centroamérica. En Costa Rica. 1983 fue cuando se reporto el primer caso de VIH. Esta epidemia se mantiene en un nivel bajo, aunque con un incremento pequeño entre 1998 y 2000. El Ministerio de Salud ha reportado 1.992 casos desde 1983. Una cantidad de ellos, 88% de los pacientes son masculinos, pero la cantidad de mujeres ha aumentado (la relación Hombre – mujer es 5.2: 1.0 en 1999).

16.1.3 Alcance y Escenario Ambiental

1) Introducción

Las inspecciones preliminares ambientales se llevaron acabo entre enero y febrero del 2006, estas se muestran en la tabla 16.1.1. Basados en los resultados más importantes obtenidos de las inspecciones ambientales preliminares de campo e informes actuales, la examinación ambiental de cada puente se lleva acabo separadamente, y los posibles efectos ambientales asociados con la rehabilitación que se llevará cabo en cada sitio se resumirán. Básicamente, la examinación se lleva acabo por los siguientes dos escenarios i.e., (i) Sin proyecto, y (ii) Con proyecto. Bajo la segunda premisa, los posibles impactos ambientales negativos que serán causados durante y después de los trabajos de rehabilitación de los puentes serán identificados, y en esa magnitud de orden son evaluadas cualitativamente.

2) Examen Ambiental Inicial

(1) Sitio 2: Puente Sobre el Río Aranjuez

El puente sobre el río Aranjuez está situado en el espacio abierto de la provincia de Puntarenas en las tierras bajas de Costa Rica. El canal del río alrededor del sitio del puente es serpenteado, debido a la pendiente escarpada del cause del río, varios rastros de flujos rápidos, que han ocurrido durante la época de invierno, han sido encontrados en el río. Procesos tipo Debris se observan alrededor del sitio y que han sido significantes puesto que muchas piedras bolas grandes se encuentran en el cauce del río. La vegetación alrededor del río se ve afectada por las inundaciones, algunas veces por actividades humanas y severa vegetación permanece alrededor del sitio. No existe ninguna área que esté ocupada ilegalmente, pero varios restaurantes, oficinas turísticas y casas se encuentran en ambos lados del puente. Algunas partes de estas propiedades privadas se encuentran dentro del derecho de vía (DV: es de 50m). No se encuentran escuelas, iglesias y hospitales, que requieran un ambiente tranquilo. No existen sitios culturales o históricos. La tabla 16.1.4 resume la evaluación primaria ambiental en el proyecto sobre el puente en el río Aranjuez.

Tabla 16.1.4. Examen Ambiental Inicial (Sitio 2: Puente sobre el Río Aranjuez)

Factor Ambiental	Descripción del Impacto	Sin Proyecto	Con Proyecto
1. Calidad del Aire	Incremento de aire contaminado al lado del camino.	C	C
2. Calidad del Agua	Riesgo de contaminantes	D	C
3. Suelos y edimentación	Erosión potencial del suelo.	D	C
	Ocurrencia de nueva sedimentación aguas abajo	D	C
4. Disposición de Basura	Generación de grandes cantidades de basura.	D	B
5. Ruido/Vibración	Incremento de ruido y vibración al lado del camino.	C	B
6. Hundimiento del Terreno	Potencial alta consolidación debido a los trabajos en el terreno.	D	D
7. Mal Olor	Potencial creación de malos olores.	D	D
8. Topografía y Geología	Creación de nuevas áreas inundables	D	D
	Aumento del banco del río por erosión/socavación	D	D
9. Cause del Río	Disturbio del cause del río.	D	D
10. Fauna/flora	Destrucción de la vegetación alrededor el río	D	D
	Destrucción de la vegetación alrededor del camino.	D	D
	Disturbio de habitad de aves o habitad de humedales.	D	D
	Disturbio de habitad/ecosistemas acuáticos.	D	D

Nota A: significante, B: alto, C: menor, D: poco significante, U: sin conocer

Tabla 16.1.4. Examen Ambiental Inicial
(Sitio 2: Puente sobre el Río Aranjuez: continuación)

Factor Ambiental	Descripción del Impacto	Sin Proyecto	Con Proyecto
11. Recursos del Agua	Degradación de la calidad del agua	D	C
	Disturbio del agua subterránea regional.	D	C
12. Accidentes	Incremento potencial de accidentes de tránsito	D	C
	Incremento potencial de accidentes de embarcaciones.	D	D
13. Prevención Global	Incremento de emisión de CO2.	D	D
14. Restablecimiento Involuntario	Expropiación de terrenos	D	D
	Demolición de casas alrededor.	D	D
	Demolición de lotes de ocupantes ilegales.	D	D
15. Economía Local	Posible impacto los empleos locales y el sustento	D	D
16. Uso de Tierra y utilización de recursos locales.	Conflictos con el plan de uso de tierra local.	D	D
	Conflictos con plan de desarrollo local	D	D
17. Instituciones locales	Posible Impacto en infraestructura social y decisiones de instituciones locales	D	D
18. Infraestructura Social Existente y Servicios	Conflictos con sistema de transporte local.	D	D
	Conflictos con sistemas que proveen de energía/agua y comunicaciones.	D	D
19. pobreza, indios y grupos étnicos	Existencia de minorías étnicas cerca del sitio.	D	D
20. Mala distribución de beneficios y daños	Riesgo de posibles daños/o impacto negativo.	D	D
21. Conflicto de Intereses Local	Conflictos entre conservación ambiental y desarrollo regional.	D	D
22. Géneros	Riesgo de WID-relacionadas	D	D
23. Derechos de los niños	Riesgo de Trabajo Infantil (e.g., ventas callejeras).	D	D
24. Patrimonio Cultural	Conflicto con sitios históricos/culturales y monumentos.	D	D
25. Enfermedades Infecciosas	Riesgo de Dengue, Malaria y otras enfermedades infecciosas	D	C
	Riesgo de VIH/SIDA	D	D

Nota A: significante, B: alto, C: menor, D: poco significante, U: sin conocer

(2) Sitio 3: Puente sobre el Río Abangares

El puente sobre el río Abangares se localiza en la provincia de Puntarenas, al noreste de la región baja de Costa Rica. El canal del río alrededor del sitio del puente es serpenteado, debido a la pendiente escarpada del cauce del río, varios rastros de flujos rápidos, que han ocurrido durante la época de invierno, han sido encontrados en el río. Procesos tipo Debris se observan alrededor del sitio y que han sido significantes puesto que muchas piedras bolas grandes se encuentran en el cauce del río. La vegetación alrededor del río se ve afectada por las inundaciones, algunas veces por actividades humanas y severa vegetación permanece alrededor del sitio. No existe ninguna área que esté ocupada ilegalmente. Un pequeño factor existe al lado sur (i.e., a San José) del puente mientras los alrededores del lado norte (i.e., a Nicaragua) parece ser de propietarios privados (e.g., una cerca larga que esta fija). Algunas partes de estos terrenos están dentro del derecho de vía de la ruta No1. En algunas partes del camino sur, por la cuneta, la dispersión local de la emisión vehicular de gases no se observa que sea rápida debido a la pobre circulación de aire. No se encuentran escuelas, iglesias y hospitales, que requieran un ambiente tranquilo. No existen sitios culturales o históricos. La tabla 16.1.5 resume la evaluación primaria ambiental en el proyecto sobre el puente en el río Abangares.

Tabla 16.1.5. Examen Ambiental Inicial (Sitio 3: Puente sobre el Río Abangares)

Factor Ambiental	Descripción del Impacto	Sin Proyecto	Con Proyecto
1. Calidad del Aire	Incremento de aire contaminado al lado del camino.	C	C
2. Calidad del Agua	Riesgo de contaminantes	D	C
3. Suelos y Sedimentación	Erosión potencial del suelo.	D	C
	Ocurrencia de nueva sedimentación aguas abajo	D	C
4. Disposición de Basura	Generación de grandes cantidades de basura.	D	B
5. Ruido/Vibración	Incremento de ruido y vibración al lado del camino.	C	C
6. Hundimiento del Terreno	Potencial alta consolidación debido a los trabajos en el terreno.	D	D
7. Mal Olor	Potencial creación de malos olores.	D	D
8. Topografía y Geología	Creación de nuevas áreas inundables	D	D
	Aumento del banco del río por erosión/socavación	D	D
9. Cause del Río	Disturbio del cause del río.	D	D
10. Fauna/flora	Destrucción de la vegetación alrededor el río	D	D
	Destrucción de la vegetación alrededor del camino.	D	D
	Disturbio de habitad de aves o habitad de humedales.	D	D
	Disturbio de habitad/ecosistemas acuáticos.	D	D
11. Recursos del Agua	Degradación de la calidad del agua	D	C
	Disturbio del agua subterránea regional.	D	C
12. Accidentes	Incremento potencial de accidentes de tránsito	B	C
	Incremento potencial de accidentes de embarcaciones.	D	D
13. Prevención Global	Incremento de emisión de CO2.	D	D
14.Restablecimiento Involuntario	Expropiación de terrenos	D	D
	Demolición de casas alrededor.	D	D
	Demolición de lotes de ocupantes ilegales.	D	D
15. Economía Local	Posible impacto los empleos locales y el sustento	D	D
16. Uso de Tierra y utilización de recursos locales.	Conflictos con el plan de uso de tierra local.	D	D
	Conflictos con plan de desarrollo local	D	D
17. Instituciones locales	Posible Impacto en infraestructura social y decisiones de instituciones locales	D	D
18. Infraestructura Social Existente y Servicios	Conflictos con sistema de transporte local.	D	D
	Conflictos con sistemas que proveen de energía/agua y comunicaciones.	D	D
19. pobreza, indios y grupos étnicos	Existencia de minorías étnicas cerca del sitio.	D	D
20. Mala distribución de beneficios y daños	Riesgo de posibles daños/o impacto negativo.	D	D
21. Conflicto de Intereses Local	Conflictos entre conservación ambiental y desarrollo regional.	D	D
22. Géneros	Riesgo de WID-relacionadas	D	D
23. Derechos de los niños	Riesgo de Trabajo Infantil (e.g., ventas callejeras).	D	D
24. Patrimonio Cultural	Conflicto con sitios históricos/culturales y monumentos	D	D
25. Enfermedades Infecciosas	Riesgo de Dengue, Malaria y otras enfermedades infecciosas	D	C
	Riesgo de VIH/SIDA	D	D

Nota A: significante, B: alto, C: menor, D: poco significante, U: sin conocer

(3) Sitio 7: Azufrazo Puente Sobre el Río

El Puente Sobre el río Azufrazo esta localizado en un espacio abierto de la provincia de Guanacaste, en el pacífico noreste de las regiones bajas de Costa Rica. Puerto Nuevo El canal del Río alrededor del sitio del puente es serpenteado, debido a la pendiente escarpada del cause del río, varios rastros de flujos rápidos, que han ocurrido durante la época de invierno (e.g., rastro de fuerte erosión mecánica) han sido encontrados en el río. La sedimentación alrededor del sitio parece ser menos significativa aunque el flujo parece estar estancado, cuando la investigación en el sitio fue hecha (esta investigación fue hecha el 18/01/06). La

vegetación en los alrededores del río es altamente afectada por las inundaciones, algunas por actividades humanas y mucha vegetación permanece alrededor del sitio. La mayoría del espacio sobre el río esta cubierto por la copas de los árboles. Este sitio es probable que se encuentre sobre un corredor Biológico (i.e., zona verde claro en la Figura 16.1.1). Una quebrada se encuentra en la parte norte del puente. No se encuentran precaristas alrededor del sitio. La mayoría de las tierras alrededor del río son de uso ganadero (i.e., pasto) y no se encuentran casas o fábricas en las cercanías del río. Algunas porciones de estos pastizales se encuentran dentro del Derecho de Vía de la Ruta No1 (Nota: DV es de 50m). No existen escuelas, iglesias o sitios culturales. Muchas partes de puente están quebradas, probablemente por accidentes de tránsito. La Tabla 16.1.6 resume la evaluación primaria ambiental del Puente sobre el río Azufrado.

Tabla 16.1.6. Examen Ambiental Inicial (Sitio 7: Puente Sobre el Río Azufrazo)

Factor Ambiental	Descripción del Impacto	Sin Proyecto	Con Proyecto
1. Calidad del Aire	Incremento de aire contaminado al lado del camino.	C	C
2. Calidad del Agua	Riesgo de contaminantes	D	C
3. Suelos y Sedimentación	Erosión potencial del suelo.	D	C
	Ocurrencia de nueva sedimentación aguas abajo	D	C
4. Disposición de Basura	Generación de grandes cantidades de basura.	D	B
5. Ruido/Vibración	Incremento de ruido y vibración al lado del camino.	C	C
6. Hundimiento del Terreno	Potencial alta consolidación debido a los trabajos en el terreno.	D	D
7. Mal Olor	Potencial creación de malos olores.	D	D
8. Topografía y Geología	Creación de nuevas áreas inundables	D	D
	Aumento del banco del río por erosión/socavación	D	D
9. Cause del Río	Disturbio del cause del río	D	D
10. Fauna/flora	Destrucción de la vegetación alrededor el río	D	C
	Destrucción de la vegetación alrededor del camino.	D	C
	Disturbio de habitad de aves o habitad de humedales.	D	C
	Disturbio de habitad/ecosistemas acuáticos.	D	C
11. Recursos del Agua	Degradación de la calidad del agua	D	C
	Disturbio del agua subterránea regional.	D	C
12. Accidentes	Incremento potencial de accidentes de tránsito	B	C
	Incremento potencial de accidentes de embarcaciones.	D	D
13. Prevención Global	Incremento de emisión de CO2.	D	D
14. Restablecimiento Involuntario	Expropiación de terrenos	D	D
	Demolición de casas alrededor.	D	D
	Demolición de lotes de ocupantes ilegales.	D	D
15. Economía Local	Posible impacto los empleos locales y el sustento	D	D
16. Uso de Tierra y utilización de recursos locales.	Conflictos con el plan de uso de tierra local.	D	D
	Conflictos con plan de desarrollo local	D	D
17. Instituciones locales	Posible Impacto en infraestructura social y decisiones de instituciones locales	D	D
18. Infraestructura Social Existente y Servicios	Conflictos con sistema de transporte local.	D	D
	Conflictos con sistemas que proveen de energía/agua y comunicaciones.	D	D
19. pobreza, indios y grupos étnicos	Existencia de minorías étnicas cerca del sitio.	D	D
20. Mala distribución de beneficios y daños	Riesgo de posibles daños/o impacto negativo.	D	D
21. Conflicto de Intereses Local	Conflictos entre conservación ambiental y desarrollo regional.	D	D
22. Géneros	Riesgo de WID-relacionadas	D	D

Nota A: significante, B: alto, C: menor, D: poco significante, U: sin conocer

Tabla 16.1.6. Examen Ambiental Inicial
(Sitio 7: Puente Sobre el Río Azufrazo: continuación)

Factor Ambiental	Descripción del Impacto	Sin Proyecto	Con Proyecto
23. Derechos de los niños	Riesgo de Trabajo Infantil (e.g., ventas callejeras).	D	D
24. Patrimonio Cultural	Conflicto con sitios históricos/culturales y monumentos.	D	D
25. Enfermedades Infecciosas	Riesgo de Dengue, Malaria y otras enfermedades infecciosas	D	C
	Riesgo de VIH/SIDA	D	D

Nota A: significante, B: alto, C: menor, D: poco significante, U: sin conocer

(4) Sitio 12: Puente Sobre el Río Puerto Nuevo

El Puente Sobre el río Puerto Nuevo esta localizado al pie del acantilado del cañón del Río Térraba en la provincia de Puntarenas, en la región sur de Costa Rica. Existe un punto de confluencia con el Río Térraba cerca de 100 m aguas abajo desde el puente. Afloraciones masivas de algas se encuentran dentro del cause del Río Puerto Nuevo. El canal del Río alrededor del sitio del puente es serpenteado, debido a la pendiente escarpada del cause del río, varios rastros de flujos rápidos, que han ocurrido durante la época de invierno han sido encontrados en el río. Procesos tipo Debris se observan alrededor del sitio y que han sido significantes puesto que muchas piedras bolas grandes se encuentran en el cause del río. La vegetación alrededor del río se ve afectada por las inundaciones, algunas veces por actividades humanas y severa vegetación permanece alrededor del sitio. Este sitio es probable que se encuentre sobre un corredor Biológico (i.e., zona verde claro en la Figura 16.1.1). Existe una casa en el costado norte (i.e., a San José) del puente y alguna parte de esta propiedad se encuentra dentro del Derecho de Vía de la Ruta No2 (Nota: DV es de 50m). No existe ninguna área que esta ocupada ilegalmente por precaristas. No existen escuelas, iglesias o sitios culturales en el sitio. La tabla 16.1.7 resume la evaluación primaria ambiental del Puente Sobre el río Puerto Nuevo.

