

624.28

A265e

Nº

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
REPUBLICA DE COSTA RICA
MOPT

**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

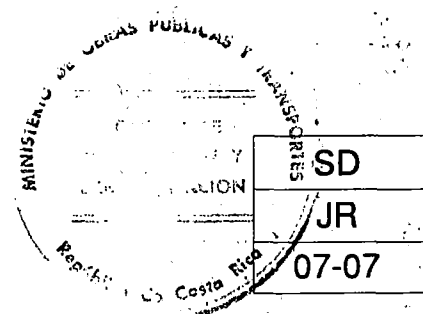
1 de 3

RESUMEN

Febrero 2007

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

**Oriental Consultants Company Limited
Chodai Company Limited**



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

BIMOPT

17 FEB 2010

00008 225

Aut. de Planificación

COMPRO:

OBS:

mpn - 5413

624.28

A265e

Resumen

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



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.

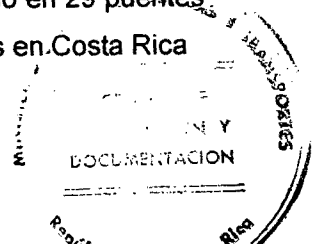
Deseamos tomar esta oportunidad para expresar nuestro agradecimiento a los funcionarios de JICA, Ministerio de Asuntos Internacionales de Japon, Ministerio de Obras Publicas y Trabasportes (MOPT), Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), Oficina de JICA Costa Rica y de la Embajada de Japón en Costa Rica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

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

Atentamente,

Masaaki TATSUMI

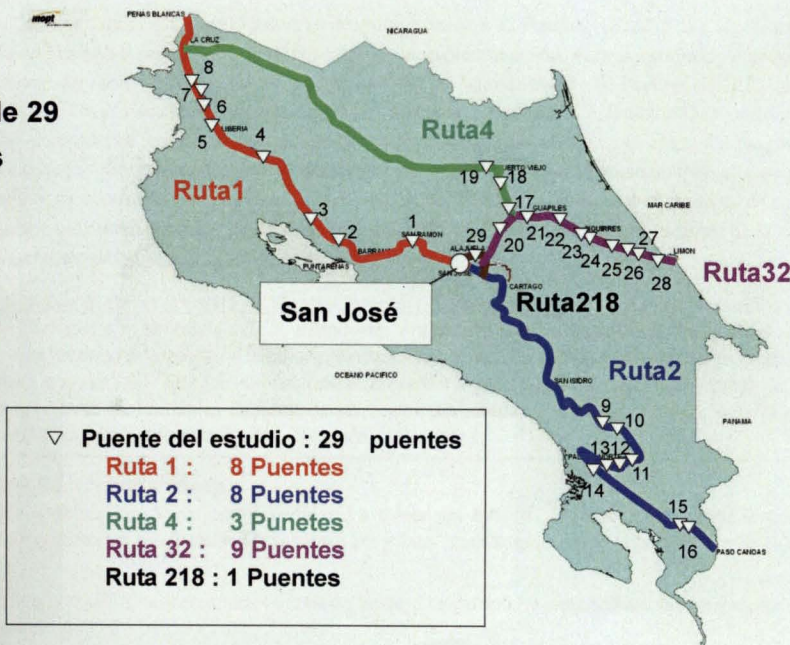
Lider del Equipo, Equipo de Estudio de El estudio sobre el desarrollo de capacidad en la planificación, rehabilitación, mantenimiento y administración de puentes, basado en 29 puentes de la red de carreteras nacionales en Costa Rica



Mapa de Ubicación del Proyecto



Ubicación de 29 puentes



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	<ul style="list-style-type: none"> • Asistencia en el Desarrollo de Capacidad de la Rehabilitación, Planeamiento, Mantenimiento y Administración de Puentes • 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 <ul style="list-style-type: none"> • 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 Puentes. 	
2. Componentes del Estudio <ol style="list-style-type: none"> 1) Formulación e implementación del Programa de Desarrollo de Capacidad para Mantenimiento y Administración de Puentes <ol style="list-style-type: none"> 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 <ol style="list-style-type: none"> 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 <ol style="list-style-type: none"> a) Implementación de la Inspección detallada b) Implementación de los estudios de las condiciones naturales (Condiciones 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 <p>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 través de las presentaciones de la contraparte en el seminario, se verificó el proceso escalonado del desarrollo de capacidad.</p> <p>Plan de Rehabilitación & Refuerzo para el Mantenimiento y Administración de Puentes Los sitios de inspección fueron tomados en el estudio 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.</p>	
4. Conclusiones y Recomendaciones <ul style="list-style-type: none"> • 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. <ul style="list-style-type: none"> ➢ 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.

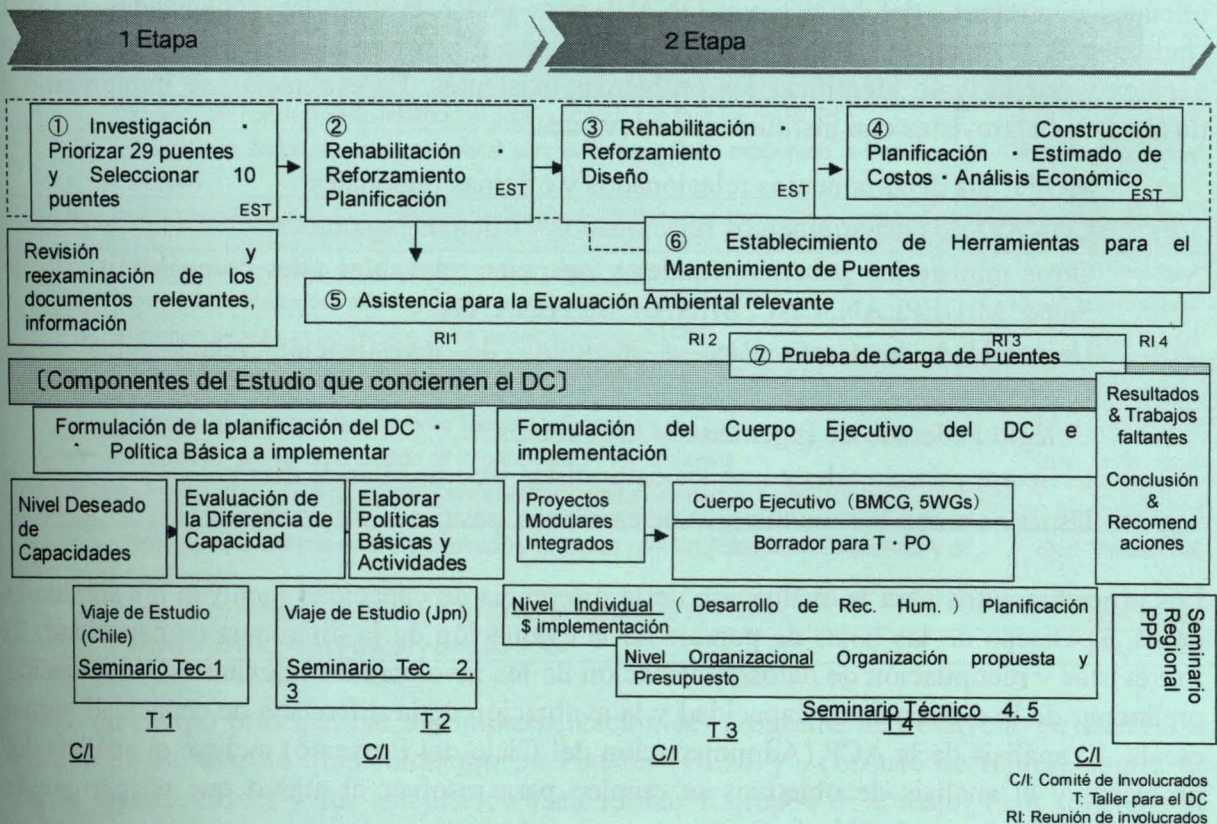


Figura 1.1. Componentes y Proceso Esquemático del Estudio

R.2 Revisión y Examen 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 evaluación 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 .

<i>Proyecto Modular Integrado 1 (PM-1): Proyecto de Construcción de la Capacidad Individual MOPT y CONAVI</i>		
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"
<i>Proyecto Modular Integrado 2 (PM-2): Proyecto de Construcción Institucional para MOPT y CONAVI</i>		
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"
<i>Proyecto Modular Integrado 3 (PM-3): Proyecto de Desarrollo de Recursos Humanos a largo plazo y de intercambio técnico</i>		
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"
<i>Proyecto Modular Integrado 4 (PM-4): Proyecto de Mejora de regulación y estándares</i>		
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"
<i>Proyecto Modular Integrado 5 (PM-5): Proyecto de la Promoción y Defensa de las Relaciones Públicas</i>		
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 recolectó y revisó 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)
	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 1906 y 1970 lo mismo que los de la R.1.
Superestructura	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 terremotos 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.

	Se observa el colapso del talud alrededor del bastión.	La mayoría de los puentes	
Subestructura	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.
Accesorios	Daños en las juntas de expansión y las barandas.	29 puentes	Mantenimiento Insuficiente
Medidas Antisísmicas	Contra medidas 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		
Contra medidas 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 Puentes 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	
	Reemplazo: 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
	Reemplazo: 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	O
	Impermeabilización	O	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	S I	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	Ensanche del 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)	○	○		○	○				○	○

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 significativo 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 Estándares
 - 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

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 Antecedentes del Estudio	1
1.2 Objetivos del Estudio	2
1.3 Componentes y Procesos del Estudio.....	3
CAPÍTULO 2 Situación Existente en Costa Rica	7
2.1 Condición Natural	7
2.2 La Condición Socio-Económica	7
2.3 Condición y Configuración de la Red Vial	8
2.4 Mantenimiento de Vías	9
CAPÍTULO 3 Condiciones Existentes de los Puentes y el Estatus del Mantenimiento de Puentes.....	10
3.1 Lineamiento de Puentes en Costa Rica	10
3.2 Estándares de Diseño de Puentes	11
3.3 Mantenimiento de Puentes.....	11
CAPÍTULO 4 Evaluación de la Diferencia de Capacidad.....	12
4.1 Nivel Individual	13
4.2 Nivel Organizacional.....	13
4.3 Nivel Institucional y Social	14
CAPÍTULO 5 Políticas Básicas para el Desarrollo de Capacidad	16

CAPÍTULO 6	Implementación del Desarrollo de Capacidad para la Comprensión del Programa de Mantenimiento de Puentes	19
CAPÍTULO 7	Desarrollo de Recursos Humanos	24
7.1	Concepto Básico y Plan de Implementación para el Desarrollo de Recursos Humanos	24
7.2	Actividades Implementadas para el Desarrollo de Recursos Humanos	25
CAPÍTULO 8	Condición Existente e Inspección del Sitio de los Puentes del Estudio	29
8.1	Condiciones Existentes de los 29 Puentes	29
8.2	Método de las Inspecciones	30
8.3	Resultados de las Inspecciones	30
CAPÍTULO 9	Selección de los 10 Puentes para la Rehabilitación y Reforzamiento	32
9.1	Método de Evaluación del Daño	32
9.2	Selección de Diez Puentes para el Estudio Detallado	33
CAPÍTULO 10	Plan para la Rehabilitación, Reforzamiento y mejora de los 10 Puentes Seleccionados	34
10.1	Lineamiento del Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora	34
10.2	Clasificación y Causas Predominantes de la Deficiencia y el Deterioro ..	34
10.3	Inspección Detallada	37
10.4	Análisis Estructural	39
10.5	Prueba de Carga de Puentes	41
10.6	Estudio de Condiciones Naturales	43
10.7	Políticas Básicas para la Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora de los 10 Puentes	43
CAPÍTULO 11	Diseño para la Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora de los 10 Puentes Seleccionados	45
11.1	Análisis del Método para la Rehabilitación, Reforzamiento y Mejor	45
11.2	Diseño para la Rehabilitación, el Reforzamiento y Mejora de los 10 Puentes Seleccionados	52
CAPÍTULO 12	Planificación de la Construcción y Estimado del Costo Prelimina ..	64
12.1	Planificación de la Construcción	64
12.2	Estimado del Costo	64
CAPÍTULO 13	Análisis Económico	65
13.1	El Concepto de Análisis Económico para la Rehabilitación y el reforzamiento de Puentes	65
13.2	Costos y Beneficios Sociales	66
13.3	Ubicación del Escenario	67
13.4	Resultados de los Costos y Beneficios Sociales en cada Puente	68
13.5	Costo del Trabajo para cada Puente	68
13.6	Evaluación Económica	69

CAPÍTULO 14	Sistema de Administración de Puentes	72
14.1	Sistema de Información Existente para carreteras y Puentes y sus Problemas.....	72
14.2	Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP).....	75
CAPÍTULO 15	Herramientas para la Administración de Puentes	80
CAPÍTULO 16	Apoyo Técnico para las Consideraciones Ambientales y Sociales	81
16.1	Examen Ambiental Inicial (EAI)	81
16.2	Apoyo Técnico para el Desarrollo de Términos de Referencia del Estudio Ambiental	81
16.3	Reunión de Involucrados	82
CAPÍTULO 17	Conclusiones y Recomendaciones	83
17.1	Conclusiones	83
17.2	Recomendaciones	84