Tabla 16.1.7. Examen Ambiental Inicial (Sitio 12: Puente Sobre el Río Puerto Nuevo)

Factor Ambiental	Descripción del Impacto	Sin Proyecto	Con Proyecto
1. Calidad del Aire	Incremento de aire contaminado al lado del camino.	C	C
2. Calidad del Agua	Riesgo de contaminantes	D	C
3. Suelos y Sedimentación	Erosión potencial del suelo.	D	C
	Ocurrencia de nueva sedimentación aguas abajo	D	C
4. Disposición de Basura	Generación de grandes cantidades de basura.	D	B
5. Ruido/Vibración	Incremento de ruido y vibración al lado del camino.	C	B
6. Hundimiento del Terreno	Potencial alta consolidación debido a los trabajos en el terreno.	D	D
7. Mal Olor	Potencial creación de malos olores.	D	D
8. Topografía y Geología	Creación de nuevas áreas inundables	D	D
	Aumento del banco del río por erosión/socavación	D	D
9. Cause del Río	Disturbio del cause del río.	D	D
10. Fauna/flora	Destrucción de la vegetación alrededor el río	D	C
	Destrucción de la vegetación alrededor del camino.	D	C
	Disturbio de habitad de aves o habitad de humedales.	D	C
	Disturbio de habitad/ecosistemas acuáticos.	D	C
11. Recursos del Agua	Degradación de la calidad del agua	D	C
	Disturbio del agua subterránea regional.	D	C

Nota A: significante, B: alto, C: menor, D: poco significante, U: sin conocer

Tabla 16.1.7. Examen Ambiental Inicial
(Sitio 12: Puente Sobre el Río Puerto Nuevo: continuación)

Factor Ambiental	Descripción del Impacto	Sin Proyecto	Con Proyecto
12. Accidentes	Incremento potencial de accidentes de tránsito	C	C
	Incremento potencial de accidentes de embarcaciones.	D	D
13. Prevención Global	Incremento de emisión de CO2.	D	D
14. Restablecimiento Involuntario	Expropiación de terrenos	D	D
	Demolición de casas alrededor.	D	D
	Demolición de lotes de ocupantes ilegales.	D	D
15. Economía Local	Posible impacto los empleos locales y el sustento	D	D
16. Uso de Tierra y utilización de recursos locales.	Conflictos con el plan de uso de tierra local.	D	D
	Conflictos con plan de desarrollo local	D	D
17. Instituciones locales	Posible Impacto en infraestructura social y decisiones de instituciones locales	D	D
18. Infraestructura Social Existente y Servicios	Conflictos con sistema de transporte local.	D	D
	Conflictos con sistemas que proveen de energía/agua y comunicaciones.	D	D
19. pobreza, indios y grupos étnicos	Existencia de minorías étnicas cerca del sitio.	D	D
20. Mala distribución de beneficios y daños	Riesgo de posibles daños/o impacto negativo.	D	D
21. Conflicto de Intereses Local	Conflictos entre conservación ambiental y desarrollo regional.	D	D
22. Géneros	Riesgo de WID-relacionadas	D	D
23.Derechos de los niños	Riesgo de Trabajo Infantil (e.g., ventas callejeras).	D	D
24. Patrimonio Cultural	Conflicto con sitios históricos/culturales y monumentos.	D	D
25. Enfermedades Infecciosas	Riesgo de Dengue, Malaria y otras enfermedades infecciosas	D	C
	Riesgo de VIH/SIDA	D	D

Nota A: significante, B: alto, C: menor, D: poco significante, U: sin conocer

(5) Sitio 16: Puente Sobre el Río Nuevo

El Puente Sobre el río Nuevo esta localizado en un espacio abierto en la provincia de Puntarenas, en el pacífico sur de Costa Rica. El canal del Río alrededor del sitio del puente es serpenteado, debido a la pendiente escarpada del cause del río, varios rastros de flujos rápidos, que han ocurrido durante la época de invierno han sido encontrados en el río (e.g., socavación el la pila del puente). La mayoría de los depósitos de sedimentos consiste en arenas finas o limos. La vegetación en el río se clasifica como flora de humedales y severa vegetación permanece alrededor del sitio. Este sitio es probable que se encuentre sobre un corredor Biológico (i.e., zona verde claro en la Figura 16.1.1). Existe una fábrica de gas y muchas residencias al norte del puente (i.e., a San José). Muchos árboles frutales están plantados entre las casas y la cunetas y algunas partes de estas propiedades se encuentran dentro del Derecho de Vía de la Ruta No2 (Nota: DV es de 50m), mientras campos de plantaciones de banano se encuentran al costa sur del sitio. No existe ninguna área que esta ocupada ilegalmente por precaristas. No existen escuelas, iglesias o sitios culturales en el sitio. La tabla 16.1.8 resume la evaluación primaria ambiental del Puente Sobre el río Nuevo.

Tabla 16.1.8. Examen Ambiental Inicial (Sitio 16: Nuevo Puente Sobre el Río)

Factor Ambiental	Descripción del Impacto	Sin Proyecto	Con Proyecto
1. Calidad del Aire	Incremento de aire contaminado al lado del camino.	C	C
2. Calidad del Agua	Riesgo de contaminantes	D	C
3. Suelos y Sedimentación	Erosión potencial del suelo.	D	C
	Ocurrencia de nueva sedimentación aguas abajo	D	C
4. Disposición de Basura	Generación de grandes cantidades de basura.	D	B
5. Ruido/Vibración	Incremento de ruido y vibración al lado del camino.	C	B
6. Hundimiento del Terreno	Potencial alta consolidación debido a los trabajos en el terreno.	D	D
7. Mal Olor	Potencial creación de malos olores.	D	D
8. Topografía y Geología	Creación de nuevas áreas inundables	D	D
	Aumento del banco del río por erosión/socavación	D	D
9. Cause del Río	Disturbio del cause del río.	D	D
10. Fauna/flora	Destrucción de la vegetación alrededor el río	D	C
	Destrucción de la vegetación alrededor del camino.	D	C
	Disturbio de habitad de aves o habitad de humedales.	D	C
	Disturbio de habitad/ecosistemas acuáticos.	D	C
11. Recursos del Agua	Degradación de la calidad del agua	D	C
	Disturbio del agua subterránea regional.	D	C
12. Accidentes	Incremento potencial de accidentes de tránsito	C	C
	Incremento potencial de accidentes de embarcaciones.	D	D
13. Prevención Global	Incremento de emisión de CO2.	D	D
14. Restablecimiento Involuntario	Expropiación de terrenos	D	D
	Demolición de casas alrededor.	D	D
	Demolición de lotes de ocupantes ilegales.	D	D
15. Economía Local	Posible impacto los empleos locales y el sustento	D	D
16. Uso de Tierra y utilización de recursos locales.	Conflictos con el plan de uso de tierra local.	D	D
	Conflictos con plan de desarrollo local	D	D
17. Instituciones locales	Posible Impacto en infraestructura social y decisiones de instituciones locales	D	D
18. Infraestructura Social Existente y Servicios	Conflictos con sistema de transporte local.	D	D
	Conflictos con sistemas que proveen de energía/agua y comunicaciones.	D	D
19. pobreza, indios y grupos étnicos	Existencia de minorías étnicas cerca del sitio.	D	D
20. Mala distribución de beneficios y daños	Riesgo de posibles daños/o impacto negativo.	D	D
21. Conflicto de Intereses Local	Conflictos entre conservación ambiental y desarrollo regional.	D	D
22. Géneros	Riesgo de WID-relacionadas	D	D
23.Derechos de los niños	Riesgo de Trabajo Infantil (e.g., ventas callejeras).	D	D
24. Patrimonio Cultural	Conflicto con sitios históricos/culturales y monumentos.	D	D
25. Enfermedades Infecciosas	Riesgo de Dengue, Malaria y otras enfermedades infecciosas	D	C
	Riesgo de VIH/SIDA	D	D

Nota A: significante, B: alto, C: menor, D: poco significante, U: sin conocer

(6) Sitio 17: Chirripo Puente Sobre el Río

El Puente Sobre el Río Chirrido esta localizado en un espacio abierto en la provincia de Heredia en la región del valle central de Costa Rica. Debido a lo empinado del cause del río, se reconocen rastros severos de flujos rápidos durante la época de invierno. Procesos tipo Debris se observan alrededor del sitio y que han sido significantes puesto que muchas piedras bolas grandes se encuentran en el cause del río. Una pila de un puente viejo se encuentra aguas abajo del puente. La vegetación en los alrededores del río es altamente afectada por las

inundaciones (e.g., vegetación de tipo humedal se encuentra en la parte sur), algunas por actividades humanas (e.g., área norte) y mucha vegetación permanece alrededor del sitio. Este sitio es probable que se encuentre sobre un corredor Biológico (i.e., zona verde claro en la Figura 16.1.1). Una mina, un puesto de control de la policía se encuentran en el lado norte del puente. Alguna parte de estos puestos se encuentran dentro del Derecho de Vía de la Ruta No4 (Nota: DV es de 50 m). Una plantación de banano se encuentra al costado sur del puente y esta no se encuentra dentro del Derecho de Vía. . No existe ninguna área que esta ocupada ilegalmente por precaristas. No existen escuelas, iglesias o sitios culturales en el sitio. La tabla 16.1.9 resume la evaluación primaria ambiental del Puente Sobre el río Chirripo.

Tabla 16.1.9. Examen Ambiental Inicial (Sitio 17: Puente Sobre el Río Chirripo)

Factor Ambiental	Descripción del Impacto	Sin Proyecto	Con Proyecto
1. Calidad del Aire	Incremento de aire contaminado al lado del camino.	C	C
2. Calidad del Agua	Riesgo de contaminantes	D	C
3. Suelos y Sedimentación	Erosión potencial del suelo.	D	C
	Ocurrencia de nueva sedimentación aguas abajo	D	C
4. Disposición de Basura	Generación de grandes cantidades de basura.	D	B
5. Ruido/Vibración	Incremento de ruido y vibración al lado del camino.	C	C
6. Hundimiento del Terreno	Potencial alta consolidación debido a los trabajos en el terreno.	D	D
7. Mal Olor	Potencial creación de malos olores.	D	D
8. Topografía y Geología	Creación de nuevas áreas inundables	D	D
	Aumento del banco del río por erosión/socavación	D	D
9. Cause del Río	Disturbio del cause del río.	D	D
10. Fauna/flora	Destrucción de la vegetación alrededor el río	D	C
	Destrucción de la vegetación alrededor del camino.	D	C
	Disturbio de habitad de aves o habitad de humedales.	D	C
	Disturbio de habitad/ecosistemas acuáticos.	D	C
11. Recursos del Agua	Degradación de la calidad del agua	D	C
	Disturbio del agua subterránea regional.	D	C
12. Accidentes	Incremento potencial de accidentes de tránsito	C	C
	Incremento potencial de accidentes de embarcaciones.	D	D
13. Prevención Global	Incremento de emisión de CO2.	D	D
14. Restablecimiento Involuntario	Expropiación de terrenos	D	D
	Demolición de casas alrededor.	D	D
	Demolición de lotes de ocupantes ilegales.	D	D
15. Economía Local	Posible impacto los empleos locales y el sustento	D	D
16. Uso de Tierra y utilización de recursos locales.	Conflictos con el plan de uso de tierra local.	D	D
	Conflictos con plan de desarrollo local	D	D
17. Instituciones locales	Posible Impacto en infraestructura social y decisiones de instituciones locales	D	D
18. Infraestructura Social Existente y Servicios	Conflictos con sistema de transporte local.	D	D
19. pobreza, indios y grupos étnicos	Existencia de minorías étnicas cerca del sitio.	D	D
20. Mala distribución de beneficios y daños	Riesgo de posibles daños/o impacto negativo.	D	D
21. Conflicto de Intereses Local	Conflictos entre conservación ambiental y desarrollo regional.	D	D
22. Géneros	Riesgo de WID-relacionadas	D	D
23.Derechos de los niños	Riesgo de Trabajo Infantil (e.g., ventas callejeras).	D	D
24. Patrimonio Cultural	Conflicto con sitios históricos/culturales y monumentos.	D	D
25. Enfermedades Infecciosas	Riesgo de Dengue, Malaria y otras enfermedades infecciosas	D	B
	Riesgo de VIH/SIDA	D	D

Nota A: significante, B: alto, C: menor, D: poco significante, U: sin conocer

(7) Sitio 19: Puente Sobre el Río Sarapiqui

El puente sobre el río Sarapiqui está localizado en un espacio abierto en la provincia de Heredia en la región del valle central de Costa Rica. El área alrededor del puente se conserva como "Monumento Cultural e Histórico de Costa Rica" (el rótulo que lo muestra fue reconocido en la inspección de enero del 2006). El canal del río alrededor del sitio del puente es serpenteado y el proceso de sedimentación de arenas y limos es muy significante. La vegetación en el río se clasifica como flora de humedales y severa vegetación permanece alrededor del sitio. Muchos árboles frutales se encuentran en el sitio y se observaron animales comiendo de estas frutas. . Este sitio es probable que se encuentre sobre un corredor biológico (i.e., zona verde claro en la figura 16.1.1). Una bomba y un supermercado se encuentran en la parte norte del puente. Alguna parte de esta propiedad se encuentra dentro de derecho de vía de la ruta No4 (Nota: DV es de 50 m). El río es navegable con propósitos de excursión y asuntos médicos. No se encuentran escuelas, iglesias y hospitales que requieran un ambiente calmado. Se observa que precaristas ilegales viven bajo el puente. Debido al pobre diseño de la estructura del puente, se observa que la estabilidad de la losa no es buena (cuando un vehículo pesado pasa, ambos bordes del puente se levantan varios centímetros (nota: revisar la sección de ingeniería de este estudio para una descripción detallada). La tabla 16.1.10 resume la evaluación primaria ambiental sobre el puente sobre el río Sarapiqui.

Tabla 16.1.10. Examen Ambiental Inicial (Sitio 19: Puente Sobre el Río Sarapiqui)

Factor Ambiental	Descripción del Impacto	Sin Proyecto	Con Proyecto
1. Calidad del Aire	Incremento de aire contaminado al lado del camino.	C	C
2. Calidad del Agua	Riesgo de contaminantes	D	C
3. Soil and sedimentation	Potential for soil erosion.	D	C
	Occurrence of new sedimentation at downstream side.	D	C
4. Waste Disposal	Generation of large amounts of construction wastes.	D	B
5. Noise/Vibration	Increased roadside noise and vibration	C	B
6. Ground Subsidence	Potential of large-scale consolidation due to earthwork	D	D
7. Bad smell	Potential of newly creation of bad smell.	D	D
8. Topography and Geology	Creation of new inundated area	D	D
	Enhanced river bank erosion/scouring .	D	D
9. River bed	Disturbance to river bed condition.	D	D
10. Fauna/flora	Destruction of riverside/floodplain vegetation	D	C
	Destruction of roadside vegetation.	D	C
	Disturbance to bird habitats or floodplain habitats.	D	C
	Disturbance to aquatic ecosystem/or habitats.	D	C
11. Water Resources	Water quality degradation.	D	C
	Disturbance to regional groundwater flow.	D	C
12. Accidents	Potential of increased traffic accidents.	B	C
	Potential of increased vessel accidents.	D	C
13. Global warming	Increased CO_2 emission.	D	D
14. Involuntary Resettlement	Land expropriation due to construction yard	D	D
	Demolition of roadside houses.	D	D
	Demolition of illegal squatters' lots.	D	B
15. Local Economy	Possible impact on local employment and livelihood	D	D
16. Land use and Utilization of local Resources	Conflict with current local land use plan	D	D
	Conflict with local development plans	D	D
17. Social Institutions	Possible Impact on social infrastructure and local decision-making institutions	D	D

Nota A: significante, B: alto, C: menor, D: poco significante, U: sin conocer

Tabla 16.1.10. Examen Ambiental Inicial (Sitio 19: Puente Sobre el Río Sarapiqui: continuación)

Factor Ambiental	Descripción del Impacto	Sin Proyecto	Con Proyecto
18. Existing social infrastructures and services	Conflict with current local transport system	D	D
	Conflict with current local energy/ communication/water supply system.	D	D
19. the poor, indigenous of ethnic group	Existence of ethnic minority around the site.	D	D
20. Misdistribution of benefit and damage	Risk of possible damages/or negative impacts concentration/or localization.	D	D
21. Local Conflict of interests	Conflicts between regional environmental conservation and development.	D	D
22. Gender	Risk of WID-related issues	D	D
23. Children's right	Risk of illegal child labors (e.g., street vender).	D	D
24. Cultural Heritage	Conflict with the setting of historical, cultural or monumental sites.	D	B
25. Infectious Disease	Risk of Dengue, Malaria and other Insect-borne diseases.	D	B
	Risk of HIV/AIDS	D	D

Nota A: significante, B: alto, C: menor, D: poco significante, U: sin conocer

(8) Sitio 20: Puente Sobre el Río Sucio

El Puente Sobre el Río Sucio esta localizado dentro del Parque Nacional Braulio Carrillo en la región central de la región montañosa de Costa Rica. Debido a lo empinado del cause del río, se reconocen rastros severos de flujos rápidos durante la época de invierno. Procesos tipo Debris se observan alrededor del sitio y que han sido significantes puesto que muchas piedras bolas grandes se encuentran en el cause del río. Daños severos en la superficie (e.g., ralladuras y abolladuras) debido a los impactos de las colisiones de los procesos Debris se observan aguas arriba de la pila del puente. El punto de confluencia entre el "Río Amarillo" y "Río while " se localiza aproximadamente 100 m aguas arriba del puente. La vegetación del sitio es altamente afectada por las inundaciones y cantidades extensas de vegetación se encuentran alrededor del sitio. No hay casas excepto dos espacios para parqueo en ambos lados del puente. No existen escuelas, hospitales ni iglesias que requieran un ambiente calmado. No existen precaristas en los alrededores del sitio. La tabla 16.1.11 resume la evaluación primaria ambiental sobre el Puente Sobre el río Sucio.

Tabla 16.1.11. Examen Ambiental Inicial (Sitio 20: Puente Sobre el Río Sucio)

Factor Ambiental	Descripción del Impacto	Sin Proyecto	Con Proyecto
1. Calidad del Aire	Incremento de aire contaminado al lado del camino.	C	C
2. Calidad del Agua	Riesgo de contaminantes	D	C
3. Soil and sedimentation	Potential for soil erosion.	D	C
	Occurrence of new sedimentation at downstream side.	D	C
4. Waste Disposal	Generation of large amounts of construction wastes.	D	B
5. Noise/Vibration	Increased roadside noise and vibration	C	C
6. Ground Subsidence	Potential of large-scale consolidation due to earthwork	D	D
7. Bad smell	Potential of newly creation of bad smell.	D	D
8. Topography and Geology	Creation of new inundated area	D	D
	Enhanced river bank erosion/scouring .	D	D
9. River bed	Disturbance to river bed condition.	D	D

Nota A: significante, B: alto, C: menor, D: poco significante, U: sin conocer

Tabla 16.1.11. Examen Ambiental Inicial
(Sitio 20: Puente Sobre el Río Sucio: continuación)

Factor Ambiental	Descripción del Impacto	Sin Proyecto	Con Proyecto
10. Fauna/flora	Destruction of riverside/floodplain vegetation	D	C
	Destruction of roadside vegetation.	D	C
	Disturbance to bird habitats or floodplain habitats.	D	C
	Disturbance to aquatic ecosystem/or habitats.	D	C
11. Water Resources	Water quality degradation.	D	C
	Disturbance to regional groundwater flow.	D	C
12. Accidents	Potential of increased traffic accidents.	C	C
	Potential of increased vessel accidents.	D	D
13. Global warming	Increased CO_2 emission.	D	D
14. Involuntary Resettlement	Land expropriation due to construction yard	D	D
	Demolition of roadside houses.	D	D
	Demolition of illegal squatters' lots.	D	D
15. Local Economy	Possible impact on local employment and livelihood	D	D
16. Land use and Utilization of local Resources	Conflict with current local land use plan	D	D
	Conflict with local development plans	D	D
17. Social Institutions	Possible Impact on social infrastructure and local decision-making institutions	D	D
18. Existing social infrastructures and services	Conflict with current local transport system	D	D
	Conflict with current local energy/ communication/water supply system.	D	D
19. the poor, indigenous of ethnic group	Existence of ethnic minority around the site.	D	D
20. Misdistribution of benefit and damage	Risk of possible damages/or negative impacts concentration/or localization.	D	D
21. Local Conflict of interests	Conflicts between regional environmental conservation and development.	D	D
22. Gender	Risk of WID-related issues	D	D
23. Children's right	Risk of illegal child labors (e.g., street vender).	D	D
24. Cultural Heritage	Conflict with the setting of historical, cultural or monumental sites.	D	B
25. Infectious Disease	Risk of Dengue, Malaria and other Insect-borne diseases.	D	B
	Risk of HIV/AIDS	D	D

Nota A: significante, B: alto, C: menor, D: poco significante, U: sin conocer

(9) Sitio 26: Puente Sobre el Río Chirripo R32

El Puente sobre el río Chirripó en la ruta No. 32 se localiza en la provincia de Limón, en la región costera caribeña de Costa Rica. Debido a lo empinado del cauce del río, se reconocen rastros severos de flujos rápidos durante la época de invierno. Existen muchas viviendas construidas alrededor de la cuneta oeste, estas son construidas con "pilotes" en las cuales se colocan una buena cantidad de pilotes bajo el piso de la casa, esto para contrarrestar daños que puedan causar las inundaciones. Actualmente, el proyecto de mejoramiento de las cunetas es emprendido al costado este del río y además se tiene prevista la construcción del dique para este puente (la distancia de construcción es de 3,180 m, y es categorizado por el MOPT como urgente). La construcción de este dique es alrededor del costado este del sitio del puente. Este no interferirá con el derecho de vía de la ruta No32 (Nota: DV es de 50m).