■ 2 de 2: TEXTO PRINCIPAL

■ 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 3.1.	Cantidades por Tipo del Puente y por Clasificación de Carretera	10
Tabla 5.1.	Aproximaciones Básicas Alternativas para Mantenimiento de Puentes	16
Tabla 6.1.	Lista de 5 Proyectos Modulares Integrados	19
Tabla 6.2.	Lista de 5 Proyectos Modulares Integrados	20
Tabla 8.1.	Características Generales de los Puentes de Estudio	29
Tabla 9.1.	10 Puentes Seleccionados	33
Tabla 10.1.	Clasificación del Deterioro	34
Tabla 10.2.	Causas, Mecanismo y Fenómeno del Deterioro	36
Tabla 10.3.	Inspección Detallada	37
Tabla 10.4.	Los Resultados de la Inspección Visual para los 10 Puentes	37
Tabla 10.5.	Los Resultados de la Inspección Detallada con Métodos Físicos, Químicos, Eléctricos y Ultrasonicos	39
Tabla 10.6.	Resultados del Análisis Estructural	40
Tabla 10.7.	Resumen de la Prueba de Carga de Puentes	41
Tabla 10.8.	Tiempo Estimado de Ocurrencia de la Falla de Fatiga	43
Tabla 10.9.	Política Básica del Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora de los 10 Puentes Seleccionados	44
Tabla 11.1.	Aplicación del Método de Reforzamiento para la losa para cada tipo de Puente	45
Tabla 11.2.	Resultados de la Selección del Método de Reforzamiento para la losa y el sistema de apoyo de la losa en los puentes de cercha de acero	46
Tabla 11.3.	Resultados de la Selección del Método de Reforzamiento para la losa Del Puente de viga tipo I de acero	46
Tabla 11.4.	Resultados de la Selección del Método de Reforzamiento para la losa del Puente de Viga Tipo I de concreto reforzado	47
Tabla 11.5.	Aplicación de los Métodos de Refuerzo para la Viga Principal en cada tipo de Puente	47
Tabla 11.6.	Resultados de la Selección del Método de Reforzamiento para el Marco Principal del Puente de Cercha de acero	47
Tabla 11.7.	Resultado de la Selección del Método de Reforzamiento para la Viga Principal del Puente de Viga tipo I de acero	48
Tabla 11.8.	Resultados de la Selección del Método de Reforzamiento para la Viga Principal del Puente de Viga tipo I de concreto reforzado	48
Tabla 11.9.	Resultados de la Selección del Método de Reforzamiento para la Viga Principal del Puente de Viga tipo I de PC	49
Tabla 11.10.	Resultados de Selección del Método de Refuerzo para la Viga o la pila	50

Tabla 11.11.	Resultados de la Selección del Método de Refuerzo para la columna de la viga y pared	50
Tabla 11.12.	Resultados de la Selección del Método de Refuerzo para la Fundación de Pila del Puente No. 16 sobre el Río Nuevo	51
Tabla 11.13.	Sistema de Prevención Seleccionado para el Colapso de Puentes ..	52
Tabla 11.14.	Resumen de los Métodos de Rehabilitación, Reforzamiento Y Mejora par alas Superestructuras de los 10 Puentes Seleccionados.....	53
Tabla 11.15.	Resumen del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora para las Subestructuras de los 10 Puentes seleccionados.....	53
Tabla 11.16.	Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.2 sobre el Río Aranjuez	54
Tabla 11.17	Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.3 sobre el Río Abangares.....	55
Tabla 11.18	Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.7 sobre el Río Azufrado.....	56
Tabla 11.19.	Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.12 sobre el Río Puerto Nuevo.....	57
Tabla 11.20.	Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.16 sobre el Río Nuevo	58
Tabla 11.21.	Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.17 sobre el Río Chirripó	59
Tabla 11.22.	Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.19 sobre el Río Sarapiquí	60
Tabla 11.23.	Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.20 sobre el Río Sucio	61
Tabla 11.24.	Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.26 sobre el Río Chirripó	62
Tabla 11.25.	Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.29 sobre el Río Torres	63
Tabla 12.1.	Periodo de Construcción & costo del proyecto para 10 Puentes.....	64
Tabla 13.1.	Conceptos Básicos de Costos y Beneficios	65
Tabla 13.2.	Escenario para el Puente sobre el Río Chirripó (No.26).....	70
Tabla 13.3.	Resultado del Análisis de Sensibilidad para el Puente sobre el Río Chirripó (No.26)	70
Tabla 13.4.	Tabla de Costos/Beneficios para el Puente Chirripó (No.26).....	71
Tabla 14.1.	Información Administrada para cada Organización/Sección	72
Tabla 14.2.	Entorno de Red.....	72
Tabla 14.3.	Sistema Existente de Administración de Carreteras	72
Tabla 16.1.	Horario de Reuniones de Involucrados	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.	Ubicación de los Puentes de Estudio (29 puentes)	2
Figura 1.2.	Objetivos y Componentes del Estudio	3
Figura 1.3.	Componentes y Proceso Esquemático del Estudio	4
Figura 6.1.	Estructura Organizacional propuesta de la Dirección de Puentes del MOPT	21
Figura 6.2.	Estructura Organizacional propuesta del nuevo Dep. de Puentes Construcción de CONAVI	22
Figura 9.1.	Resultados de la Evaluación de la Deficiencia de Puentes	32
Figura 9.2.	Ubicación de 10 Puentes	33
Figura 10.1.	Colocación del Strain Gage en la conexión del apoyo	41
Figura 10.2.	Volumen de Tráfico en el Día de la Prueba	42
Figura 10.3.	Interrelación entre la ocurrencia de la Falla por Fatiga y el Volumen de Tráfico Acumulado	42
Figura 13.1.	Imagen de la Apariencia de los Costos y Beneficios	66
Figura 13.2.	Pérdida Social del Cierre del Tráfico por un día en los 10 Puentes	67
Figura 13.3.	Tipos Considerables de Escenario	68
Figura 13.4.	Resultados de los Beneficios Sociales Netos	68
Figura 13.5.	Resultados del EIRR	69
Figura 13.6.	Resultados del VPN, Rango de Beneficio para la Rehabilitación y Reforzamiento	69
Figura 14.1.	Sistema Existente para la Administración/Mantenimiento de Puentes y Carreteras	73
Figura 14.2.	Concepto del SAEP	75
Figura 14.3.	Componentes del Hardware del Sistema	76
Figura 14.4.	Movimiento de la Pantalla	77

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 Americanos 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 Viabilidad
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:	Estructura 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 für 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 für 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 Públicas 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 Economía 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 Programación y Ejecución del Mantenimiento Vial
T/C:	Trabajo de Campo
TEA:	Trabajo en Estructuras Averiadadas
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 con un área de aproximadamente 51,100 km², 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 de apoyo. En particular, la mejora de la red vial es uno de los temas prioritarios en el Plan Puebla Panamá, para garantizar el transporte terrestre que es el más ventajoso 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 con una longitud total de más de 37,300 km incluye los corredores internacionales de tránsito 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 declive 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 requerida 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 Estructuras de Puentes (SAEP) 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.

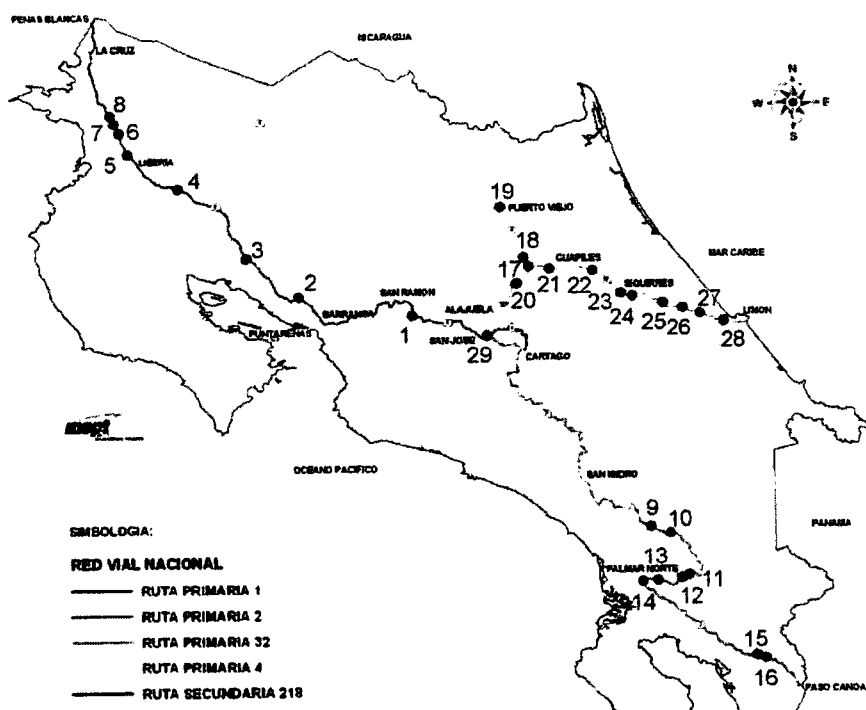


Figura 1.1. Ubicación de los Puentes de Estudio (29 puentes)

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.

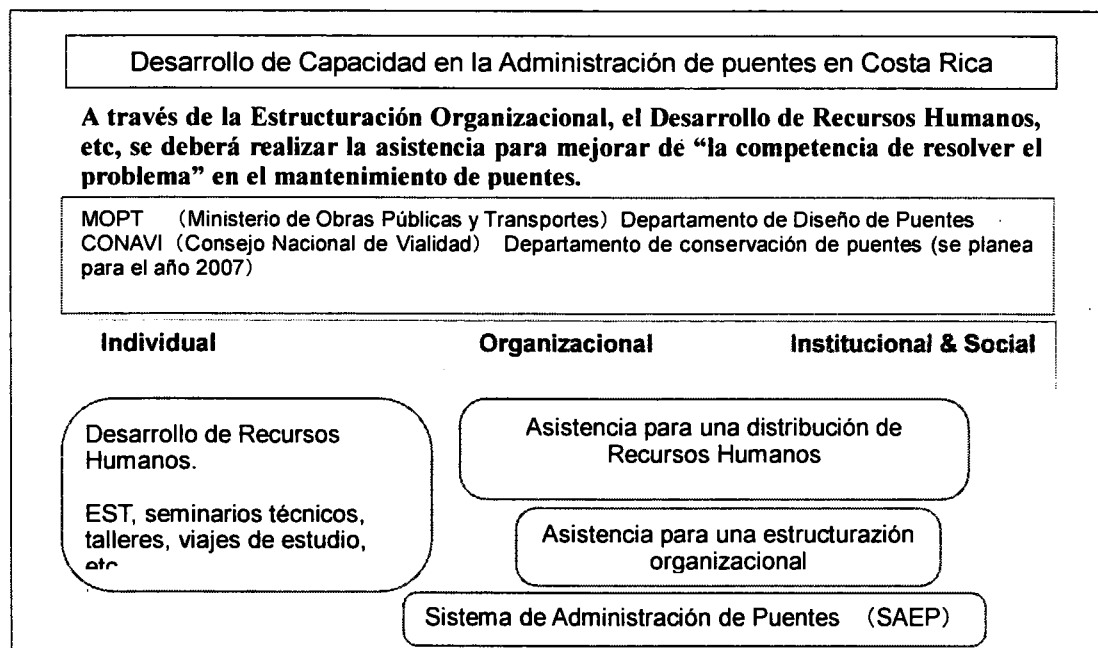


Figura 1.2. Objetivos y Componentes del Estudio

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 Desarrollo de Capacidad (DC).

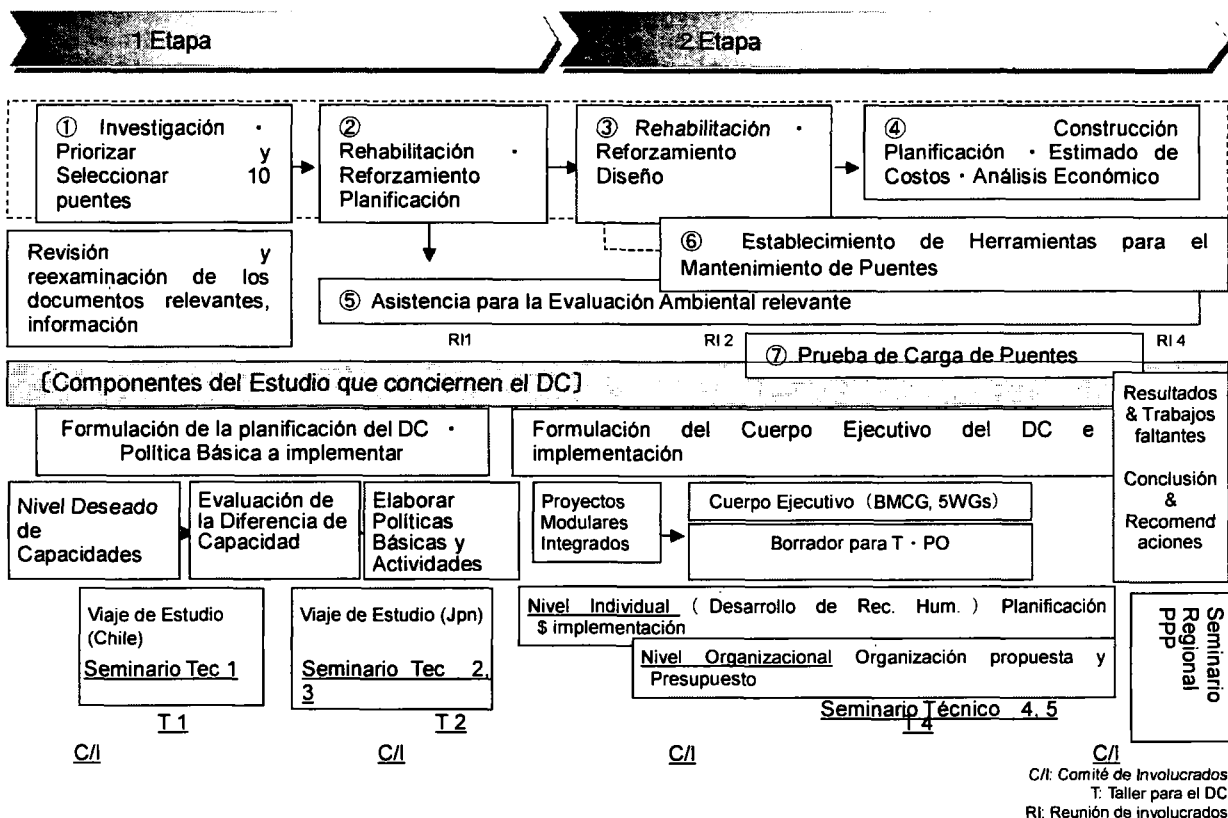


Figura 1.3. Componentes y Proceso Esquemático del Estudio

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 Estructuras de Puentes-SAEP-, Manual de Inspección, manual de operación del SAEP, 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 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 un 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 finalizarán 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 Estructuras 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 Conclusiones y Recomendaciones

Capítulo.2 Situación Existente en Costa Rica

2.1 Condición Natural

Geografía: 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 más distante hacia el sur del país, cuenta con el Monte Chirripó, la montaña más alta de Costa Rica, con 3.820 mts.