Varios bancos de arena se encuentran dentro del río, y la mayoría de los depósitos de sedimentos consisten en arenas finas y limos. La vegetación alrededor del río se clasifica como flora de humedal y se encuentra mucha vegetación a los alrededores del sitio.

Una torre de cable eléctrico y un complejo residencial limitan cerca de una cuneta natural al

lado oeste del puente. Muchos árboles frutales están plantados entre estas casas y la cuneta, y alguna parte de esas propiedades se encuentran dentro del derecho de vía de ruta No32, mientras una plantación de bananos se encuentra al costado este. No existen precaristas cerca del sitio. Se unen dos oleoductos en el puente. No hay escuelas, iglesias y hospitales que requieran de un ambiente calmado. No existen sitios históricos o culturales. Hay una separación en la superficie del camino o falla en lado este del puente, causando que los vehículos derrapen cuando intentan pasar por este. La tabla 16.1.12 resume la evaluación primaria ambiental del puente sobre el río Chirripó(R32).

Tabla 16.1.12. Examen Ambiental Inicial (Sitio 26: Puente Sobre el Río Chirripo-R32)

Factor Ambiental	Descripción del Impacto	Sin Proyecto	Con Proyecto
1. Calidad del Aire	Incremento de aire contaminado al lado del camino.	C	C
2. Calidad del Agua	Riesgo de contaminantes	D	C
3. Suelos y Sedimentación	Erosión potencial del suelo.	D	C
	Ocurrencia de nueva sedimentación aguas abajo	D	C
4. Disposición de Basura	Generación de grandes cantidades de basura.	D	B
5. Ruido/Vibración	Incremento de ruido y vibración al lado del camino.	C	B
6. Hundimiento del Terreno	Potencial alta consolidación debido a los trabajos en el terreno.	D	D
7. Mal Olor	Potencial creación de malos olores.	D	D
8. Topografía y Geología	Creación de nuevas áreas inundables	D	D
	Aumento del banco del río por erosión/socavación	D	D
9. Cause del Río	Disturbio del cause del río.	D	D
10. Fauna/flora	Destrucción de la vegetación alrededor el río	D	D
	Destrucción de la vegetación alrededor del camino.	D	D
	Disturbio de habitad de aves o habitad de humedales.	D	D
	Disturbio de habitad/ecosistemas acuáticos.	D	D
11. Recursos del Agua	Degradación de la calidad del agua	D	C
	Disturbio del agua subterránea regional.	D	C
12. Accidentes	Incremento potencial de accidentes de tránsito	B	C
	Incremento potencial de accidentes de embarcaciones.	D	D
13. Prevención Global	Incremento de emisión de CO_2.	D	D
14. Restablecimiento Involuntario	Expropiación de terrenos	D	D
	Demolición de casas alrededor.	D	D
	Demolición de lotes de ocupantes ilegales.	D	D
15. Economía Local	Posible impacto los empleos locales y el sustento	D	D
16. Uso de Tierra y utilización de recursos locales.	Conflictos con el plan de uso de tierra local.	D	D
	Conflictos con plan de desarrollo local	D	D
17. Instituciones locales	Posible Impacto en infraestructura social y decisiones de instituciones locales	D	D
18. Infraestructura Social Existente y Servicios	Conflictos con sistema de transporte local.	D	D
	Conflictos con sistemas que proveen de energía/agua y comunicaciones.	D	D
19. pobreza, indios y grupos étnicos	Existencia de minorías étnicas cerca del sitio.	D	D
20. Mala distribución de beneficios y daños	Riesgo de posibles daños/o impacto negativo.	D	D
21. Conflicto de Intereses Local	Conflictos entre conservación ambiental y desarrollo regional.	D	D
22. Géneros	Riesgo de WID-relacionadas	D	D
23.Derechos de los niños	Riesgo de Trabajo Infantil (e.g., ventas callejeras).	D	D
24. Patrimonio Cultural	Conflicto con sitios históricos/culturales y monumentos.	D	D
25. Enfermedades Infecciosas	Riesgo de Dengue, Malaria y otras enfermedades infecciosas	D	B
	Riesgo de VIH/SIDA	D	D

Nota A: significante, B: alto, C: menor, D: poco significante, U: sin conocer

(10) Sitio 29: Puente Sobre el Río Torres

El puente sobre el río Torres se localiza en el centro de la ciudad de San José, y el ambiente alrededor del puente se conoce como zona comercial/residencial. Se encuentra un colegio al costado sur del puente y un Club Rotario al costado norte (i.e., Club de Leones). Algunas partes de estas propiedades se encuentran dentro del derecho de vía de la ruta No218 (DV es de 24m). Se observa circulación de tránsito frecuente sobre el puente, se puede decir que este puente es una instalación urbana importante de transporte. Dos precaristas ilegales viven a cada costado del puente (Nacionalidad ncaragüense; según comunicación con personal del MOPT, 2006). Sus instalaciones ilegales fueron destruidos por las autoridades justo después de que pruebas físicas, parte de este estudio, se llevaron acabo (febrero del 2006). Hay olores desagradables de basura mezclada, olor a plantas podridas, afluencia de descargas de los hogares vecinos y la emisión de gases de los automóviles, y en particular, los precaristas ilegales generaban olores desagradables. Varias partes de la baranda del puente esta dañadas, probablemente por los accidentes de tránsito. No existen sitios históricos ni culturales. La tabla 16.1.13 resume la evaluación primaria ambiental sobre el puente del río Torres.

Tabla 16.1.13. Examen Ambiental Inicial

(Sitio 29: Puente Sobre el Río Torres)

Factor Ambiental	Descripción del Impacto	Sin Proyecto	Con Proyecto
1. Calidad del Aire	Incremento de aire contaminado al lado del camino.	C	C
2. Calidad del Agua	Riesgo de contaminantes	D	C
3. Suelos y Sedimentación	Erosión potencial del suelo.	D	C
	Ocurrencia de nueva sedimentación aguas abajo	D	C
4. Disposición de Basura	Generación de grandes cantidades de basura.	D	B
5. Ruido/Vibración	Incremento de ruido y vibración al lado del camino.	C	B
6. Hundimiento del Terreno	Potencial alta consolidación debido a los trabajos en el terreno.	D	D
7. Mal Olor	Potencial creación de malos olores.	D	D
8. Topografía y Geologia	Creación de nuevas áreas inundables	D	D
	Aumento del banco del río por erosión/socavación	D	D
9. Cause del Río	Disturbio del cause del rio.	D	D
10. Fauna/flora	Destrucción de la vegetación alrededor el río	D	D
	Destrucción de la vegetación alrededor del camino.	D	D
	Disturbio de habitad de aves o habitad de humedales.	D	D
	Disturbio de habitad/ecosistemas acuáticos.	D	D
11. Recursos del Agua	Degradación de la calidad del agua	D	C
	Disturbio del agua subterránea regional.	D	C
12. Accidentes	Incremento potencial de accidentes de tránsito	C	C
	Incremento potencial de accidentes de embarcaciones.	D	D
13. Prevención Global	Incremento de emisión de CO_2.	D	D
14. Restablecimiento Involuntario	Expropiación de terrenos	D	D
	Demolición de casas alrededor.	D	D
	Demolición de lotes de ocupantes ilegales.	D	B
15. Economía Local	Posible impacto los empleos locales y el sustento	D	D
16. Uso de Tierra y utilización de recursos locales.	Conflictos con el plan de uso de tierra local.	D	D
	Conflictos con plan de desarrollo local	D	D
17. Instituciones locales	Posible Impacto en infraestructura social y decisiones de instituciones locales	D	D

Nota A: significante, B: alto, C: menor, D: poco significante, U: sin conocer

Tabla 16.1.13. Examen Ambiental Inicial
(Sitio 29: Puente Sobre el Río Torres: continuación)

Factor Ambiental	Descripción del Impacto	Sin Proyecto	Con Proyecto
18. Infraestructura Social Existente y Servicios	Conflictos con sistema de transporte local.	D	D
	Conflictos con sistemas que proveen de energía/agua y comunicaciones.	D	D
19. pobreza, indios y grupos étnicos	Existencia de minorías étnicas cerca del sitio.	D	D
20. Mala distribución de beneficios y daños	Riesgo de posibles daños/o impacto negativo.	D	D
21. Conflicto de Intereses Local	Conflictos entre conservación ambiental y desarrollo regional.	D	D
22. Géneros	Riesgo de WID-relacionadas	D	D
23.Derechos de los niños	Riesgo de Trabajo Infantil (e.g., ventas callejeras).	D	D
24. Patrimonio Cultural	Conflicto con sitios históricos/culturales y monumentos.	D	D
25. Enfermedades Infecciosas	Riesgo de Dengue, Malaria y otras enfermedades infecciosas	D	C
	Riesgo de VIH/SIDA	D	D

Nota A: significante, B: alto, C: menor, D: poco significante, U: sin conocer

3) Resumen de EAI

Basados en los resultados del plan de rehabilitación de los 10 puentes seleccionados, posibles impactos ambientales, comúnmente identificados a través de todos los sitios, se resumen en la Tabla 16.1.14. Se puede observar que la mayoría de los impactos negativos son causados por el proyecto de rehabilitación propuesto, las cuales son evaluadas como B o C. También, la mayoría de las evaluaciones como B es relacionada con actividades de construcción, los cual puede decir que los impactos negativos son temporales. La Tabla 16.1.15 resume más detalladamente los impactos negativos para ambos escenarios "Sin Proyecto" y "Con Proyecto", identificados a través de los 10 puentes.

Tabla 16.1.14. Resumen del Potencial Impacto Negativo

	Nombre del Puente	Potencial Impacto Negativo							
		Sin Proyecto				Con Proyecto			
		A	B	C	D	A	B	C	D
1	Río Aranjuez	0	0	2	35	0	2	8	27
2	Río Abangares	0	1	2	34	0	1	9	27
3	Río Azufrazo	0	1	2	34	0	1	13	23
4	Río Puerto Nuevo	0	0	3	34	0	2	12	23
5	Río Nuevo	0	0	3	34	0	2	12	23
6	Río Chirripo	0	0	3	34	0	2	12	23
7	Río Sarapiquí	0	1	2	34	0	5	12	20
8	Río Sucio	0	0	3	34	0	3	12	22
9	Río Chirripo (R32)	0	1	2	34	0	3	7	27
10	Río Torres	0	0	3	34	0	3	8	26

Nota: 37 factores de evaluación ambiental desarrollados para esta EAI.

Tabla 16.1.15. Resumen de Posibles Impactos

	Factor Ambiental	Observaciones de los Posibles Impactos
1	Calidad del aire	Incremento de la degradación del aire circundante
2	Calidad del agua	1. Riesgo de la contaminación del agua durante la rehabilitación. 2. Degradación potencial del agua debido a la erosión durante la rehabilitación.
3	Suelos y Sedimentación	1. Erosión Potencial del suelo después de la rehabilitación. 2. Sedimentación potencial debido a erosión durante la rehabilitación.
4	Disposición de Basura	1. Preparación de un hueco en el suelo para la descarga. 2. Tratamiento apropiado para la basura industrial que se generara durante la rehabilitación.
5	Ruido/Vibración	1. Ruido y vibración durante la rehabilitación. 2. Ruido y vibración futura al costado de la carretera después de la rehabilitación.
6	Hundimiento del Terreno	Menos Significante
7	Mal Olor	Menos Significante
8	Topografía y Geología	Menos Significante
9	Cause del Río	Disturbio de la condición del canal del río.
10	Fauna/flora	1. Destrucción de los humedales. 2. Disturbio a los pájaros y vida salvaje durante la rehabilitación. 3. Riesgo de contaminación de las especies acuáticas durante la rehabilitación.
11	Recursos del Agua	Riesgo de contaminación de los acuíferos durante la rehabilitación.
12	Accidentes	Posible incremento de los accidentes de tránsito durante la rehabilitación.
13	Prevención Global	Menos Significante
14	Restablecimiento Involuntario	Demolición de edificaciones de precaristas.
15	Economía Local	Menos Significante
16	Uso de Tierra y utilización de recursos locales	Menos Significante
17	Instituciones locales	Menos Significante
18	Infraestructura Social Existente y Servicios	Menos Significante
19	pobreza, indios y grupos étnicos	Menos Significante
20	Mala distribución de beneficios y daños	Menos Significante
21	Conflicto de Intereses Local	Menos Significante
22	Géneros	Menos Significante
23	Derechos de los niños	Menos Significante
24	Patrimonio Cultural	Conflictos con sitios históricos, culturales o monumentos.
25	Enfermedades Infecciosas	Riesgo de Dengue, Malaria y otras enfermedades por picaduras de zancudos.

16.1.4 Leyes y Organizaciones Ambientales

1) Organizaciones Ambientales

(1) SNOA (Sistema Nacional de Organizaciones Ambientales).

Por ley No.99 de 1993, el Ministerio del Ambiente y SNOA fueron establecidos bajo esta ley. Los principales objetivos del SNOA son la siguientes: (1) garantizar la participación pública en el ambiente nacional y abierto a políticas de recursos naturales, (2) asegur los derechos de cada individuo para disfrutar de un ambiente sano, y (3) proteger la herencia natural y la soberanía de la nación.

(2) Organizaciones a Nivel Nacional

- **Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE):** es la principal organización de administración ambiental principalmente comprometido en establecer políticas ambientales a nivel nacional. Sus principales obligaciones incluyen diseño, planeamiento e implementación de políticas nacionales relativas a recursos naturales, energía, minas y protección ambiental.

- **Dirección de Geología y Minas:** Esta dirección pertenece al MINAE y es responsable de los asuntos relativos con el uso de los materiales de los ríos, exploración y extracción de minerales subterráneamente.

- **Comisión Nacional de Mantenimiento de la Biodiversidad:** Es una agencia independiente perteneciente al MINAE y es responsable de la formulación de políticas nacionales relativas a la conservación, uso ecológico sostenible y restauración de la biodiversidad y otros tratados y acuerdos internacionales, así como intereses nacionales.

- **Secretaría Técnica Ambiental (SETENA):** Agencia independiente que pertenece al MINAE y es responsable de revisar, evaluar y monitorear los estudios de impacto ambiental (EIA) mientras recomienda medidas relevantes para minimizar el impacto negativo al ambiente.

- **Ministerio de Salud:** Este es responsable de tomar acciones, actividades y medidas en general y especificas relativas con la conservación y mejoramiento del ambiente mientras busca la protección de la salud pública.

- **Ministerio de Agricultura:** Este es responsable de monitorear e imponer limitaciones al uso del suelo basado en condiciones geográficas y categorizar dentro los tipos de suelos tales como la agricultura, tala de árboles y producción con propósitos forestales.

(3) Organizaciones a Nivel Regional.

-**Consejo Ambiental Regional**: Este consejo es responsable del análisis, implementación y monitoreo de programas ambientales mientras patrocina la implementación pública relevante a actividades ambientales. (Capítulo II de la ley 7554 de organizaciones ambientales de septiembre 28, 1995, descrita más adelante).

2) Leyes Ambientales

(1) Constitución.

La constitución de la República de Costa Rica fue revisada en 1994 para incorporar una discusión de los derechos para obtener un ambiente saludable ecológicamente balanceado para la personas de Costa Rica. El principal propósito de esta provisión es asegurar un ambiente saludable y proteger contra cualquier infracción con este derecho fundamental, que puede directamente afectar a los seres humanos, la salud y sus derechos para disfrutar una ambiente sano (Articulo 50, Constitución de Costa Rica de 1949, enmendada en 1994). La coste constitucional ha garantizado que la preservación y la protección del ambiente es un derecho fundamental y la trasgresión de este derecho es considerado como violación constitucional (e.g., Desición 095 de la constitucional, 1995).

(2) Ley de Organizaciones Ambientales (Ley # 7554 de Septiembre 28, 1995)

Esta ley provee una descripción general de las organizaciones ambientales, integrando y coordinando las diferentes normas ambientales a través de un marco legal. La ley incluye principios ambientales generales y regular una amplia gama de de ediciones tales como impacto ambiental, biodiversidad, contaminación y el establecer nuevas instituciones.

Esta ley define "características comunes de toda la gente en Costa Rica" y determina que " que el estado y cada individuo común participe en actividades de uso sostenible y conservación ambiental". En adición, indica que cada uno tiene derecho a disfrutar un ambiente sano y ecológicamente sostenible así como una obligación de mantener y proteger el ambiente (consistente con el Artículo 50 de la constitución).

Esta ley incluye la disposición de la SETENA, descrita anteriormente, quien es responsable de revisar, evaluar y monitorear lose estudios de impacto ambiental (Capítulo IV de esta Ley).

(3) Ley Sobre El Estudio de Impacto Ambiental (Ley #31849 del 2004)

Esta ley describe ambos procesos, el marco fundamental y el contorno de EIA que serán requeridos para todos los desarrollos de proyectos en Costa Rica. Descripciones más detalladas para el proceso total implementado de aplicación de las licencias ambientales en Costa Rica se mostraran en la siguiente sección.

(4) Ley de Biodiversidad de 1997

Los objetivos principales de esta ley son integrar la conservación y el uso de componentes de la biodiversidad en el desarrollo de políticas socio-culturales, económicas y ambientales, para promover la participación activa de todos los sectores de la sociedad el la conservación y uso ecológico de la biodiversidad, y establecer el uso sostenible de los recursos en cuanto a distribuir de una manera equitativa los beneficios y los costos derivados. Esta ley se aplica a los componentes de la biodiversidad que se encuentran bajo la soberanía del estado, así como a los procesos y actividades llevadas acabo bajo su jurisdicción o control, independientemente de esos efectos que se manifiestan dentro de si mismos o en zonas fuera

de la juricción nacional.

Además, existen otras leyes importantes o regulaciones tales como la Ley Forestal, Ley de Aguas, Ley de Conservación de lo Suelos de 1973, Ley de Pesca del 2004 y la Ley General de Salud (Ley # 5395 de30/10/1973) de Costa Rica. Es absolutamente esencial escudriñar estas regulaciones o leyes antes de aplicar las licencias ambientales para este proyecto de rehabilitación de puentes

(5) Criterio ambiental

a) Ruido/Vibración

La Tabla 16.1.16 resume el estándar ambiental de ruido implementado en Costa Rica. La información de la clasificación zonal de ruido utilizada actualmente en Estados Unidos es adjunta en el Apéndice para la comparación. Es desconocido si existe algún estándar específico de ruido o no.

Tabla 16.1.16. Estándar Ambiental de Ruido en Costa Rica (dBA)

Zona	Leq (dBA)	
	6:00 - 18:00	18:00 - 6:00
Área Residencial	65	40
Ambiente de Trabajo	65	40

(Fuente: Decreto # 18209-S).

No existe un estándar ambiental de vibración en Costa Rica [Ministerio de Salud, comunicación personal, 2006]. Los estándares ambientales implementados en Japón se adjuntan en el apéndice para la comparación.

b) Aire

La Tabla 16.1.17 resume el estándar ambiental de C/A implementado en Costa Rica.

Tabla 16.1.17. Estándar Ambiental (Calidad del Aire, ug/m^3)

	1-hora	8-hora	24 - hora	Anual
TSP	**	**	240	90
PM10	**	**	150	50
SO_2	**	**	**	80
CO	40,000	10,000	**	**
O_3	160	**	**	**
NO_2	400	**	**	100
Plomo	**	**	**	0.5

(Fuente: No. 30221-S, publicado en El Alcance # 25 de la Gaceta # 57 del 2002)

c) Calida del Agua

En Costa Rica, están establecidos cuatro diversos sistemas de calidad del agua, correspondientes a los siguientes propósitos,

Nivel 1: Programa Básico de control de calidad de agua

Nivel 2: Programa de Mejoramiento de control de la Calidad del Agua

Nivel 3 :Programa Avanzado de control de Calidad del Agua. (Para propósito de consumo)

Nivel 4: Programa Especial para el Control de Calidad del Agua

La Tabla 16.1.18 resume los estándares ambientales de C/A implementados en Costa Rica. Basados en el criterio del Nivel 1, los criterios compuestos de calidad del agua se aplica para propósitos de altos niveles de C/A (e.g., sistemas adicionales de los parámetros de calidad del agua serán introducidos como los niveles de inspección se incrementen).

Tabla 16.1.18. Estándar de Calida del Agua para el Nivel 1

	Parámetros	Valores Recomendados	Valores máx. Admisibles
1	pH	6.5	8.5
2	Olor	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
3	Sabor	Iguales que arriba	Iguales que arriba
4	Color (mg/L: U - Pt - Co)	5	15
5	Turbiedad (UNT)	< 1	5
6	Conductividad (uS/cm)	400	
7	Coli-formes (MPN/100 ml)	Ausente	Ausente
8	Cl (residual, mg/L)	0.3	0.6

(Fuente: No. 32327-S, Regulaciones para la calidad del Agua para el Consumo)

d) Contaminación Visual.

No existen leyes o regulaciones referentes a métodos específicos de conservación o protección de los recursos visuales en Costa Rica. Sin embargo, recientemente varias preocupaciones ambientales relacionadas con la conservación de los recursos visuales han despertado. Por ejemplo, cuando el ICE tiene trabajos de construcción relacionados a telecomunicaciones dentro de parques nacionales, seleccionan cables de color verde para establecer una armonía visual con el escenario circundante del parque nacional [Rojas, comunicación personal, 2006].

3) Licencias Ambientales

(1) Categorización del Proyecto

De acuerdo con la ley de EIA de Costa Rica, mencionada anteriormente, las siguientes cuatro categorías están especificadas dependiendo del significado del posible impacto ambiental que se causará por el proyecto propuesto,

Categoría A: Proyecto que pueda causar severos efectos adversos en el ambiente circundante.

Categoría B1: Proyecto que pueda causar mayores efectos adversos en el ambiente circundante.

Categoría B2: Proyecto que pueda causar menores efectos adversos en el ambiente circundante.

Categoría C: Proyecto que pueda causar efectos adversos Menos Significantes en el ambiente circundante.

Las Sub-clasificaciones de las Categorías B1 y B2 dependen de las condiciones actuales o futuras de uso del suelo del área de estudio [Rojas, comunicación personal, 2006]. La categorización del proyecto final la lleva acabo el SETENA después de las aplicaciones

oficiales de las licencias ambientales, usando D1 (Categoría-A, -B1 y -B2 Proyectos) o D2 (Categoría-C Proyecto) hechas por el dueño del proyecto las evaluaciones cuantitativas de los posibles impactos negativos que serán inducidas por el proyecto propuesto una vez terminado.

(2) Autoridades Competentes

El SETENA, mencionado anteriormente, es responsable de administrar los procesos de evaluación de los EIA basados en la Ley de EIA de Costa Rica. La aplicación de los procesos para las licencias ambientales es examinada por una comisión preliminar. Estas comisiones preliminares consisten en las siguientes siete organizaciones: i.e., (1) SETENA, (2) AyA, (3) Ministerio de Salud, (4) MAG, (5) MOPT, (6) ICE, y (7) Consejo Nacional de Rectores.

(3) Procesos de Aplicación de las Licencias Ambientales

a) Contorno del Proceso Total de Aplicación de las Licencias

Básicamente los procesos de aplicación de las licencias ambientales en Costa Rica consisten en los siguientes tres pasos; i.e., (i) la sumisión del formulario de inscripción ambiental (i.e., formulario D1 y/o D2, dependiendo del significado del impacto potencial ambiental) a la SETETNA y la evaluación preliminar de las formulas sometidas D1 y/o D2, (ii) la segunda evaluación del reporte del EIA y otros materiales relevantes tales como reportes EIA D/F, y (iii) la implementación de un programa de monitoreo ambiental. Una vez que este concedida la licencia misma, está será valida por dos años desde el comienzo de las actividades. El dueño del proyecto tiene que aplicar de nuevo para una nueva licencia desde el momento que la anterior ha expirado sin ninguna actividad.

b) Evaluación Primaria

i) Proyectos Categorías B2 (que conforma el plan de uso/control de la tierra del SETENA) y C

a) El dueño del proyecto tiene que someter el formulario D2 al SETENA, o la oficina local del Ministerio de Salud o la agencia designada (Cuando la forma D2 es recibida por la oficina del Ministerio de Salud o la agencia designada, la forma sometida D2 se traslada al SETENA dentro de 5 días hábiles).

b) Después de que es SETENA recibe la forma D2, comienza el proceso de examinación. Usualmente, este proceso se termina dentro de 10 días.

c) La licencia ambiental será concedida si el SETENA concluye que los contenidos de la forma D2 son satisfactorios.

ii) Proyectos Categorías A, B1 y B2 (las que no se conforman con el plan de uso/control del suelo del SETENA)

Los siguientes puntos son el contorno del proceso de aplicación ambiental para los proyectos categorías A, B1 y/o B2 (las que no se conforman con el plan de uso/control del suelo del

SETENA),

a) El dueño del Proyecto tiene que someter la forma D1 al SETENA.
b) Sobre la revisión de la forma D1 sometida, el SETENA concluye si necesita más información para una evaluación más exacta para el proyecto propuesto, el SETENA conducira sus propios estudios independientes.
c) Basados en los contenidos de la forma D1 y la información generada a través de estudios independientes por parte del SETENA, la magnitud de los impactos negativos que serán causados por el proyecto propuesto será reexaminados cuantitativamente. Este proceso de evaluación será llevado acabo por una firma ambiental registrada al MINAE. Basados en estos resultados finales de evaluación, el SETENA puede cambiar la categoría del proyecto propuesto, que fue dado inicialmente. Si la categoría se cambia, el SETENA informará a la comisión preliminar y explicara el porque de las razones del cambio de categoría es necesario.
d) Después de que la revisión preliminar por el SETENA esta hecha, el resultado final de esta evaluación sera pasado al comité preliminar.Una vez examinados estos resultados, el comité preliminar formulara el ToR de los estudios ambientales requeridos dentro de una semana. Usualmente, este proceso de examinación será terminado completamente dentro de tres semanas.

c) Evaluación Secundaria

i) Proyectos Categoría B2

a) El dueño del proyecto tiene que someter una declaración oficial (i.e., Declaración Jurada de Impacto Ambiental) al SETENA. El SETENA examina esta declaración dentro de una semana.
b) La licencia ambiental será concedida en el lapso de una semana si el SETENA concluye que los contenidos de la declaración son satisfactorios.
c) Sino, SETENA debe informar al dueño del proyecto que los contenidos de la fórmula de declaración es insatisfactoria, en un lapso de 15 días, y aconsejar al dueño que revise o corrija los contenidos de la forma de declaración por periodos de tiempo mientras la forma de declaración es aceptada por SETENA.
d) Las licencias ambientales serán entregadas si el SETENA concluye que los contenidos del la forma de declaración son satisfactorios.

ii) Proyectos Categoría B1

a) El dueño del proyecto tiene que asumir las predicciones ambientales y el manejo de la propuesta (i.e., documento P-PGA; Pronóstico - Plan de Gestión Ambiental) del SETENA. El SETENA examina esta declaración en un lapso de 4 semanas.
b) El SETENA debe proporcionar una guía ambiental al dueño del proyecto en un lapso de 2 semanas si está concluye que los contenidos del P-PGA son satisfactorios. Basados en esta guía ambiental, el dueño del proyecto tiene que preparar la forma de declaración oficial (i.e., Declaración Jurada de Impacto Ambiental).

b-1) Sino, el SETENA debe informar al dueño del proyecto que el contenido del P-PGA no

es satisfactorio, y aconsejar que revise los contenidos del documento P-PGA por periodos de tiempo y para que adhiera información adicional o resultados de estudios como reporte de "ANEXOS".

b-2) El dueño del proyecto puede someter de nuevo el documento P-PGA revisado, llamado reporte "Anexo P-PGA" al SETENA solo una vez. El SETENA puede examinar de nuevo el reporte "Anexo P-PGA" en un lapso de 2 semanas.

b-3) El SETENA debe aconsejar al dueño del proyecto que someta la forma de documento a direcciones relevantes (e.g., el SETENA aconsejara que tipos de información incorporara en la forma declaratoria) si este reporta que los contenidos de los documentos "Anexo P-PGA" son satisfactorios. Sino, el proceso total de aplicación de la licencia será invalidado.

c) El SETENA examinara la forma de declaración. La licencia será entregada si el SETENA concluye que los documentos de la forma de declaración es satisfactoria.

d) Si no, el SETENA le informara al dueño del proyecto que la declaración es insatisfactoria, y aconsejara al dueño del proyecto que revise los contenidos de dicho documento, mientras los contenidos de la forma declaratoria son revisados y aceptados por el SETENA.

e) Las licencias ambientales serán entregadas si el SETENA concluye que el contenido de los documentos revisados es satisfactorio.

iii) Proyecto Categoría A

a) El dueño de proyecto tiene que someter el borrador del reporte final (B/F) de EIA al SETENA. Este examina este borrador en un lapso de 10 semanas.

b) El SETENA debe proveer una guía ambiental al dueño del, proyecto en un lapso de 2 semanas si este concluye que los contenidos del borrador del EIA son satisfactorios. Basados en esta guía ambiental, el dueño del proyecto debe preparar la declaración final de la forma (i.e., Declaración Jurada de Impacto Ambiental).

b-1) Si no, el SETENA debe informar al dueño del proyecto que los contenidos del documento declaratorio B/F del EIA son insatisfactorios, y aconsejar al dueño del proyecto que prepare un reporte de EIA adicional para un periodo de tiempo. El periodo de este estudio debe ser determinado dependiendo de la complejidad de las cargas de trabajo del EIA adicional.

b-2) El dueño del proyecto puede asumir este reporte de EIA adicional como "Anexo Reporte EIA" al SETENA una sola vez. El SETENA revisará este reporte en un lapso de 5 semanas.

b-3) El SETENA debe aconsejar al dueño del proyecto que someta la forma de documento a direcciones relevantes (e.g., el SETENA aconsejara que tipos de información incorporara en la forma declaratoria) si este reporta que los contenidos de los documentos "Anexo P-PGA" son satisfactorios. Sino, el proceso total de aplicación de la licencia será invalidado.

c) El SETENA examinara la forma de declaración. La licencia será entregada si el SETENA concluye que los documentos de la forma de declaración es satisfactoria.

d) Si no, el SETENA le informara al dueño del proyecto que la declaración es insatisfactoria,

y aconsejara al dueño del proyecto que revise los contenidos de dicho documento, mientras los contenidos de la forma declaratoria son revisados y aceptados por el SETENA.

e) Las licencias ambientales serán entregadas si el SETENA concluye que el contenido de los documentos revisados es satisfactorio.

(4) Implicaciones Públicas

De acuerdo con las leyes ambientales de Costa Rica, todos los participantes referentes con cualquier proyecto de desarrollos (i.e., cualquier individuo/grupo/organización y/o agencias) tienen derecho a obtener información relevante relacionada con el proyecto de desarrollo propuesto. Acercamientos básicos de las implicaciones públicas implementadas en Costa Rica son i) la revisión pública de los documentos o reportes del SETENA, ii) audiencias o reuniones con las comisiones preliminares de SETENA u otras secciones competentes del SETENA, y iii) audiencias públicas. Basados en ambos tipos y escala del proyecto propuesto y lo significante de los impactos posibles que puedan ser causados por proyecto propuesto, el SETENA calculara las maneras convenientes de las implicaciones públicas. Básicamente, las audiencias públicas son requeridas solo para proyectos Categoría-A [Rojas, comunicación personal, 2006].

16.2 Apoyo Técnico para el Desarrollo de los Términos de Referencia del Estudio Ambiental

16.2.1 Términos de Referencia del Estudio Ambiental Relevante

1) Perfil

Este capítulo resume varias direcciones claves y conceptos para el desarrollo de los Términos de Referencia de los estudios ambientales que se requieren para aplicar las licencias ambientales a los planes de rehabilitación de puentes propuestos. En 16.2.1, se discuten las formas adecuadas para la propuesta de licencias ambientales que se atienen por la Ley EIA de Costa Rica y por los Lineamientos de JICA. Luego, basándose en ambas características de ingeniería de los planes de rehabilitación de puentes propuestos y el significado de los impactos negativos potenciales asociados con este plan de rehabilitación, se presenta una lista comprensiva de subtareas ambientales relevantes. Estas subtareas son componentes claves del estudio completo de la Evaluación del Impacto Ambiental, y cubre, por ejemplo, desde estudios de campo hasta estudios de evaluación de impacto. Los resultados preliminares de las categorías del proyecto de cada plan de rehabilitación de puentes, se presenta también uno de los pasos importantes en el proceso completo de solicitud de licencias. Las medidas seleccionadas asociadas con la protección de los alrededores de la vía, calidad del aire, recursos de agua, suelo y ambiente biológico, serán factores ambientales cruciales dentro del proceso de solicitud de licencias, resumido en el punto 16.2.2. Direcciones y conceptos claves para formular el programa de administración ambiental y las actividades de monitoreo ambientales relevantes se resumen en el punto 16.2.3 y el 16.2.4, respectivamente.

2) Proceso de Solicitud de Licencias Ambientales para el Plan de Rehabilitación de Puentes

Es esencial formular los Términos de Referencia de un estudio exitoso de Evaluación del Impacto Ambiental para lograr un buen proceso de solicitud de licencias ambientales para implementar el plan completo de rehabilitación de puentes. En ambas La ley costarricense de la Evaluación del Impacto Ambiental y los Lineamientos de JICA, la tabla de flujo completo de la examinación ambiental y el proceso de aprobación de licencias es similar aunque si hay pequeñas diferencias al categorizar el proyecto de cualquier proyecto de desarrollo de infraestructura, descrito posteriormente, y a manera de la integración de procesos relevantes de participación del público, descritos anteriormente.

Básicamente, existen las dos siguientes maneras de aplicar las licencias ambientales para el plan de rehabilitación propuesto.

(1) Solicitud de una Licencia para Todos los Planes de Rehabilitación

La primera manera es aplicar una licencia ambiental general para el plan completo de rehabilitación de puentes. De esta manera, sólo se necesita aplicar por una licencia una vez. Sin embargo si se encuentra un problema inesperado debido a un reporte inapropiado o a la falta de documentos de los materiales aplicados relevantes en medio del proceso de evaluación de cualquier puente, el proceso completo de evaluación se suspenderá temporalmente. Consecuentemente, puede causar algunos retrasos para implementar el plan

de rehabilitación.

(2) Solicitud de una Licencia Separada para cada Plan de Rehabilitación

La segunda manera es aplicar la licencia ambiental para cada Puente de forma separada. Si se realiza de esta manera, se deberán conducir diez estudios diferentes de la Evaluación del Impacto Ambiental, por lo que, diez licencias se deberán obtener para los trabajos de rehabilitación de puentes. Si se encontraran problemas inesperados y/o dificultades dentro del proceso de evaluación de cualquier puente mal documentado y, consecuentemente, el proceso de evaluación de estos puentes se puede suspender temporalmente. Incluso bajo esta situación, el proceso de solicitud de licencias para los puentes bien documentados puede proceder independientemente como se planeó. De esta manera, los riesgos asociados con la manera en la que se realizaba anteriormente pueden ser controlados y los atrasos resultantes para el plan de rehabilitación de puentes se pueden minimizar.

A través de una serie de discusiones son la Comisión Preliminar de SETENA, y las contrapartes del MOPT, se acordó que la manera anterior de solicitud de licencias (la aplicación de licencias ambientales separadas para cada sitio de puentes) es la manera apropiada para el plan de rehabilitación de puentes propuesto.

3) Alcance para el Estudio Ambiental

Los objetivos principales del estudio de la Evaluación de Impacto Ambiental es el coleccionar información ambiental actual, realizar estudios de campo ambiental relevantes (estudios de sonido en los alrededores de la vía, estudio de calidad de agua y otros), evaluar el significado de los impactos ambientales potenciales causados por el plan de rehabilitación propuesto en tres fases diferentes (pre-rehabilitación, rehabilitación, y fases operativas) preparar la medidas de mitigación ambientales y establecer un programa de administración ambiental incluyendo el programa de monitoreo ambiental durante las fases de implementación y operativas.

En general, los estudios ambientales requeridos para la solicitud de licencias ambientales se pueden clasificar en las dos categorías siguientes: (1) Examen Ambiental Inicial y (2) Evaluación del Impacto Ambiental. Basados en las características de ingeniería del plan de rehabilitación de puentes y el significado general de cada impacto ambiental potencial a ser asociado a la implementación de esas medidas de rehabilitación, se deberá discutir la selección de cada Examen Ambiental Inicial y Evaluación del Impacto Ambiental (proyecto de categorización, a ser descrito posteriormente) y luego, el marco completo de los estudios ambientales relevantes y se deberá delinear su proceso de solicitud de licencias. Las prioridades de sub-tareas ambientales de sitios específicos tales como calidad del agua, sonido en los alrededores del camino y otros estudios relevantes se deberán evaluar con base en los contenidos del plan de rehabilitación para cada puente. Las características principales de ingeniería del plan completo de rehabilitación de puentes se resumen en la siguiente sección.

4) Plan de Rehabilitación de Puentes

(1) Resumen del Plan de Rehabilitación de Puentes

La Tabla 16.2.1. resume el perfil del plan de rehabilitación de puentes propuesto para los diez puentes seleccionados. Además de las medidas de rehabilitación, resumidas en esta tabla, las medidas de inserción y complete se deben de realizar en todos los 10 puentes para poder reparar las grietas, encontradas comúnmente en toda las instalaciones de los puentes. Además, se deben de pintar todos los puentes de acero. El resto de la información detallada de cada medida de rehabilitación se resume en la sección de ingeniería en este reporte.