Ríos: Se caracterizan por tener pendientes empinadas en el lecho del río. 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 cuevas empinadas del lecho del río. Estas pendientes inclinadas causan inundaciones y daños a las áreas en los alrededores de los ríos y a los puentes los cruzan.

Clima: 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.

Temperatura: Temperaturas anuales promedio de la cadena montañosa del Pacífico son más altas que las del Caribe. La isoterma 27.5 ° une toda la cuenca más baja del Río Tempisque y se extiende a lo largo de la Costa Pacífica hacia Ciudad Cortés.

Precipitación: 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. 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.

Fenómenos Sísmicos: Costa Rica está localizada en una región donde interactúan varias placas de la litosfera. 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.

2.2 La Condición Socio-Económica

El Uso de la Tierra: El área total del país es de 51.100 km² y se compone de 50.660 km² de tierra y 440 km² de agua. Se distingue la “tierra cultivable” representan un 4,41%, del área de “tierra cultivable permanente” que se siembra con cultivos como trigo, maíz y arroz.

Población e Índice Social: En 2004, la población de Costa Rica era 4,300,000 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. 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.

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. El PIB per capita es de US \$4.353 con una tasa de crecimiento real en el 2004 de 3,9%. Esta ha tenido un aumento estable por alrededor de una década. 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 ha aumentado casi 2 veces en los últimos 7 años. 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.

2.3 Condición y Configuración de la Red Vial

Clasificación de las Carreteras: En Costa Rica, las Carreteras Nacionales forman una red de rutas principales de 7.775 km de longitud, clasificadas en 3 categorías. La Red de Rutas Rurales o Red Cantonal tienen 29.498 km. de longitud. La red total de carreteras tiene 37.273 km. de largo. El MOPT está a cargo de la formulación de políticas básicas de la red vial e interviene en la ejecución de la construcción de la red cantonal, mientras que el CONAVI se ocupa de la conservación, mantenimiento y ejecución de proyectos en la Red Nacional. 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.

Volumen de Tráfico: El volumen de tráfico en Costa Rica ha sido registrado por la Sección de Planificación del MOPT desde 1987. 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. Además, las rutas 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, debido al trasiego de los productos transportados al Puerto de Limón para su exportación e importación. La cantidad total de productos son exportados e importados en Limón, el cual se ubica al final de la Ruta 32, con un total de 7.16 millones en el 2002.

El estudio de los 29 puentes se localiza en la carretera que tiene cerca de 5.000 - 10.000 TPD excepto la No.1 (60.000 TPD) y la No.29 (45.000 TPD).

2.4 Mantenimiento de Vías

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.

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, debido a la falta de recursos humanos y su presupuesto.

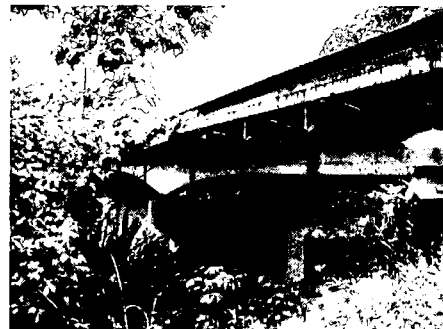
Capítulo.3 Condiciones Existentes de los Puentes y el Estatus del Mantenimiento de Puentes

3.1 Lineamiento de Puentes en Costa Rica

El número total de puentes de las carreteras nacionales es de 1.330. La mayoría de estos puentes sufren de un serio deterioro debido a la falta de trabajos de mantenimiento y rehabilitación. Además están expuestos a los desastres naturales, tales como erupciones volcánicas y sismos, que frecuentemente afectan al país al igual que sucede en Japón. La siguiente tabla muestra la clasificación de puentes de acuerdo con el tipo de puente y la clase de carretera. Los puentes de concreto cuentan casi 82% de la totalidad de puentes.

Table 3.1 Cantidades por Tipo del Puente y por Clasificación de Carretera

	Clase1		Clase2		Clase3		Total	
Puente de Aero	59	(4%)	62	(5%)	42	(3%)	163	(12%)
Puente de Concreto	419	(31%)	393	(30%)	283	(21%)	1,095	(82%)
Puente de Madera	2	(0.2%)	21	(2%)	49	(4%)	72	(6%)
Total	480	(36%)	476	(36%)	374	(28%)	1,330	(100%)



Puentes Tipicos en Costa Rica

3.2 Estándares de Diseño de Puentes

La Asociación Americana de Carreteras Estatales y oficiales de Transporte (AASHTO-por sus siglas en inglés) ha sido adoptada para el diseño de puentes estándar de los puentes de las carreteras nacionales en Costa Rica. Los puentes construidos antes del año 1950, los cuales están ubicados en Ruta 1 y 2, están diseñados con la carga viva reducida HS15. Los puentes construidos en el período de 1960 están con HS20. El incremento del 25% de HS20-44 se ha aplicado para el diseño de cargas vivas de puentes en las carreteras nacionales, basados en el acuerdo entre los gobiernos de Centroamérica para permitir el aumento de las cargas de camiones. Es necesario verificar urgentemente las capacidades de carga de puentes en todos los puentes de las carreteras nacionales.

3.3 Mantenimiento de Puentes

1) Organización para la Construcción y Mantenimiento de Puentes

El número de personal y trabajadores del MOPT es de aproximadamente 4,000, y el departamento de puentes que está ubicado dentro de la División de Obras Públicas, cuenta con 18 personas 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.

Ya que CONAVI no tiene ningún departamento a cargo del mantenimiento de Puentes, recibe la asistencia técnica del departamento de puentes del MOPT. Además, CONAVI recibe anualmente las prioridades de la construcción y rehabilitación de la Red Vial Nacional y puentes basados en las recomendaciones del Departamento de Planificación del MOPT. Sin embargo, debido a las limitaciones del presupuesto, CONAVI no es capaz de completar todos los programas de construcción y rehabilitación recomendados.