Tabla 16.2.1. Política de Rehabilitación para los 10 Puentes Seleccionados

	Nombre Puente	Perfil de las Medidas de rehabilitación
1	No.2 Río Aranjuez (Ruta 1)	Losa – Sustituir (Uso de prefabricado PC) Losa- Añadir y reformar Viga Continua Sistema de Piso – Reformar a la viga Continua Sistema de Piso – Reforzar viga transversal Viga Principal – Reforzar elemento Adicional Accesorios- Junta de Expansión- Nueva Instalación. Accesorios – Instalación de Barandas Flexibles Accesorios – Pavimento de Asfalto y resistente al agua Sistema de Prevención para puente Derrumbado- Conexión de vigas-bloques de concreto Pila- Envuelto de Concreto Fundación – Ensanchar Placa de Fundación Sistema de Prevención para Puente Derrumbado – Ensanchar Base de Apoyo – Bastión y Pila
2	No.3 Río Abangares (Ruta 1)	Losa – Sustituir (Uso de prefabricado PC) Sistema de Piso – Reformar a la viga Continua Sistema de Piso – Reforzar viga transversal Viga Principal – Arreglo de la Cubre Placa, Arreglo del Diafragma Accesorios- Junta de Expansión- Nueva Instalación. Accesorios – Instalación de Barandas Flexibles Accesorios – Pavimento de Asfalto y resistente al agua Sistema de Prevención para puente Derrumbado- Conexión de vigas-Tipo Cadena Fundación – Ensanchar Placa de Fundación Sistema de Prevención para Puente Derrumbado – Ensanchar Base de Apoyo – Bastión y Pila
3	No.7 Río Azufrado (Ruta 1)	Losa – Aumento del Espesor de la losa Viga Principal –Aumento de la altura de la viga Viga Principal – Adherencia de la Placa de acero Accesorios- Junta de Expansión- Nueva Instalación. Accesorios – Instalación de Barandas Flexibles Accesorios – Pavimento de Asfalto y resistente al agua Pila-Envuelto de Concreto
4	No.12 Río Puerto Nuevo (Ruta 2)	*For Steel I-Beam* Losa – Adherencia de FRP Viga Principal – Preesfuerzo (Cable Externo) Accesorios- Junta de Expansión- Nueva Instalación. Accesorios – Instalación de Barandas Flexibles Accesorios – Pavimento de Asfalto y resistente al agua Sistema de Prevención para puente Derrumbado- Conexión de vigas-Tipo Cadena Fundación – Ensanchar la placa de fundación Sistema de Prevención para Puente Derrumbado – Ensanchar Base de Apoyo – Bastión y Pila *Para reforzamiento de viga de concreto tipo I* Losa – Adherencia de FRP Viga Principal – Adherencia de la placa de acero Accesorios- Junta de Expansión- Nueva Instalación. Accesorios – Instalación de Barandas Flexibles Accesorios – Pavimento de Asfalto y resistente al agua Sistema de Prevención para Puente Derrumbado – Conexión de las vigas-Bloques de concreto Fundación-Ensanchar Placa de fundación Sistema de Prevención para Puente Derrumbado – Ensanchar Base de Apoyo – Bastión y Pila

	Nombre Puente	Perfil de las Medidas de rehabilitación
5	No.16 Río Nuevo (Ruta 2)	Losa-Aumento del espesor de la losa Viga principal- Adherencia de la Placa de acero Accesorios- Junta de Expansión- Nueva Instalación. Accesorios – Pavimento de Asfalto y resistente al agua Sistema de Prevención para Puente Derrumbado – Conexión de las vigas-Bloques de concreto Pila- Envuelto de concreto Fundación-Ensanchar placa de fundación Fundación-Instalación de pilote adicional Sistema de Prevención para Puente Derrumbado – Ensanchar Base de Apoyo – Bastión y Pila
6	No.17 Río Chirripo (Ruta 4)	Accesorios- Junta de Expansión- Nueva Instalación. Accesorios – Pavimento de Asfalto y resistente al agua Pila- Protección contra piedras
7	No.19 Río Sarapiqui (Ruta 4)	Losa-Adherencia de FRP Viga principal- Reemplazo de la Placa de acero Accesorios- Junta de Expansión- Nueva Instalación. Accesorios – Pavimento de Asfalto y resistente al agua Sistema de Prevención para puente Derrumbado- Conexión de vigas-Tipo Cadena Fundación- ensanchar placa de fundación Sistema de Prevención para Puente Derrumbado – Ensanchar Base de Apoyo – Bastión y Pila
8	No.20 Río Sucio (Ruta 32)	Accesorios- Junta de Expansión- Nueva Instalación. Accesorios – Pavimento de Asfalto y resistente al agua Pila- Protección contra piedras
9	No.26 Río Chirripo (Ruta 32)	Losa-Adherencia de FRP Accesorios- Junta de Expansión- Nueva Instalación. Accesorios – Pavimento de Asfalto y resistente al agua Sistema de Prevención para puente Derrumbado- Conexión de vigas-Tipo Cadena Sistema de Prevención para Puente Derrumbado – Ensanchar Base de Apoyo – Bastión y Pila
10	No.29 Río Torres (Ruta 218)	*Para vigas de concreto preesforzadas tipo I L=30m* Losa-Adherencia de FRP Viga Principal - Adherencia de FRP Accesorios- Junta de Expansión- Nueva Instalación. Accesorios – Pavimento de Asfalto y resistente al agua Pila- Envuelto de concreto Fundación- ensanchar placa de fundación Sistema de Prevención para Puente Derrumbado – Ensanchar Base de Apoyo – Bastión y Pila *Para vigas de concreto preesforzadas tipo I L=17m* Losa-Adherencia de FRP Accesorios- Junta de Expansión- Nueva Instalación. Accesorios – Pavimento de Asfalto y resistente al agua Pila-Envuelto de Concreto Fundación – Ensanchar Placa de Fundación Sistema de Prevención para Puente Derrumbado – Ensanchar Base de Apoyo – Bastión y Pila

(2) Actividades de Construcción asociadas con el Plan de Rehabilitación de Puentes

Tabla 16.2.2. resumen de las actividades de construcción principales y/o los pasos a ser tomados durante/después del periodo de implementación. El resto de descripciones detalladas del horario de implementación se resumen en la sección de ingeniería de este reporte. La Tabla 16.2.3 resume los resultados de clasificación de las medidas de rehabilitación por el tipo de actividad de construcción, que causaría impactos negativos en el ambiente de los alrededores bajo escenarios no preferibles. (Derrames accidentales/filtración de materiales peligrosos). Por ejemplo, una medida de rehabilitación tal como engrosar la losa que usaría ciertas cantidades de concreto fresco. En el peor de los casos, algunas porciones de los materiales de construcción o algunos químicos pueden accidentalmente ser soltados o filtrados en el sistema tributario de los alrededores y puede causar la degradación de la calidad del agua. Los propietarios de los proyectos deberán ser cuidadosos siempre acerca del riesgo de este tipo de accidentes, por lo que como precaución se debe de establecer un

programa de contingencia apropiado anteriormente al trabajo de rehabilitación.

Se debe de notar que las cantidades precisas de materiales de construcción requeridos, esos planes de entrega/almacenaje y escalas temporales de cada actividad se deben de determinar con base en los planes de rehabilitación más detallados de cada puente, lo mismo que la implementación del horario. Si algunas porciones del plan de rehabilitación en curso son cambiadas, la información de ingeniería actualizada (por ej. Cambios el los planes de rehabilitación de los puentes) deberá ser respondido al trabajo de desarrollo de de los términos de referencia rápidamente, y de ser posible, se deberán de dar sugerencias o consejos relevantes al estudio de ingeniería para realizar planes de rehabilitación de puentes considerando el medio ambiente.

Tabla 16.2.2. Resumen de las Actividades Principales de Construcción

Pasos del Proyecto	Actividades Principales de Construcción
Antes de la Implementación	1. Levantar el campamento de construcción 2. Limpiar el sitio (por ejemplo: eliminar la vegetación de los alrededores) 3. Construir la vía de aproximación 4. Establecer el método de tratamiento de desechos de la construcción 5. Preparar el Plan de contingencia para accidentes.
Durante la Implementación	1. Trabajo en el terreno 2. Usar concreto fresco y/o químicos. 3. Tratamiento de los desechos de la construcción 4. Reparto de los materiales de construcción y/o los desechos. 5. Desvío de Tráfico 6. Monitoreo Periódico
Después de la Implementación	1. Despejar el campamento de construcción 2. Reforestar los sitios de construcción (de ser necesario) 3. Monitoreo Periódico

Tabla 16.2.3. Categorías de las Medidas de rehabilitación por Tipo de Actividad de Construcción

Actividades de Construcción	Medidas de Rehabilitación
Usa de Concreto Fresco	Losa – Remplazar la losa Losa – Incremento del espesor de la losa Pila – Ensanchar la fundación del puente Pila – Envuelto de concreto Bastión – Ensanchar los asientos del puente Fundación - Ensanchar la Fundación Fundación – Instalar Pila Adicional
Trabajos de Tierra	Bastión – Protección del Talud Fundación – Ensanchar fundaciones Fundación – Instalar Pila Adicional
Uso de químicos/adherentes/solventes	Losa- Adherencia tipo FRP Pintura del Puente (solamente para todos los Puentes de Acero)

5) Desarrollo de los Términos de Referencia para la Evaluación de Impacto Ambiental

(1) Introducción

En esta sección se presentan diferentes direcciones para el desarrollo de los Términos de Referencia de los estudios ambientales que se requieren para la solicitud de licencias. Para comenzar, el marco de trabajo del estudio ambiental que se requiere deberá ser discutido y determinado (por ejemplo, categorizar el proyecto). Dentro de este paso, se realiza la selección del Examen Ambiental Inicial/ o el estudio de la Evaluación del Impacto Ambiental,

con base en el significado del impacto negativo potencial causado por la implementación del proyecto de rehabilitación de puentes.

Después de que se delinea el marco de trabajo de los estudios ambientales relevantes, se debe de realizar la selección de sub tareas ambientales como el estudio de calidad del agua. A través de este proceso de selección, se evalúan las prioridades de las sub tareas ambientales relevantes, dependiendo del significado de los impactos negativos identificados en cada sitio, y luego los términos de referencia de sitios específicos del estudio ambiental que se requieren para la solicitud de licencias para poder formatear el plan de rehabilitación de cada puente. Por ejemplo, si el impacto ambiental potencial acerca del factor de herencia cultural en el puente en estudio se evalúa como "Categoría D" en sus resultados del Examen Ambiental Inicial, las prioridades de los estudios ambientales relevantes y los estudios de evaluación de impacto serían bajos. Por lo que, se puede decir que no es necesario incorporar estos dos estudios elaborados dentro de los Términos de Referencia de un estudio ambiental apropiado.

Por otro lado, si el impacto ambiental potencial con respecto a la flora/fauna en el otro puente en estudio se evalúa como "Categoría A" en sus resultados de Examen Ambiental Inicial, las prioridades de los estudios ambientales relevantes y los estudios de evaluación del impacto se darían muy altos. Consecuentemente, el estudio ambiental biológico relevante y el estudio de la evaluación del impacto se deberán incorporar dentro de los Términos de Referencia del estudio ambiental sugerido.

(2) Términos de Referencia Genéricos

En esta sección, las listas seleccionadas de las tareas ambientales a ser contenidas dentro de los Términos de Referencia genéricos del estudio de la Evaluación del Impacto Ambiental se resumen en las tablas de la 16.2.4 a la 16.2.8. Varios comentarios útiles obtenidos a través de las consultas con sectores ambientales de organizaciones ambientales tales como SETENA, MINAE, MOPT y otras agencias relevantes u organizaciones se incorporan dentro del contenido de los Términos de Referencia Genéricos.

La Tabla 16.2.4. resume los componentes claves de las sub tareas a ser realizados dentro de un estudio de Evaluación de Impacto Ambiental a gran escala. Algunos de estas sub tareas pueden ser simplificados o pasadas por alto dentro del nivel de estudio del Examen Ambiental Inicial. La Tabla 16.2.5 resume la lista de factores ambientales clave típicos para línea base de la actividad de recolección de información ambiental. El trabajo de recolección de información se realiza usualmente dentro de ambos el Examen Ambiental Inicial y los estudios a gran escala de la Evaluación de Impacto Ambiental. Alguna de esta información ambiental tal como la información meteorológica y/o hidrológica se monitorea periódicamente por organizaciones públicas. Por lo que puede ser de beneficio y económico el usar esas bases de datos para la recolección de información ambiental si hay sitios que causan preocupación cerca de estas áreas monitoreadas periódicamente.

Cuando los datos base tales como la calidad del agua de tributarios adyacentes se necesitan para una evaluación más adecuada de la condición ambiental actual, los programas de estudio de estudios de campo deben de ser incorporados dentro de los Términos de Referencia del estudio ambiental. Los programas de estudio apropiados (por ejemplo, estudios de campo de escala espacial y temporal de los estudios de campo lo mismo que los parámetros a ser

medidos) deben de ser entendidos adecuadamente, con base en el significado de los impactos negativos potenciales relevantes y su presupuesto disponible (nota: varios estudio de campo son muy costosos). Ejemplos de las descripciones de los estudios de campo seleccionados bio-físico, socio-cultural y ambiental se presentan en las Tablas 16.2.6 y 16.2.7, respectivamente. Las figuras 16.2.1 y la 16.2.2 muestran los ejemplos de los resultados del estudio de sonido en los alrededores de la vía y el conteo del volumen de tráfico relevante, respectivamente. El estudio de sonido fue realizado dentro del estudio ambiental del Proyecto de construcción de puentes fundado por JICA (JICA, 2006). La Figura 16.2.3 muestra la selección del diagrama de flujo de los estudios de campo ambientales relevantes.

Dentro de los reportes actuales de los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental a gran escala para los proyectos de desarrollo de la infraestructura relacionada a los transportes, se realizaron varios estudios de evaluación de impacto cuantitativo para una evaluación de impacto más elaborada. Por ejemplo, cuando el área de estudio se ubica dentro o cerca de áreas residenciales y la magnitud de la demanda de tráfico actual o predicha es muy grande, la calidad del aire en los alrededores de las vías y los estudios de predicción de sonidos/vibraciones se realizan para evaluar el potencial del impacto negativo bajo varios escenarios cuantitativamente y para seleccionar las medidas mitigativas apropiadas. Los estudios de evaluación de impactos seleccionados, tales como el estudio de predicción de la calidad del aire en los alrededores de las vías y los estudios de predicción de sonidos/vibraciones, conducidos dentro de los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental, se resumen en la Tabla 16.2.8. La Figura 16.2.4 muestra el ejemplo del estudio de predicción del impacto de sonidos en los alrededores de las vías. Este estudio de predicción de impacto de sonidos se realizó dentro del estudio ambiental del proyecto de construcción de transportes urbanos (carriles de buses) fundados por JICA (JICA, 2004).

El Estudio de emisión vehicular es útil para los proyectos de puentes nuevos o construcción de carreteras que pueden causar un cambio significante en las situaciones de transporte regional (por ejemplo, una gran reducción o aumento de la cantidad total de kilómetros-vehículo). La Figura 16.2.5 muestra la selección del diagrama de flujo de los estudios de evaluación de impacto ambiental.

(3) Categorización del Proyecto

La Figura 16.2.6. muestra el diagrama de flujo de la categorización del proyecto, el cual se específica en la ley costarricense de la Evaluación de Impacto Ambiental. Los Términos de Referencia Finales relevantes de la Evaluación de Impacto Ambiental o del Examen Ambiental Inicial que se requieren para la solicitud de la licencia ambiental se deberán desarrollar a través de una serie de consultas con el SETENA en una etapa temprana del ciclo del proyecto. Dentro de los pasos de categorización, todos los proyectos de desarrollo de infraestructura son clasificados en cuatro categorías, descritos al principio (refiérase a la sección de estudio del Examen Ambiental Inicial de el reporte principal para más información detallada). Usando este diagrama de flujo, sería más fácil obtener conocimiento preliminar de las categorías del plan de rehabilitación de cada puente, y por lo tanto ayudaría a desarrollar los términos de referencia del estudio ambiental que se requiere para el proceso de solicitud de la licencia ambiental.

La categorización del proyecto preliminar de los puentes seleccionados se realiza con base en

las características de ingeniería de los planes de rehabilitación de puentes y el significado de impactos ambientales potenciales asociados. La Tabla 16.2.9 resume los resultados de categorización preliminar del trabajo de rehabilitación de cada puente, dependiendo de ambas características de ingeniería del plan de rehabilitación propuesto para cada sitio (refiérase a las Tablas 16.2.1., 16.2.2 y 16.2.3.) y el significado de los impactos ambientales potenciales (refiérase a las Tablas 16.1.14 y 16.1.15). De este resultado, se puede decir que los planes de rehabilitación de todos los 10 puentes seleccionados se clasifican dentro de la "Categoría B1" por la Ley de la Evaluación del Impacto Ambiental mientras que la "Categoría B" pertenece a los lineamientos de JICA. Por lo que se puede decir que los estudios a nivel del Examen Ambiental Inicial son los adecuados para aplicar la licencia ambiental del plan de rehabilitación de puentes propuesto. Es de destacar que el resultado preliminar tentativo se obtiene a través de una serie de procesos de consulta con SETENA [Rojas, comunicado personal, 2006].

Actualmente, los gobiernos locales aplican la aprobación oficial de los planes del uso de suelos de cada región a SETENA. Si esos planes de uso de suelos son aprobados algunos de los resultados de categorización mencionados anteriormente pueden ser clasificados a la "Categoría B2" [Rojas, comunicado personal, 2006].

Estos pasos de categorización del proyecto, descritos aquí, son aplicables para otros planes de rehabilitación o construcción de diferentes puentes.

Tabla 16.2.4. Tareas Ambientales Principales requeridas para El Estudio Ambiental

	Tareas Ambientales
1	**Descripciones de la Condición Ambiental Actual**
	Recopilar información básica ambiental y describir las actuales condiciones de tipo 1) biofísico y 2) socio-cultural ambiental
2	**Estudio Ambiental de Campo**
	Realizar los siguientes estudios ambientales, 1) Calidad del Aire en los alrededores de la vía 2) Sonidos/Vibraciones en los alrededores de la vía 3) Estudio de Calidad del Agua 4) Estudio Biológico 5) Estudio Cultural Preliminar
3	**Evaluación del Impacto Ambiental**
	Evaluar los impactos ambientales potenciales de las tres etapas del proyecto tales como 1) fase de pre-rehabilitación 2) fase de rehabilitación y 3) se debe describir la fase operacional. Además, se deberá conducir los estudios de evaluación de impactos para denotar las ventajas/desventajas del proyecto propuesto cuantitativamente. 1) Estudio de Evaluación del Impacto Biológico. 2) Estudio de Emisión vehicular 3) Estudio de la Predicción de la Calidad del Aire 4) Estudio de la Predicción del Sonido 5) Estudio de la Predicción de Vibraciones 6) Estudio del drenaje de la superficie de la vía 7) Estudio del Impacto socio-económico.
4	**Mitigación Ambiental**
	Describir las medidas comprensivas efectivas de mitigación de impactos negativos para las fases de la pre-rehabilitación, rehabilitación y operación del proyecto.
5	**Administración Ambiental**

	Tareas Ambientales
	Establecer un plan de administración ambiental apropiado. Los objetivos específicos de este plan son 1) definir los acuerdos organizacionales y administrativos para el monitoreo ambiental que incluye la definición de las responsabilidades del equipo de trabajo, la coordinación, el enlace y los procedimientos de reporte, y 2) discutir procedimientos para la administración ambiental pro-activa para que los problemas potenciales puedan a ser identificados y las medidas de mitigación a ser adoptadas antes del comienzo de la construcción.
6	**Monitoreo Ambiental**
	Establecer un programa de monitoreo ambiental apropiado. El alcance del plan de monitoreo es 1) identificar las tareas de monitoreo 2) identificar la naturaleza y el horario del monitoreo, y 3) identificar los ejemplos que deben ser obtenidos para el análisis y los parámetros a ser medidos.

Tabla 16.2.5. Descripciones de la Condición Ambiental Actual

1. Condición Bio-física
(1) Hidrologia regional, (2) Calidad del Agua de la superficie /subsuperficie, (3) Calidad del Aire (4) Drenaje regional, (5) Sonidos/vibración/calidad del agua en los alrededores de la vía, (6) Clima, (7) Geología, (8) Registro de Desastres, (9) Suelos, (10) Ambiente Biológico
2. Condiciones Socio-Culturales
(1) Recursos culturales, (2) recursos visuales, (3) Reubicación, (4) Ocupantes ilegales (5) Uso de la Tierra, (6) uso del agua, (7) Escuelas, hospitales, parques, librerías, instalaciones religiosas (8) Sitio de eliminación de desechos, (9) Registro de vehículos, (10) Inspección vehicular/Programa de mantenimiento, (11) Programa de Combustible Limpio, (12) Sistema de Drenaje

Tabla 16.2.6. Estudio de Campo Ambiental (Bio-Físico)

1. Calidad del Aire en los alrededores de la vía
Realizar un estudio de 24 horas continuas en diferentes puntos en los alrededores del sitio de estudio. Parámetros: PM10, PM2.5, CO, HC, NO2, SO2, y datos del viento.
2. Sonido en los alrededores de la vía
Realizar un estudio de 24 horas continuas en diferentes puntos en los alrededores del sitio de estudio. (parámetro: Leq)
3. Vibraciones en los alrededores de la vía
Realizar un estudio de 24 horas continuas en diferentes puntos en los alrededores del sitio de estudio. (parameter: L_{10})
4. Estudio de Calidad del Agua
Realizar un estudio de la calidad del agua en la superficie/subsuperficie en diferentes puntos en los alrededores del sitio de estudio. Parámetros: 1) pH, 2) turbulencia, 3) DO, 4) BOD, 5) COD, 6) Temperatura, 7) SS
5. Estudio Biológico
Realizar la descripción científica de la flora y la fauna lo mismos que otros recursos naturales y habitats. Prepara un mapa de vegetación y los métodos de identificación de impactos para proveer una base sistemática para delinear cuantitativamente los impactos que pueden ser causados por el proyecto propuesto

Tabla 16.2.7. Estudio de Campo Ambiental (Socio-Cultural)

1. Estudio Cultural Preliminar
Realizar estudios culturales ambientales para describir los recursos culturales existentes actuales, que incluyen los sitios arquitectónicos, históricos y arqueológicos al mismo tiempo que las áreas de importancia dado su situación ecológica, científica o geológico alrededor de las áreas de estudio y el identificar cuantitativamente los impactos potenciales del proyecto propuesto en esos recursos culturales.

Tabla 16.2.8. Estudio de Evaluación de Impactos

1. Estudio de Evaluación de impacto Biológico (por ejemplo los métodos basados en el habitat o las propuestas modelo)
Discutir la relación entre el uso de la tierra y el cambio del habitat bajo diferentes escenarios del proyecto. Los impactos deben de ser cuantificados donde sea posible, proveyendo descripciones cualitativas para esos impactos que no pueden ser cuantificados.
2. Estudio de Emisión Vehicular
Evaluar la cantidad de emisión vehicular que sería generado por el tráfico futuro regional y las condiciones de transporte alrededor del área de estudio, y realizar un estudio comparativo bajo los siguientes dos escenarios, por ejemplo: **con** o **sin** el proyecto propuesto.
3. Estudio de Predicción de Calidad del Aire
Evaluar la calidad del aire en los alrededores de la vía de ser generados por el tráfico futuro y las condiciones de transporte alrededor del área de estudio y encontrar las medidas de mitigación de impactos apropiados dentro del proyecto.
4. Estudio de Predicción de Sonidos
Evaluar el nivel de predicción del sonido generado por el tráfico futuro y las condiciones de transporte alrededor del sitio de estudio y encontrar las medidas de mitigación de impactos apropiados dentro del proyecto. Básicamente, el estudio de predicción del impacto del sonido se realiza en condiciones de transporte diurno y nocturno, respectivamente.
5. Estudio de Predicción de Vibraciones
Evaluar el nivel de vibración generado por el tráfico futuro y las condiciones de transporte alrededor del sitio de estudio y encontrar las medidas de mitigación de impactos apropiados dentro del proyecto. Básicamente, el estudio de predicción del impacto de la vibración se realiza en condiciones de transporte diurno y nocturno, respectivamente.
6. Estudio del drenaje de la superficie de la vía.
Evaluar cuantitativamente los impactos del proyecto propuesto (o actividad) en el sistema de drenaje regional, usando modelos de simulación por computador.
7. Estudio de Impacto Socio-Económico y Socio-Cultural
Evaluar los impactos del proyecto (actividad) propuesto en varios factores socio-económicos y socio-culturales tales como (1) economía regional, (2) uso de la tierra y uso de recursos locales, (3) género, (4) derecho de los niños (por ejemplo, trabajo infantil), y (5) reubicación.

Tabla 16.2.9. Categorización del proyecto (tentativo)

Categorización de JICA	Categorización en Costa Rica: A	B1	B2	C
A	****	****	****	****
B	****	No.2 Aranjuez No.3 Abangares No.7 Azufrado No.12 Puero Nuevo No.16 Nuevo No.17 Chirripo No.19 Sarapiqui No.20 Sucio No.26 Chirripo-R32 No.29 Torres	****	****
C	****	****	****	****

Nota: La clase de la categorización indicada en la fila y la columna corresponde a las del Lineamiento de JICA (por ejemplo, categorías A, B, C) y la Ley de la Evaluación del Impacto Ambiental (por ejemplo: las categorías A, B1, B2 y C) respectivamente.

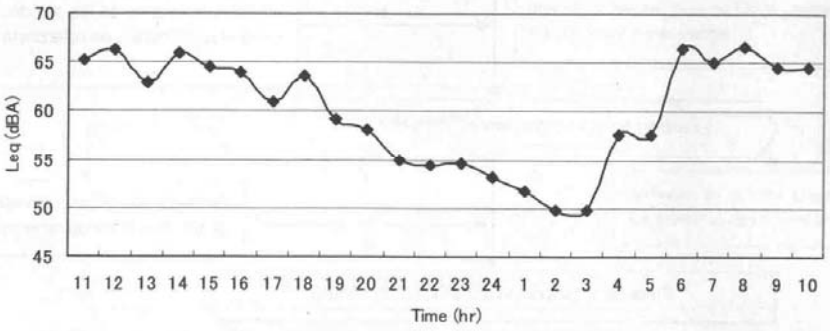
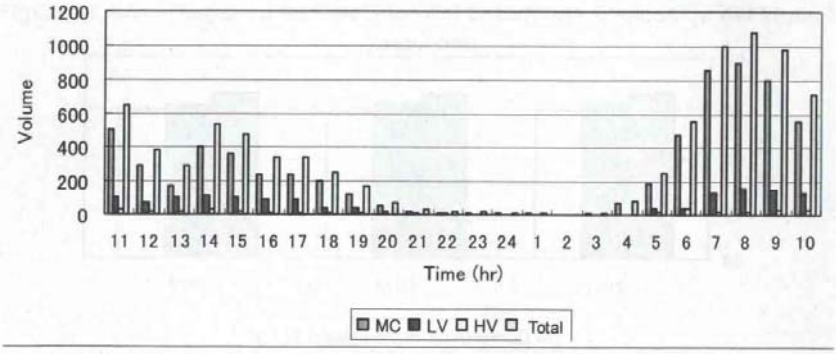


Figura 16.2.1. Resultados de la Medición del Sonido (Este de Neak Loeung, Junio/03/05)



Note that MC, LV and HV indicate "Motor Cycle", "Light Vehicle" and "Heavy Vehicle", respectively.

Figura 16.2.2. Conteo de Volumen de Tráfico (Este de Neak Loeung, Junio/03/05)

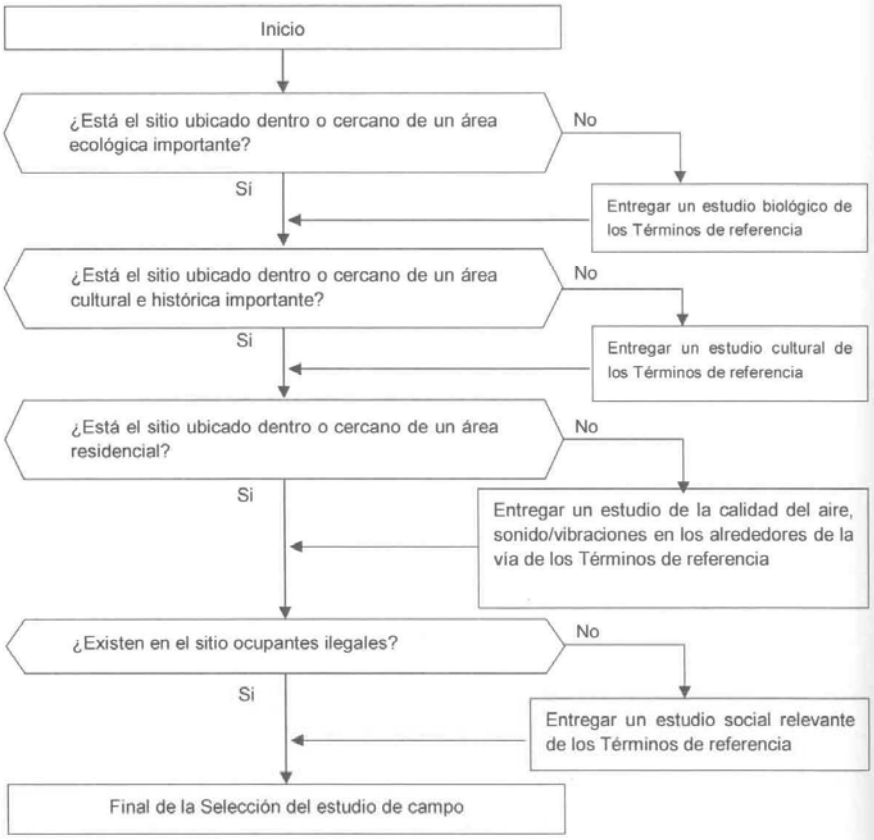
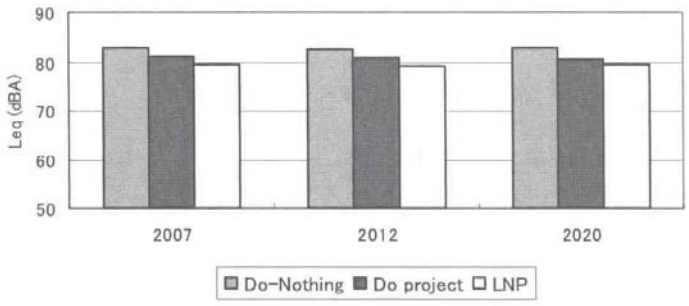


Figura 16.2.3. Diagrama de Flujo de la Selección del Estudio de Campo Ambiental



Nota: El valor Leq se presenta bajo diferentes escenarios. "LNP" indica un caso pavimento con poco sonido

Figura 16.2.4. Resultado del Estudio de Predicción de Sonido

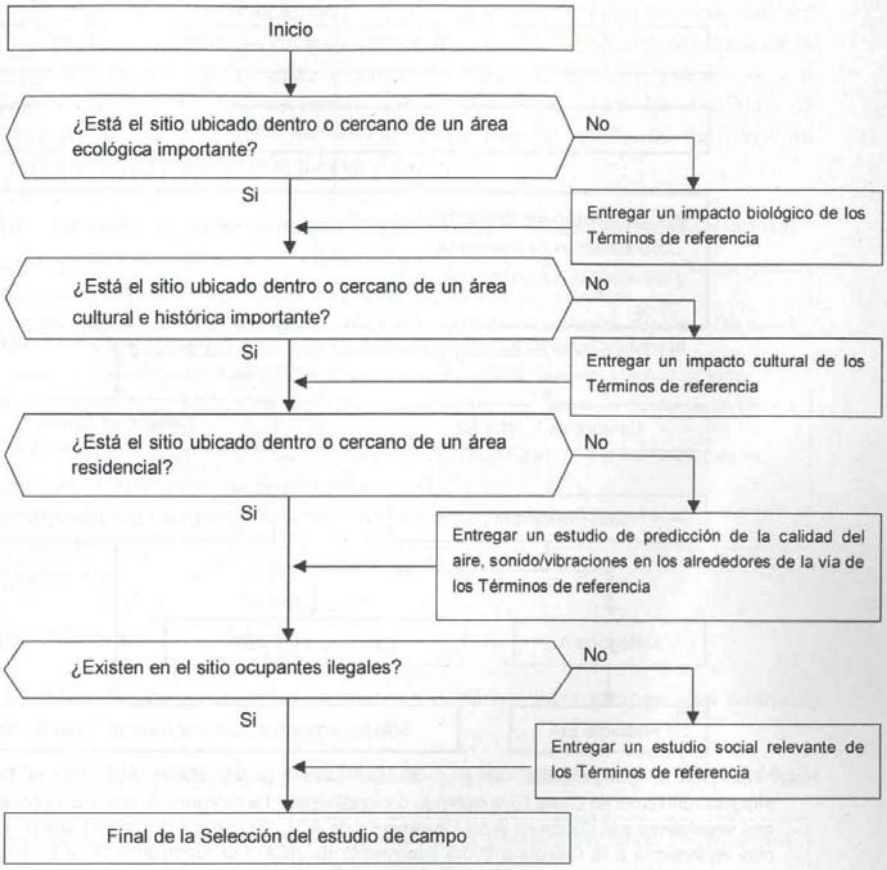
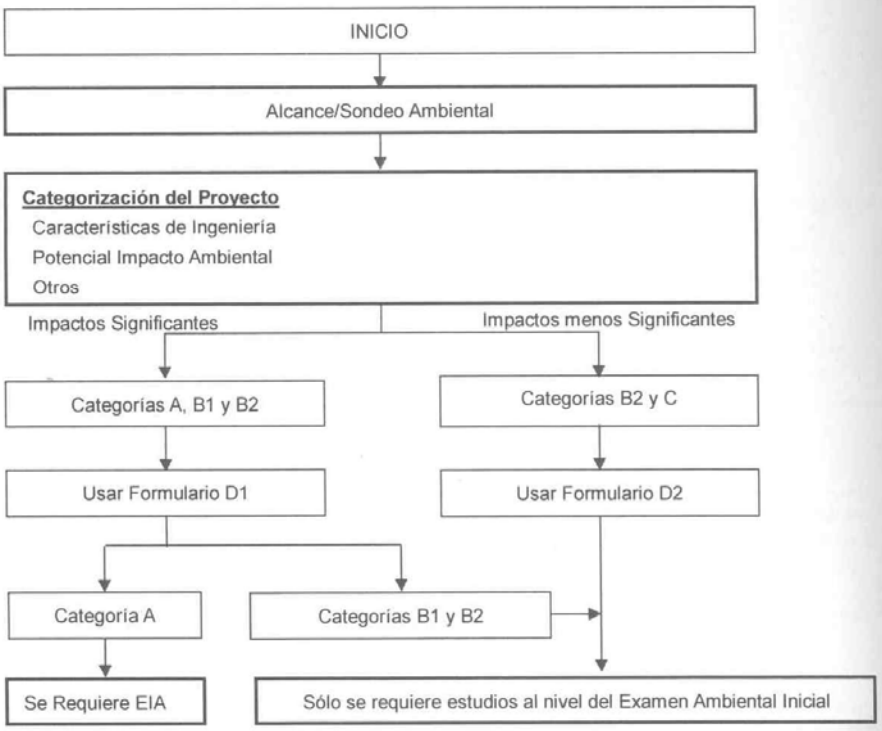


Figura 16.2.5. Diagrama de Selección del Estudio de Evaluación del Impacto Ambiental



Nota: Este plan de categorización del proyecto esta basado principalmente en la Ley de la Evaluación de Impacto Ambiental de Costa Rica (referido como CR -EIA). La categoría A, clasificada dentro de CR-EIA es casi equivalente a la Categoría A del Lineamiento de JICA. De manera similar, la Categoría C de CR-EIA es casi equivalente a la Categoría C del lineamiento de JICA. Los formularios D1 y D2 son formularios de licencias ambientales oficiales. Especificadas en la Ley CR-EIA.

Figure 16.2.6. Diagrama del Flujo del Proceso de Alcance y Sondeo Ambiental

16.2.2 Medidas de Mitigación Seleccionadas

1) Introducción

En esta sección se resumen de manera separada las medidas o direcciones de mitigación con respecto a la protección de la calidad del aire, a los recursos del agua, erosión del suelo, sonidos y ambiente biológico, que serían factores ambientales cruciales dentro del estudio ambiental del plan de rehabilitación de puentes propuesto. Estas medidas de mitigación que se resumen en esta sección, son usadas comúnmente en proyectos de desarrollo de puentes y carreteras similares y son aplicables para los planes futuros de rehabilitación de puentes.

2) Calidad del Aire

Los impactos de contaminación relacionadas a las emisiones vehiculares pueden ser prevenidas y/o reducidas al cambiar las rutas de tráfico lejos de áreas pobladas y al reducir la congestión de tráfico. Como regla general, al evitar los sitios de población densa se dan menos impactos potenciales y una necesidad menos priorizada para las medidas de administración de tráfico. La Tabla 16.2.10 resume varias mejoras de diseño del proyecto específico para limitar la contaminación vehicular del aire.

Tabla 16.2.10. Medidas de Mitigación de Proyectos Específicos para la Calidad del Aire

- Seleccionar alineamientos de vias para evitar pasar cerca de casas, escuelas y centros de trabajo.
- Proveer de capacidad suficiente para evitar la congestión vial, incluso proyectando incrementos de tráfico. Se deben proveer una administración de tráfico para la operación de vehículos en horas pico en áreas pobladas.
- Evitar el asentamiento en intersecciones congestionadas, túneles y entradas a casas, escuelas y centros de trabajo.
- Tomar en cuenta la dirección del viento en el diseño de vías y sus caracteristicas, incluyendo estaciones de servicio cerca de centros de población.
- Evitar, lo mas posible, pendientes y curvas pronunciadas que promuevan la desaceleración, aceleración y el cambio.
- Sellar vías de lastre, que atraviesen áreas pobladas para controlar el polvo.
- Plantar vegetación alta y densa entre las vías y los asentamientos de personas para filtrar la contaminación.