2) Sistema de Mantenimiento de Puentes en Costa Rica

El Sistema de Administración de Puentes (SAEP) en el MOPT fue establecido por el proyecto donado por Francia y fue modificado por el Departamento de Planificación del MOPT en 1988. Sin embargo, el SAEP es usado en su mayoría para hacer el Inventario de Puentes y sólo la hoja de inspección y el método de evaluación descrito en el SAEP son aplicados para la Inspección Rutinaria. Los resultados de la evaluación son arreglados como un programa de mantenimiento, el cual lista los puentes en el orden de grados de deterioro, según 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 las carreteras nacionales, hecha por cuatro inspectores como una de las partes de los servicios a las carreteras al verificar el estado de las mismas. Los inspectores son de ingeniería civil y no son ingenieros estructurales especializados de puentes.

La Inspección Detallada de puentes son ejecutados por el Departamento de Diseño de Puentes en el MOPT basado en su método de inspección original, cuando son solicitados por las municipalidades o CONAVI para elaborar un plan para la reparación o refuerzo de puentes.

Capítulo.4 Evaluación de la Diferencia de Capacidad

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

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

El Equipo consultor realizó una evaluación preliminar que consistió en una valoración completa de la diferencia de capacidad que fue conducida conjuntamente con los funcionarios de las contrapartes de MOPT y de CONAVI.

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.

Los procedimientos para la evaluación de la diferencia de capacidad son los 6 pasos siguientes.

- El diseñar hojas de evaluación de diferencia de capacidad
- Entrevistas y colección de datos/información de las contrapartes relevantes
- Evaluación preliminar de la evaluación de diferencia de capacidad
- Una gama completa de evaluación de diferencia de capacidad
- PCM (Proyecto de la Administración por Ciclo) incluyendo el análisis del problema y un análisis objetivo para solucionar los obstáculos contra la administración ideal del puente
- Formulación de políticas y de planes de acción básicos incluyendo el PDMs (matriz del proyecto diseño) del módulo requerido del proyecto para la administración ideal de los puentes.

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 5-grados. Estas hojas de calificación de 5-grados para la evaluación de la diferencia de capacidad fueron diseñadas de manera previa para evaluar el grado de diferencia.

Las capacidades a nivel individual incluyendo los funcionarios relevantes i) conocimiento y habilidad/experiencia práctica para la inspección, diagnóstico, 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.

4.1 Nivel Individual

Las capacidades a nivel individual incluyendo los funcionarios relevantes i) conocimiento y habilidad/experiencia práctica para la inspección, diagnóstico, 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.

- (a) A pesar de que el departamento 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.

4.2 Nivel Organizacional

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.

- (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 para las actividades de las inspecciones regulares.
- (d) Los estándares 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.

4.3 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.

- (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 están muy interesados 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.

Basados en 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 débil de mantenimiento de puentes, iii) presupuesto insuficiente para mantenimiento de puentes, iv) imposición insuficiente de las leyes, regulaciones y estándares, 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 a gran escala del ACP.

Capítulo.5 Políticas Básicas para el Desarrollo de Capacidad

Para resolver estos problemas, el programa para la administración total del mantenimiento y rehabilitación de puentes fue propuesto, lo cual contiene un grupo de proyecto modular prototipo de 13 grupos. El programa está compuesto de un grupo de proyectos modulares para resolver los problemas identificados y los contenidos detallados de los proyectos modulares se han especificado a través del proceso a gran escala del ACP, lo que incluye: a) análisis del problema, b) análisis objetivo, y c) análisis alternativo de los proyectos modulares identificados.

1

Siguientes aproximaciones básicas fueron identificadas a través del análisis alternativo. i) la mejora de la Capacidad de Mantenimiento de Puentes, ii) la mejora de la Capacidad Organizacional, iii) los Cambios de Políticas para Mantenimiento de Puentes, iv) la mejora del Refuerzo Institucional, y v) Soporte del Usuario así mismo vi) la cooperación Técnica Extranjera como administración de conocimiento en el mantenimiento de puentes.

Tabla 5.1 Aproximaciones Básicas Alternativas para Mantenimiento de Puentes

Aproximaciones Básicas	Prototipos para Módulos de Proyecto	Nivel
Aproximación a la Mejora de la Capacidad de Mantenimiento	1-a Proyectos de Mejora de Capacidad Individual para Diagnostico e Inspección de Puentes	Individual
	1-b Proyectos de Mejora de Capacidad Individual para Operación y Selección Prioritaria del SAEP en Mantenimiento de Puentes	Individual
	1-c Proyectos de Mejora de Capacidad Individual para Planificación e Implementación en Rehabilitación de Puentes	Individual
	1-d Proyectos de Desarrollo del Recurso Humano para el Mantenimiento de Puentes	Individual
Aproximación a la Mejora de la Capacidad Organizacional	2-a Proyecto para el Fortalecimiento Organizacional del Departamento de Puentes del MOPT	Organizacional
	2-b Proyecto de Instalación Organizacional del Departamento de Puentes en el CONAVI	Organizacional
	2-c Proyecto de Promoción del Conocimiento en Administración de Puentes entre los Sectores Públicos, Privados y Académicos	Organizacional
Aproximación a los Cambios de Políticas	3-a Proyecto del Recurso y Políticas de Administración para Autoridades Financieras y de Planificación	Institucional (Políticas)
Aproximación a la Mejora del Refuerzo Institucional	3-b Proyecto de Mejora de Refuerzo para establecer Procedimientos y Regulaciones	Institucional
	3-c Proyecto de Mejora de Refuerzo en Regulaciones Técnicas y Estándares de Diseño	Institucional
Aproximación al Soporte del Usuario	3-d Proyecto de Soporte del Usuario de Puentes para el Recurso Administrativo y la Seguridad Vial	Social
	3-e Imponer Políticas Tributarias y Proyectos de Campaña para el Recurso Administrativo	Social
Aproximación a la cooperación Técnica Extranjera	3-f 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 comprensión 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 SAEP, 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 Ingeniería 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 tráfico; deben ser mejorados hasta elevar las capacidades al nivel institucional.
- (h) Debe de asignarse el óptimo presupuesto para el mantenimiento de puentes a través de:
 - i) Una asignación mas eficaz del presupuesto para el mantenimiento de puentes

- dentro de los límites presupuestales reales;
 - ii) Relocalización razonable del presupuesto para nuevos proyectos 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 contribuyentes 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 salida” 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.

Como un cuerpo de apoyo para la implementación del desarrollo de capacidad para mejor comprensivamente las actividades de mantenimiento de puentes del MOPT y CONAVI, El “Grupo Consultivo de Mantenimiento de Puentes”, se estableció este grupo el cual consiste de representantes de varias organizaciones. En la siguiente tabla se describen las funciones principales de los grupos de trabajo del GCMP, lo mismo que los proyectos modulares.