Fuente: Banco Mundial, 1997

3) Recurso Hídricos

La Tabla 16.2.11. resume varias medidas mitigativas comunes para proteger los recursos hídricos

Tabla 16.2.11. Medidas Mitigativas relacionadas a la protección de los Recursos Hídricos

- **Control de Velocidad de Flujo:** Medidas de reducción de velocidad (ej. Grama) puede reducir sustancialmente impactos potenciales.
- **Bancos de Asentamientos:** son utilizados algunas veces para remover contaminantes, desechos del agua que corre por la vía antes de que estas descarguen en los afluentes. Debería ser el más apropiado para cuando el ambiente aguas abajo es sensitivo o cuando los niveles de contaminación y desechos son particularmente altos. Se requerirá mantenimiento constante.
- **Pavimentación:** Para caminos de piedra, en donde la erosión y la sedimentación es potencial en donde se puede pavimentar para reducir la producción de sedimentos. Éste es especialmente importante cerca de cruces de agua.
- **Infiltración por Zanjas:** Puede ser utilizado para reducir el reblase de agua por movimientos de agua a través del perfil del terreno. El volumen de flujo drenado aguas abajo se reduce, se localiza el flujo por contaminación y se puede recargar el agua del terreno.
- **Oxidating Macrophytes:** Oxidating macrophytes, such as cattails in temperate climates, can be used to remove some pollutants naturally from settling basins.
- **Recolección, Control y Tratamiento de Agua:** es una opción relativamente cara para la contaminación que corre por los pavimentos y los taludes, pero tal vez puede ser utilizado en áreas sensitivas.

Fuente: Banco Mundial, 1997

4) Erosión de Suelos

Existe una amplia variedad de técnicas diseñadas para reducir el riesgo de causar daños en los suelos y de colocar el proyecto en el ambiente que lo rodea con los mínimos efectos adversos. Las técnicas simples tales como el reforestar puede ser efectivos en muchas situaciones, mientras que las técnicas más sofisticadas, tales como los muros de retención para la erosión e suelos.

Tabla 16.2.12. Medidas Mitigativas relacionado a la Protección del Suelo

- **Reforestación:** la acción más efectiva para reducir problemas de erosión y estabilidad es el reforestar las áreas libres y pendientes. Es entendible que entre más temprano es más posible el proceso de rehabilitación, ya que después de que la erosión está más avanzada, debe ser realizada de manera inmediata antes de que se ocasiones disturbios. La vegetación debe ser seleccionada para cumplir con una determinada función estructural. En algunos casos, estructuras de corta vida, como cercas cáñamo son instaladas lo cual con el tiempo pueden servir estructuralmente.
- **Medidas de Ingeniería:** En cualquier caso, la vegetación aislada no va ser suficiente para prevenir el daño de erosión en taludes, y varias medidas de ingeniería son requeridas para complementar o remplazar. El uso de técnicas de retención de taludes pueden ser necesarias cuando:
  1) Los taludes son inestables por su altura y por su pendiente.
  2) Condiciones climáticas hacen que el establecimiento de vegetación sea lento o imposible.
  3) Existe el riesgo de erosión de interna o de rupturas localizadas causado por dificultades de drenaje.
  4) Es necesario reducir el aumento de trabajo de la tierra porque el ancho de la vía es limitado.
- **Mejoras de Drenajes:** El factor mayor en la prevención de la erosión del suelo y los cursos de agua es el control del volumen, localización y velocidad del flujo de agua en los terrenos expuestos y taludes. Algunas medidas de drenaje importantes incluyen:
  1) Drenajes de corte para atrapar el agua antes de que llegue a zonas críticas, y divergiendo drenajes, lo cual evitará la acumulación de flujos.
  2) Estructuras de Concreto para disipación diseñadas como drenajes para flujos lentos y rápidos de agua de lluvia reduciendo la erosión potencial aguas abajo.
  3) Materiales naturales para la disipación de energía en drenajes, incluyendo combinaciones diversas de varas, pacas de heno, rocas, y siembras. La mayor parte de estos precisa mantenimiento constante.
  4) Bancos de asentamiento, en donde se depositan contaminantes y basura de la carretera dejando el paso libre del flujo de agua corriente abajo.

Fuente: Banco Mundial, 1997

5) Sonido

Los problemas de sonido pueden ser evitados al hacer mejoras en la estructura de la carretera, al mover el alineamiento de la carretera o al divergir el tráfico lejos de las áreas sensibles al sonido, al hacer circunvalaciones. Para prevenir problemas de sonido, se puede también escoger alineamientos que minimicen las grandes pendientes y las radios de curvatura pequeños, especialmente en ubicaciones sensibles.

Tabla 16.2.13. Medidas de Mitigación de Sonidos

- **Medidas Vehiculares:** La mayoría del ruido de los vehículos puede ser reducido, por ejemplo, en la construcción del vehículo, la selección de llantas y sistemas de combustión, así como el mantenimiento de los vehículos. El control de la emisión de sonidos puede llevarse por medio de reglas de sonido y el uso y refuerzo de reglamentaciones.
- **Diseño y Mantenimiento de la superficie de ruedo:** La aplicación de capas de superficie bituminosa sobre vías de concreto es efectivo para reducir el ruido por fricción en áreas sensitivas. Generalmente, la suavidad, el buen mantenimiento de las superficies como el colocado de asfalto fresco mantendrá el ruido al mínimo.
- **Geometría de Vías:** El diseño de vías debe evitar pendientes pronunciadas y evitar curvas para reducir el ruido producido por la desaceleración, frenado, cambio de transmisión y compresiones de camiones en zonas críticas.
- **Barreras de Sonido:** Las barreras de sonido están dentro de las medidas mitigativas más comúnmente usadas. Son las más efectivas si logran romper la línea entre la fuente del sonido y los receptores que están siendo protegidos, y si tienen un grosor suficiente para absorber o reflejar el sonido recibido.
- **Aislamiento:** Una opción para reducir el sonido dentro de los edificios puede ser construir aislamientos de fachada tales como ventanas con doble vidrio y radios de curvatura pequeños. Se necesita en casos donde el impacto de sonidos resulta de una expansión no prevista del volumen de tráfico en las vías existentes.

Fuente: Banco Mundial, 1997

6) Ambiente Biológico

Los ambientes naturales sensibles se deben de identificar con anterioridad en el proceso de planeamiento al planificar nuevas vías o cambios en el ancho o alineamiento de las vías, para que las rutas alternas y los diseños no perjudiciales al ambiente deberán de ser tomadas en consideración. Cuando sea posible, el desarrollo de la vía deberá ser ubicado a una distancia de más de un kilómetro de las áreas sensibles para evitar el impacto severo en la flora y la fauna. Se deberá de minimizar los cruces sobre cuerpos de agua y las zonas de vegetación que sirven de barrera deberán de permanecer entre los caminos y los cuerpos de agua. Se deberá evitar dañar das áreas de recolección de agua y no se deberá de construir en parques nacionales u otras áreas protegidas. La Tabla 16.2.14. resume las medidas mitigativas comunes para la protección del ambiente biológico.

Tabla 16.2.14. Medidas de Mitigación para la Protección de Flora/Fauna.

- **Prediseñando Propósito de la sección transversal de la vía:** La sección de la carretera puede ser modificada para reducir el impacto ambiental, por ejemplo, usando anchos más estrechos, alineaciones verticales inferiores, cortes y rellenos pequeños, pendientes laterales más planas, y remover menos vegetación. El derecho de vía más estrecho y pendientes verticales pueden hacer que los animales crucen más fácilmente y esto no se presente como una barrera psicológica. También se puede utilizar una señalización más larga para reducir las colisiones con animales al permitir mayor tiempo de reacción.
- **La siembra:** La siembra en el derecho de paso de la carretera y las áreas adyacentes puede ayudar a soportar fauna y flora local. En algunos casos, la siembra puede proveer hábitats adicionales y rutas de migración para animales locales, colocando también guarniciones contra la erosión. Las especies de plantas fronterizas pueden ser seleccionadas para proveer protección contra el viento y contra el fuego. La siembra deberá hacerse donde sea posible y donde existan especies nativas, propensas al poco mantenimiento y que pueden resultar ser beneficiosas en el mantenimiento de la integridad del ecosistema. En los casos en dónde las especies poco nativas son estimadas esenciales, se planeara un meticuloso control que asegure que no se compita con especies nativas.
- **El Cruce de Animales**: El cruce de animales puede usarse para ayudar a la migración. En puntos importantes del cruce, los túneles o puentes para animales son utilizados para reducir tasas de colisión, especialmente para especies protegidas. Los túneles algunas veces están combinados con alcantarillas u otras estructuras hidráulicas. Estas medidas son caras y usadas sólo en unas pocas posiciones donde sean justificadas (por la importancia de la población animal y la ruta del cruce) y económicas (relativo al costo de proyecto y fondos disponibles). Dentro de áreas boscosas, especialmente las tropicales, reduciendo el ancho de retiro de la vegetación en áreas seleccionadas se puede dar que árboles estén sobre la autopista, con el fin de proveer paso a los habitantes de las copas de los árboles.
- **El cercado:** La barrera de cercado puede reducir el riesgo de colisiones entre animales y vehículos. En algunos casos, el cercado semipermeable es usado, lo cual excluye especies que son más probables para estar involucrados en colisiones de las que son menos problemáticas. Las cercas pueden interferir con los patrones migratorios de animales, o simplemente pueden desviar las proposiciones del patrón conflicto migratorio con los patrones de tráfico a lo largo de la Ruta. Al utilizar cercas, en algunos casos, interfiere en relaciones presa-depredador, dando a depredadores permiso de ganar ventaja significativa porque la escapada de las presas Rutas está restringida.
- **Cruces Hídricos:** El ecosistema acuático es particularmente sensitivo al desarrollo de la carretera, y hay un número de vías de entrada en que los impactos pueden ser reducidos. El agua estancada puede ser un cruce lleno. El recanalizar corrientes deberá ser evitado lo más posible, pero donde debe estar hecho, los esfuerzos estarán hechos para recrear la diversidad perdida del canal. La atención meticulosa estará pagada para las técnicas de control de erosión cerca de corrientes de agua. Se deberá diseñar alcantarillas en los cruces tomando en consideración las necesidades de especies acuáticas migratorias.
- **Medidas de Regulación del Tráfico**: La reducción del límite de velocidad puede bajar la tasa de colisiones entre vehículos y animales. Algunas jurisdicciones aplican límites de velocidad inferiores, particularmente en la noche y adentro áreas frecuentes de cruces animales. Para ayudar a reducir las colisiones en lugares donde hay cruces de corredores animales se deberán colocar la señalización necesaria. Los reflectores al lado de la carretera pueden usarse para ahuyentar animales a de la autopista cuando los vehículos se acercan en la noche.

Fuente: Banco Mundial, 1997

16.2.3 Plan de Administración Ambiental (PAA)

El propósito principal del PAA es asegurar que las diferentes medidas de protección ambiental seleccionadas a través de la fase de planificación del proyecto sean implementadas apropiadamente durante la rehabilitación o la construcción, para que la degradación ambiental y la contaminación que se genera por las actividades de la rehabilitación pueda ser minimizada.

En general cualquier programa de administración ambiental deberá ser realizado como una parte integrada de la planificación y ejecución del proyecto, realizando una contribución significante y continua al desarrollo general del proyecto. No se deberá ver meramente como una actividad limitada a las actividades de monitoreo y regulación usando una lista predeterminada de verificación de acciones requeridas. Mas bien deberá de interactuar dinámicamente a como avanza el proyecto de implementación, lidiando flexiblemente con el impacto ambiental – supuesto y no supuesto- a como surjan. Por esta razón, el plan provee auditorias periódicas que evaluarían el cumplimiento de la prácticas administrativas ambientales en sitio con los requerimientos del plan de administración ambiental y a su vez reenfoca el plan en sí mismo según la experiencia y los temas que se desarrollen. Los objetivos específicos de este plan son:

1. Definir los planes organizacionales y administrativos para el monitoreo ambiental, incluyendo la definición de responsabilidades de los miembros del equipo, la coordinación, el enlace y procedimientos de reporte.

2. Discutir procedimientos para la administración ambiental pro-activa, para que los problemas potenciales puedan ser identificados y las medidas de mitigación puedan ser adoptadas previamente al comienzo de la construcción.

16.2.4 Monitoreo Ambiental

Los objetivos principales del monitoreo ambiental es el proveer una respuesta continua en la implementación del proyecto para identificar problemas actuales o potenciales en una etapa tempana, para aplicar los ajustes a tiempo a todo el trabajo de administración del proyecto y deberá desarrollar un efecto que sea costo efectivo para monitorear el rendimiento ambiental del contratista. El monitoreo es una evaluación continua de la implementación del proyecto y deberá ser una parte integrada de la buena administración durante la rehabilitación.

El objetivo del sistema de monitoreo es el asistir la administración del proyecto a través de:

1. Definir requerimientos y procedimientos para el monitoreo ambiental (tipo de equipo a ser usado, monitoreo del horario, parámetros a ser monitoreadas, etc.)
2. Identificar los objetivos para implementar el proyecto.
3. Mantener registros ambientales para la evaluación del proyecto.
4. Identificar los problemas del proyecto, y encontrar procedimientos en caso de que ocurra algún tipo de contaminación o incidentes similares.
5. Proveer resultados disponibles del análisis ambiental para la toma de decisiones.

El alcance del plan de monitoreo es:

1. Identificar las tareas de monitoreo durante la fase de la construcción.
2. Identificar la naturaleza y el horario del monitoreo.
3. Identificar las muestras tomadas para el análisis y los parámetros a ser medidos.

Se recomienda que los resultados del monitoreo sean de dominio público periódicamente o presentados en reuniones relacionadas a la participación pública para compartir conocimientos comunes del proyecto de rehabilitación y realzar el conocimiento de los proyectos entre varios responsables.

16.3 Reunion de Involucrados

16.3.1 Introducción

1) Entorno

Dentro de este estudio de rehabilitación de puentes, tres reuniones de los involucrados fueron mantenidas (vea 16.3.1 Tabla), basado en Lineamientos JICA). Los objetivos principales de estas reuniones de involucrados son realzar la participación pública de los diversos involucrados con fondos diferentes, establecer divulgación integral de información, compartir el conocimiento y entendiendo acerca del proyecto entre involucrados, y para hacer el establecimiento de consenso. El resumen de cada reunión de involucrados está descrito en la siguiente sección, separadamente.

Tabla 16.3.1. Horario de Reuniones de Involucrados

	Fecha	Lugar	Tópicos principales
1	Feb/21/06 (Martes) 9:00 am - 0:00 pm	MOPT	- Entorno del Proyecto - Consideraciones Socio-Ambientales - Costa Rica EIA & JICA EIA Leyes y Guías
2	Jun/08/06 (Jueves) 9:00 am - 0:00 pm	CIC	- Resultados (Mayores Hallazgos)de EAI - Varios
3	Oct/11/06 (Miércoles) 1:30 pm – 3:00 pm	CIC	- Progreso en la Rehabilitación de Puentes /Plan de mejora - Revisión P/R de sesiones previas de reuniones de involucrados - Explicación de la Actualización de la Pagina de Inicio del Proyecto (guia JICA basada en las reuniones de involucrados) - Problemas ambientales principales asociados a cada plan de rehabilitación de puentes - Direcciones Clave y Conceptos de Desarrollo de Términos de Referencia - Resultados de Categorización de Proyecto Preliminar - Varios

MOPT: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Asociación de Ingenieros Civiles CIC del CFIA (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica)

2) Revelación de Información

La importancia de divulgación de información del proyecto esta expresado dentro de los lineamientos de JICA. Dentro de este estudio, las siguiente información esta colocadaza en la pagina de Internet del MOPT y puede ser descargada para cualquier grupo y/o persona que este interesado en esta propuesta de estudio de la pagina web (vea 16.3.2 Tabla.).

Tabla 16.3.2. Página para Reuniones de Involucrados

	Descripción
Dirección de Pagina	www.mopt.go.cr/jica-mopt/index.html
Lista de Información	1. Publicación de cada Reunión de Involucrados 2. Programa de cada reunión de involucrados (Inglés y Español) 3. Materiales de presentaciones usadas en cada reunión de involucrados 4. Contenidos de las secciones de P/R (Inglés y Español) 5. Lista de Asistentes 6. Fotos

16.3.2 Resumen de las Reuniones de Involucradas

1) 1ra Reunión de Involucrados

(1) Entorno de la 1ra Reunión de Involucrados

La 1ra Reunión de Involucrados fue desarrollada el 21 de Febrero del 2006, en la sala de conferencias del MOPT, San José. La Tabla 16.3.3 resume el entorno de la 1ra Reunión de Involucrados. El registro de asistentes inicio a las 8:30 a.m. del 21 de Febrero y todo el proceso de esta reunión fue grabado en video.

Originalmente, se seleccionaron 74 involucrados de varias organizaciones/agencias/ escuelas/ ONG's/ grupos/ comunidades y otros, y después, se enviaron cartas de invitación a los involucrados seleccionados. La lista de los involucrados seleccionados se muestra en la Pagina. La lista se torno a 49 personas que atendieron a la 1ra Reunión de Involucrados del 21 de Febrero del 2006.

Tabla 16.3.3. Entorno de la 1ra Reunión de Involucrados

(1) Registro
(2) Comentarios de Apertura
(3) Explicación del entorno del proyecto
(4) Explicación de los Lineamientos JICA para las Consideraciones Socio-Ambientales
(5) Receso
(6) Sesión de P/R
(7) Comentarios de Cierre

2) Resumen de Reunión

Los materiales presentados en la reunión de involucrados se muestran en la Página de Inicio. Hay 16 preguntas acerca del proyecto propuesto y la descripción de esas P/R esta detallado en la Pagina (ver Tabla 16.3.4).