Tabla 6.2. Lista de 5 Proyectos Modulares Integrados

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

El resumen del proyecto modular se expresa en la forma de la MDP (Matriz del Diseño del Proyecto) el cual es una matriz de cuatro por cuatro para disponer un diseño de proyecto y se formulan las MDP para los 5 proyectos modulares del proyecto. Las actividades especificadas en cada MDP se desglosan en paquetes de trabajo más manejables, llamadas Estructura del Desglose del Trabajo (EDT). Se elabora un borrador de los EDT preliminares y los EDT a gran escala se formularán en el curso de una serie de reuniones con el GCMP que se tendrán en el 2007.

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 a gran escala será formulado tomando en cuentas las consultas a cada grupo de trabajo del GCMP.

Propuesta de la Estructura Organizacional para Mantenimiento Optimo de Puentes

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 lo mismo que 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 el mantenimiento, mientras que el departamento de construcción de puentes propuesto de CONAVI será el responsable de la reparación y la rehabilitación.

- (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 que se quiere alcanzar de puentes a ser inspeccionados).
- (v) La inspección detallada y la rehabilitación y refuerzo 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.

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 puenteSAEPartir 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 se calcula en un número de 36 en el año fiscal del 2008 y en 58 en el año fiscal del 2012, respectivamente.

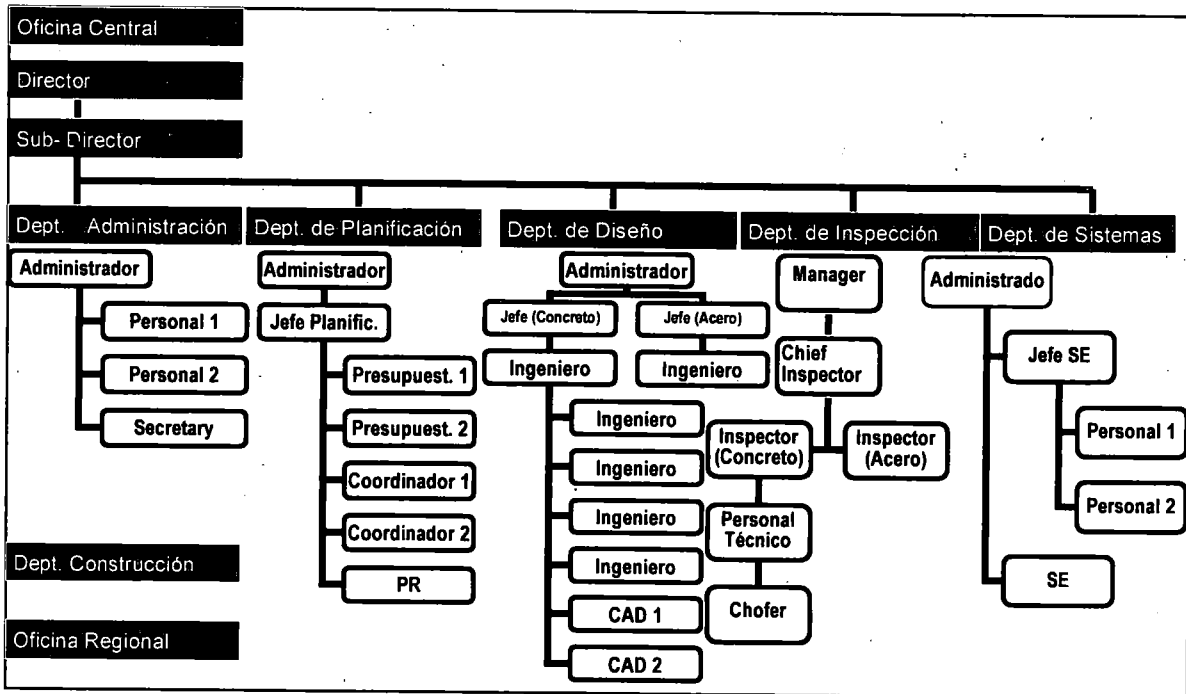


Figura 6.1. Estructura Organizacional propuesta de la Dirección de Puentes del MOPT

Junto con la dirección de puentes del MOPT, se estima la estructura organizacional ideal lo mismo que el número de miembros que se requieren para el departamento propuesto de construcción de puentes de CONAVI y sus oficinas regionales. El número total de miembros requeridos deberá de aumentar a 14 en el año fiscal 2008 y a unos 38 en el año fiscal 2012.

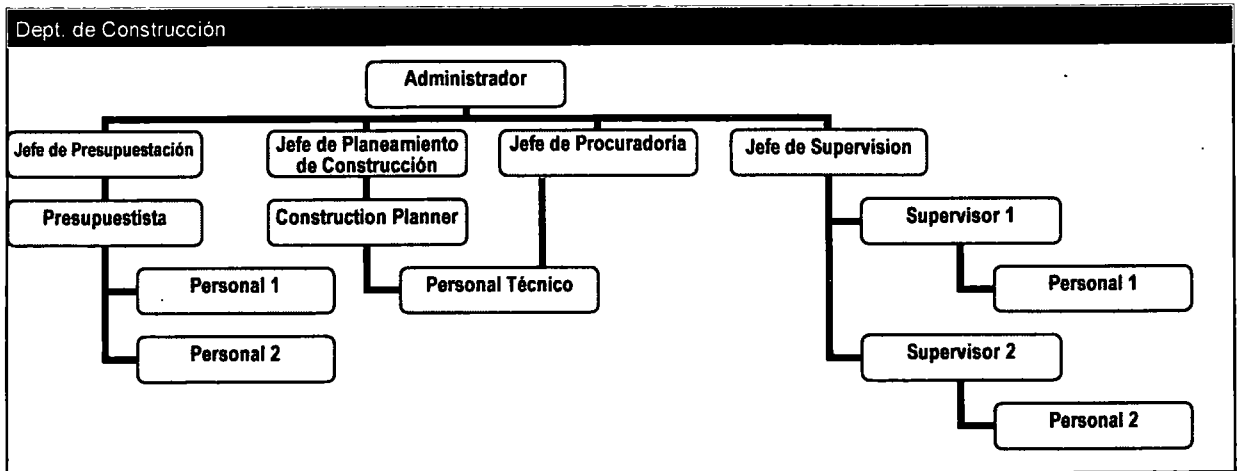


Figura 6.2. Estructura Organizacional propuesta del nuevo Dep. de Puentes Construcción de CONAVI

De acuerdo a esta solicitud de préstamo para el año fiscal 2007, el MOPT está asignando el presupuesto para el costo de operación total que excluye los costos de construcción es de 277,690 colones, lo que equivale a un 75.1% del presupuesto total requerido para la operación organizacional básica de la dirección de puentes del MOPT.

el Monitoreo y la Evaluación para implementación de Desarrollo de Capacidad

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

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.

- (i) 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.
- (ii) 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.
- (iii) 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 satisfactoria SAEP 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.

- (iv) 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 fue impartido en Diciembre del 2006. Desde del PPP el seminario regional funcionará como un compromiso a las actividades de desarrollo de capacidad del MOPT y CONAVI, los resultados del seminario profundizaran el nivel de capacidad individual de los oficiales del MOPT y CONAVI.
- (v) Para lograr la extensión local de los resultados del desarrollo de capacidad a una gran variedad 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 usar canales disponibles de relaciones públicas. Los contribuyentes y los usuarios de puentes son los grupos objetivo principales para las relaciones públicas, mientras que los oficiales de gobierno involucrados también se incluyen.