Tabla 16.3.4. Categorización de Preguntas

Tópicos	Número de Preguntas
Generales	7
Aspectos Ambientales y Sociales	7
Financieros	2
Total	16

2) 2da Reunión de Involucrados

(1) Entorno de la 2da Reunión de Involucrados

La 2da Reunión de Involucrados se llevo a cabo el 8 de Junio del 2006, en la sala de conferencias CIC (Asociación de Ingenieros Civiles) del CFIA (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos), San José. Esta reunión de involucrados fue co-organizada con el seminario de desarrollo de capacidad en el mismo lugar y el mismo día, 33 personas participaron de esta reunión/seminario. La Tabla 16.3.5 resume el entorno de esta 2da

reunión; co-organizada con el Seminario de Desarrollo de Capacidad

Tabla 16.3.5. Entorno de la Combinada 2da Reunión de Involucrados

(1) Registrar	(5) Receso
(2) Comentarios de Apertura	(6) Desarrollo de Capacidad (2da Parte)
(3) 2da Reunión de Involucrados Resultados y/o búsqueda de IEE	(7) Sesión de P/R
(4) Seminario de Desarrollo de Capacidad (1ra Parte)	(8) Comentarios de Cierre

(2) Resumen de Reunión

Los materiales presentados en esta reunión se muestran en la Página. No se realizaron preguntas por los participantes pero mas tarde, se recibió una carta con un comentario para esta reunión de involucrados. Ese comentario estaba basado en el envío de frutas y vegetales, de los productos de la zona sur de Costa Rica

3) 3ra Reunión de Involucrados

(1) Entorno de la 3ra Reunión de Involucrados

La 3ra Reunión de Involucrados se llevo a cabo el 11 de Octubre del 2006, en la sala de conferencias CIC (Asociación de Ingenieros Civiles) del CFIA (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos), San José. Esta reunión de involucrados fue co-organizada con el seminario de desarrollo de capacidad en el mismo lugar y el mismo día. 24 personas participaron de esta reunión/seminario. La Tabla 16.3.6 resume el entorno de esta 2da reunión; co-organizada con el Seminario de Desarrollo de Capacidad

Tabla 16.3.6. Entorno de la 3ra Reunión de Involucrados

(1) Registro
(2) Comentarios de Apertura
(3) 3ra Reunión de Involucrados
- Progreso en la Rehabilitación de Puentes /Plan de mejora
- Revisión P/R de sesiones previas de reuniones de involucrados
- Explicación de la Actualización de la Pagina de Inicio del Proyecto (guía JICA basada en las reuniones de involucrados)
- Problemas ambientales principales asociados a cada plan de rehabilitación de puentes
- Direcciones Clave y Conceptos de Desarrollo de Términos de Referencia
- Resultados de Categorización de Proyecto Preliminar

(4) Receso
(5) Desarrollo de capacidad (parte 2)
(6) Sesión de P/R
(7) Comentarios de Cierre

(2) Resumen de Reunión

Los materiales presentados en la reunión de involucrados se muestran en la Página de Inicio. Hay 2 preguntas concentradas hacia la reestructuración actual del marco de trabajo administrativo del MOPT, el Gobierno de Costa Rica.

CAPÍTULO 17 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

17.1 Conclusiones

17.1.1 Recapitulación del Estudio

1) Logros

Las diferencias de capacidad y los problemas principales en el mantenimiento de puentes son evaluadas minuciosamente y proyectadas durante el período de estudio, se ha formulado concretamente y lanzado un programa sintético para la mejora del mantenimiento de puentes bajo el concepto de Programa de Administración de Proyectos.

El programa de administración de estructuras puentes está a cargo del Grupo Consultivo de Mantenimiento de Puentes (GCMP), como fue descrito en detalle en el Capítulo 6, y se espera que tenga una eficacia total a nivel individual, lo mismo que a nivel social/institucional. Simultáneamente, las diversas actividades de entrenamiento han sido experimentadas como contribuciones de criterio a través del programa de Entrenamiento técnico mencionado en el Capítulo 7.

En menciones particulares de estas contribuciones de criterio, el cumplimiento de las pruebas de carga en 2 puentes, al mismo tiempo que el diseño detallado provisto para los trabajos de rehabilitación, reforzamiento y mejora de los 10 puentes merece aparecer en esta sección. Estas dos actividades se completaron con una producción cimentada en esfuerzos técnicos consistentes de la colaboración mutua de la contraparte y el equipo de estudio, descritos en detalle en el Capítulo 10 y el 11 respectivamente.

Es un logro significante que una considerable competencia técnica y administrativa para las Contrapartes ha alcanzado una mejora digna especialmente a nivel individual.

2) Tareas por realizar

Como se específica en detalle en el Capítulo 6 sobre los resultados del monitoreo y las evaluaciones, no se llevó a cabo un desarrollo de capacidad personalizado en todos los niveles. A continuación se describe la situación actual de cada uno de los niveles.

El nivel de capacidad individual, resulta satisfactorio en la etapa inicial del desarrollo de capacidad en términos de competencia técnica. Con respecto a las nuevas herramientas de trabajo se espera que sean mejoradas aún más, consiguiendo un cambio práctico, con etapas de aplicación de aspectos técnicos basadas en criterios de contribución.

Se reconoce que la competencia técnica de los ingenieros de puentes, no son para acumularse ni para llegar a la cima de una día a otro. Todavía existen tareas que se encuentran en una etapa de transición; como por ejemplo las actividades básicas realizadas así también nuevos conocimientos y las nuevas herramientas utilizadas como la compresión de los manuales y guía. Las cuales se desea que con el paso del tiempo sean entendidas y aplicadas en su totalidad por los ingenieros para brindar mejores opciones a este país en particular y/o la región.

Los niveles de capacidad organizacional, institucional y social Se encuentran en un punto inicial donde se requiere elaborar y trabajar con los planes de implementación formulados por el GCMP bajo el programa de mantenimiento de puentes.

Aunque es crucial para el GCMP ser formado con miembros de varios sectores e inter institucionales convocados debido a los papeles y tareas especificadas en los proyectos modulares, puede haber factores inciertos en aspectos administrativos para reforzar los planes del programa. La coordinación entre los miembros y los arreglos presupuestarios son factores indispensables a ser asegurados.

17.1.2 Descripción General

Como se estipuló en capítulos anteriores, el "Desarrollo de Capacidad en la Rehabilitación, Planificación, Mantenimiento y Administración de Puentes basado en 29 puentes de la Red Vial Nacional" ha comenzado y se ha expandido eficazmente para reforzar la capacidad del mantenimiento de puentes en Costa Rica. El estudio técnico para la rehabilitación de 29 puentes incluyendo el diseño para los trabajos de reparación de los 10 puentes seleccionados, que representan las características estructurales de la totalidad, al mismo tiempo que las actividades de defensa múltiple para la Administración de Bienes, la conciencia y comprensión del concepto de Desarrollo de Capacidad ha sido premiado con resultados positivos y eficacia.

Ahora que la compresión del Desarrollo de Capacidad para la Administración de Puentes entre las agencias gubernamentales, las instituciones académicas y/o no gubernamentales se ha comenzado a profundizar, es un buen momento para que el Gobierno de Costa Rica continué este tema con visión política y compromiso firme.

El aspecto sostenible del desarrollo de capacidad es clave. Debe de ser esencial que los resultados/contribuciones del estudio sean entendidos por la Contraparte después de que se retire la asistencia técnica externa y el cuidado de seguimiento necesario debe de alimentarse estratégicamente con las perspectivas a término medio-largo.

17.2 Recomendaciones

17.2.1 Generalidades del Estudio

(a) **Implementación del Programa de Mantenimiento de Puentes Comprensivo a través de la Formulación de la Estructura del Desglose del Trabajo a gran escala y el Plan de Operaciones de los 5 Proyectos Modulares Integrados.**

Con base en a estructura de desglose de trabajo (EDT) preliminar propuesta y el plan de operaciones (PO) para los 5 proyectos modulares que son componentes integrales del programa de mejora de mantenimiento de puentes, el MOPT y CONAVI, bajo la asistencia de los miembros de los 5 grupos de trabajo del Grupo Consultivo de Mantenimiento de Puentes, se necesita formular la EDT y el PO para cada proyecto modular, por lo que provee un mapa de la ruta para lograr el programa de mantenimiento de puentes ideal. Estos EDT y PO detallados y a gran escala se utilizarán como base de la solicitud de presupuesto para el año fiscal del 2008 al 2012.

(b) Operación Continua y sin complicaciones del GCMP y los 5 Grupos de Trabajo

Mientras el GCMP actúa como un consejero y como cuerpo de consultor para fortalecer la capacidad institucional de la Dirección de Puentes recién establecida del MOPT y el departamento que se planea en CONAVI para la conservación de Puentes, los 5 grupos de trabajo del GCMP son los entes responsables para la implementación de los proyectos modulares integrados. Una operación regular y sin complicaciones del GCMP y de los 5 grupos de trabajo es necesaria para la implementación real de los 5 proyectos modulares integrados. El fuerte compromiso de cada miembro, el protocolo para los procedimientos y una clara separación de las responsabilidades entre los miembros son ingredientes esenciales para el éxito de de una operación sin complicaciones del GCMP y los 5 grupos de trabajo. Especialmente, dado que los miembros del GCMP esta comprometido normalmente en los trabajos originales de las organizaciones a las que pertenece, se necesitará que esas organizaciones provean de servicios a los miembros.

(c) Mejora de la Capacidad Individual de los Oficiales de MOPT y CONAVI (Implementación del Proyecto Modular 1)

Las capacidades individuales de los oficiales de MOPT y CONAVI deberán ser mejoradas a través de una serie de seminarios y oportunidades de capacitación en el sitio de trabajo en los siguientes campos para atender la demanda del fortalecimiento institucional del MOPT y de CONAVI.

i) **Mejora de la Capacidad Individual en el campo de la inspección y diagnostico**

La inspección periódica apropiada y el diagnóstico de la capacidad de los puentes y de sus elementos básicos e integrales son importantes para el mantenimiento de puentes. Los datos recolectados y diagnosticados de los puentes existentes se obtienen de inspecciones periódicas utilizando del manual de inspección apropiada que fue redactada durante el periodo de estudio.

ii) **Mejora de la Capacidad Individual en el campo de operación del SAP y selección prioritaria**

El Sistema de Administración de Puentes (SAP) es una herramienta cardinal par alas prácticas de mantenimiento de puentes. El SAP permite que el MOPT y CONAVI analice la selección de prioridad de los puentes a ser reparados y reforzados con base en la base de datos formada por el manual de operación del SAP. El SAP debe de ser flexible y actualizado continuamente en respuesta a los problemas operacionales identificados, y la operación del SAP deberá estar relacionada con la mejora de las prácticas de inspección y diagnostico.

iii) **Mejora de la Capacidad Individual en el campo de la planificación e implementación del mantenimiento de puentes**

En respuesta a los resultados de la selección prioritaria de puentes, se deberá implementar la planificación, diseño e implementación de las reparaciones y refuerzo después de la inspección detallada. Una serie de prácticas de mantenimiento de puentes se deberá implementar en cumplimiento con el lineamiento redactado para el mantenimiento de puentes. Ya que las tecnologías de mantenimiento de puentes se pueden adquirir mediante el proceso ***aprender haciendo*** se deberá de proveer de oportunidades de entrenamiento en el sitio de trabajo para generar suficiente equipo de trabajo.

(d) Fortalecimiento de la Nueva Dirección de Puentes del MOPT y Creación del Departamento Propuesto de Conservación de Puentes de CONAVI

i) **Simplificación de la separación de las responsabilidades entre la nueva dirección de puentes del MOPT y el Departamento propuesto de Conservación de puentes de CONAVI**

De acuerdo con la separación propuesta de responsabilidades entre MOPT y CONAVI, es necesario que ambas entidades trabajen juntamente para simplificar el flujo de labores relacionadas a los puentes.

ii) **Fortalecimiento de la nueva dirección de puentes del MOPT y creación del departamento de conservación de puentes de CONAVI**

Ya que el Departamento de Diseño de Puentes actual del MOPT esta siendo promovido a una nueva dirección de puentes a partir del año fiscal 2007, este impulso para la reforma institucional se deberá de usar al máximo para obtener recursos financieros y humanos amplios para el Mantenimiento de Puentes. Además, el nuevo departamento de conservación de puentes de CONAVI ha sido propuesto junto con la estructura organizacional ideal, CONAVI no ha especificado aún los detalles de este nuevo departamento. A pesar de que se ha estimado el número necesario de empleados, la estructura organizacional propuesta y el presupuesto necesario para la Nueva Dirección de Puentes del MOPT y el Departamento de conservación de Puentes propuesto del CONAVI, existen diferencias considerables entre la escala necesaria del presupuesto y las cantidades solicitadas del presupuesto. Se deberá analizar con una relación cercana por las autoridades de planificación y financieras, las estructuras organizacionales detalladas, el número de miembros según la experiencia, el aumento paso a paso del número total de empleados, el acuerdo del presupuesto para los costos de operación y los costos del personal.

(e) Desarrollo de Recursos Humanos a Largo Plazo e Intercambio de información Técnica

El desarrollo de recursos humanos a largo plazo para proveer candidatos para el equipo de trabajo del MOPT, CONAVI y el sector privado en el campo del mantenimiento de puentes, es clave para el mantenimiento de puentes sostenible. Universidades tales como la Universidad de Costa Rica se puede considerar como una institución académica que provee de graduados calificados a través de los nuevos cursos relevantes de estas universidades en los campos de ingeniería y mantenimiento. La escala, horario y plan presupuestario para los nuevos cursos de estas universidades se deberán diseñar tomando en consideración la demanda doméstica y el tamaño del mercado de la construcción de puentes y el mantenimiento. Al mismo tiempo, al usar oportunidades de la comisión técnica del PPP en la red vial se deberá promover una serie de intercambios de información técnica en el campo del mantenimiento de puentes entre los países miembros del PPP, al mismo tiempo que las actividades de seguimiento después del seminario regional PPP realizado en Diciembre 2006. Además, se deberá implementar el intercambio de información técnica doméstica periódica entre el sector público, las instituciones académicas y el sector privado en el campo de la ingeniería de puentes y mantenimiento.

(f) Mejora de Regulaciones y Estándares (Implementación del Proyecto Modular 4)

Las regulaciones y estándares relevantes en el campo del diseño de puentes y los procedimientos de adquisición bajo los proyectos públicos y de concesión, deben ser mejorados considerablemente al revisar las regulaciones y los estándares existentes. A pesar de que el manual de inspección, el manual de operación del SAP y el lineamiento para el mantenimiento de puentes fueron redactados durante el periodo del estudio, no se ha mejorado de manera suficiente las regulaciones y los estándares. Especialmente, se le debe prestar atención a los puentes que fueron y serán construidos bajo proyectos de concesión para asegurar que estas concesiones hagan uso apropiado de los manuales de inspección y el lineamiento para el mantenimiento de puentes redactados, y así lograr que las prácticas de mantenimiento de puentes por los concesionarios se cumplan con los proyectos de investigación pública regular.

(g) Promoción de la defensa de los oficiales de Gobierno y Relaciones Públicas (Implementación del Proyecto Modular 5)

Ya que el acuerdo presupuestario es clave para la implementación de los 5 proyectos modulares, especialmente los de mejora de capacidad individual (proyecto modular 1) y la reforma institucional de MOPT y CONAVI (proyecto modular 2), la comprensión de la importancia de la administración de activos por altos oficiales gubernamentales al mismo tiempo que un fuerte compromiso político para la asignación para el mantenimiento de puentes es esencial para el mantenimiento de puentes sostenible. Al mismo tiempo, para promocionar la comprensión de los contribuyentes y de los usuarios de puentes sobre la importancia del mantenimiento de puentes, se deberá implementar varias actividades de relaciones públicas domésticas haciendo uso de los medios de comunicación. La asignación balanceada del presupuesto entre la construcción de nuevos puentes y el mantenimiento de puentes existentes deberá de ser reconocida por los oficiales del gobierno y los contribuyentes a través de esta defensa y de las actividades de relaciones públicas.

(h) Monitoreo Continuo y evaluación de los resultados del Proceso de Desarrollo de Capacidad

Los resultados del desarrollo de capacidad a través de la implementación de los 5 proyectos modulares se necesitan monitorear y evaluar periódicamente para asegurar que el proceso de desarrollo de capacidad está bien encaminado de acuerdo con los procedimientos de monitoreo y evaluación propuestos. Los puntos de referencia como indicadores de rendimiento para el monitoreo y la evaluación se deben de actualizar continuamente para las reacciones de las actividades de desarrollo de capacidad. Se deberá de colocar un par de oficiales eficientes en las herramientas del marco de trabajo de la administración del proyecto tal como el SAEP, la EDT y el PO, en la unidad de monitoreo del secretariado del GCMP.

17.2.2 La deflexión de los puentes de viga cajón de concreto presforzado

Se observa una deflexión en el tramo central de los Puentes de viga cajón de concreto preforzado como en los casos del Puente No.17 sobre el Río Chirripó (alrededor de 20 cm.) y en el puente No. 20 sobre el Río Sucio (alrededor de 27 cm.). Las siguientes son las causas predichas de la deflexión:

- Falta de resistencia del la viga cajón de concreto
- Disminución del módulo elástico de la viga cajón concreto
- Falta de la tensión introducida del Cable PC.
- Progreso anormal de deslizamiento de concreto.
- Defectos del control de calidad durante el proceso de construcción

La investigación de la causa de la deflexión y sus consideraciones son las siguientes:

(a) De acuerdo a la inspección detallada de los dos puentes mencionados anteriormente, las cuales fueron conducidas en el estudio, se entienden los siguientes resultados:

- No existen grietas anormales.
- No existe una carbonatación anormal.
- No existe vibración causada por los vehículos.

(b) De acuerdo a la prueba de excavación del núcleo del puente No. 20 sobre el Río Sucio y a la prueba con el martillo Schmidt en ambos puentes, se entienden los siguientes resultados.

- La resistencia del concreto del cuerpo de los puentes satisface el nivel requerido.
- El módulo elástico de las muestras de los núcleos excavados satisface el nivel requerido.

(c) De acuerdo al análisis estructural y a la prueba de carga del Puente No. 17 sobre el Río Chirripó , se entienden los siguientes resultados:

- La resistencia requerida de los puentes existentes es la misma que se encuentra en los planos.

El análisis anterior indica que el Puente No. 17 y el No. 20 satisfacen los requerimientos estructurales necesarios a excepción de las deflexiones observadas en el tramo medio pero aún así será capaz de servir de manera segura al tráfico. Se cree que las deflexiones observadas son causa de la calidad de control insuficiente durante la construcción. Sin embargo, está es una suposición ya que no existen planos ni registros de construcción disponibles. Hágase notar que la capacidad de carga de los puentes para HS20+25% se verificó en el análisis estructural usando un modelo basado en los planos originales de diseño.

Por las razones mencionadas, el equipo de estudio cree que el Puente No. 21 y No. 20 puede servir al público de manera segura en el futuro. Sin embargo, se recomienda que se midan las deflexiones de estos puentes al menos una vez al año.

17.2.3 Asegurando los Fondos suficientes para la Rehabilitación y Refuerzo de los Puentes

El Equipo de Estudio ha examinado y recolectado conceptos y metodologías de la rehabilitación y refuerzo adecuadas de los puentes de estudio que producirán beneficios considerables para el público. Se recomienda que el público este conciente de esta vía a través de una campaña de reconocimiento para asegurar los suficientes fondos para el futuro para ser usados en estas estructuras.

17.2.4 Administración Ambiental

A través del estudio del EIA, se encontró que los impactos potenciales que pueden ser causados por el programa de rehabilitación de puentes propuesto tales como el impacto en la calidad del agua no serán insignificantes en la fase de la construcción. Además, varios sitios de puentes pueden estar ubicados de manera adyacente a corredores biológicos importantes (Figura 16.2.1) y por ende se convertirían en puntos de discusión crítica en las fases de construcción y operación. Los Términos de Referencia del estudio ambiental se deberán de desarrollar con base en Costa Rica. La Ley del EIA y las leyes o regulaciones relevantes tales como la ley de la biodiversidad y los estudios ambientales relevantes se deberán de realizar con base a los ToR.