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumptions
Overall Goal: All the bridges on the national highway network will be sustainably maintained and repaired in the long run by the trained and qualified MOPT and CONAVI staff.	By the end of the financial year 2012, all the bridges on the national highway network will be rotationally maintained and repaired in 5 years (350 bridges per annum) by the trained and qualified MOPT and CONAVI staff	Bridge Inventory Data on BMS	The training of the ample number of the qualified staff in the relevant expertise is regarded as one of priority areas of the bridge maintenance in Costa Rica
Project Purpose: 1. All the bridges on the national highway network will be maintained and repaired by the ample number of the qualified staff of MOPT and CONAVI who have the following appropriate expertise: 1. Inspection of Bridges, 2. BMS Management, 3. Diagnosis and Priority Selection, 4. Repair Planning, 5. Repair Works	By the end of the financial year 2012, all the bridges on the national highway network will be maintained and repaired by the ample number of the qualified staff of MOPT and CONAVI who have the following appropriate expertise: 1. Inspection of Bridges, 2. BMS Management, 3. Diagnosis and Priority Selection, 4. Repair Planning, 5. Repair Works	Bridge Inspection Records and Bridge Repair Records	Through the full operations of the trained staff, maintenance and repair works of all the bridges will be rotationally implemented
Outcome 1. The ample number of the qualified staff of MOPT and CONAVI who have the following appropriate expertise will be trained: 1. Inspection of Bridges, 2. BMS Management, 3. Diagnosis and Priority Selection, 4. Repair Planning, 5. Repair Works	By the end of the financial year 2012, the required number of the qualified staff of MOPT and CONAVI will be trained in accordance with the plan of operations in the following expertise: 1. Inspection of Bridges, 2. BMS Management, 3. Diagnosis and Priority Selection, 4. Repair Planning, 5. Repair Works	Work Records and Progress Reports of the Working Group 1 (WG-1)	The trained staff will be actually assigned to MOPT and CONAVI, and will keep in full operations
Activities: The details of activities are as per the attached Work Breakdown Structure (WBS) for MP-1	Input : The details of input are as per the attached plan of operations (PO) for the Modular Project 1 (MP-1).		The candidates for the qualified staff with the relevant expertise will participate in the training opportunities. Pre-Conditions : 1. The budget and staff for the working group 1 (WG-1) will be guaranteed starting from the financial year 2008 in order to cover the WBS under the MP-1

PDM (imagen)



PPP Seminario Regional (en Dic, 2006)

Capítulo.7 Desarrollo de Recursos Humanos

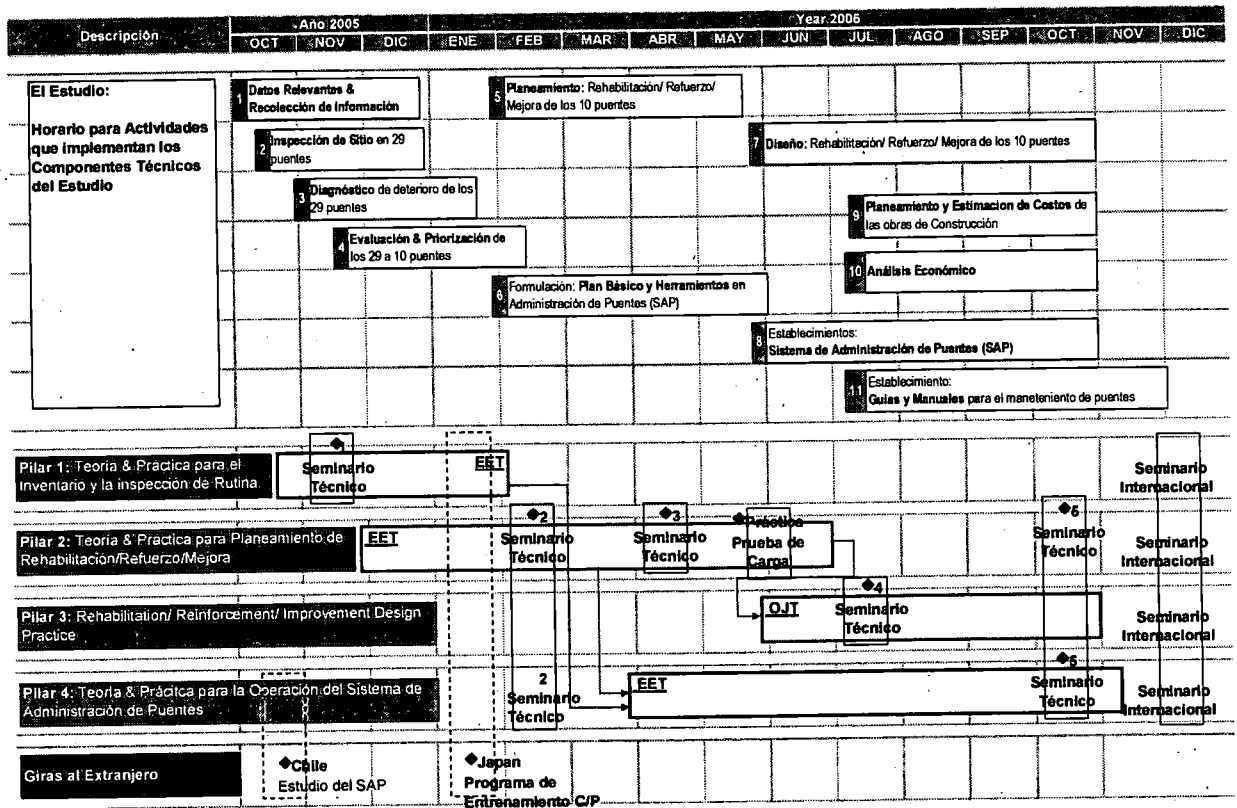
7.1 Concepto Básico y Plan de Implementación para el Desarrollo de Recursos Humanos

Bajo el concepto de Desarrollo de Capacidad, el Desarrollo del Recurso Humano juega parte del rol del Programa de Desarrollo de Capacidad (descrito después como “el programa de DC”) a nivel individual. Es la intención que estos programas DC reúnan todas las actividades anteriores en los llamados proyectos modulares que tienen cierta fuerza en el proceso del estudio. Las actividades del entrenamiento técnico han sido introducida e inicialmente esencialmente apuntar en las contrapartes especializadaSAEPrincipios del estudio, considerando los módulos de proyectos y sus marcos son examinados para abrir la implementación en medio de niveles de rangos altos como una parte del programa de DC.

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, sobresalen las Giras de Estudio al Extranjero desarrolladas en este estudio, las cuales con el fin de ser suplemento y amplificar los efectos los entrenamientos técnicos y de la propagación.

1) Programa de Capacitación Técnica

El programa de capacitación técnica comprende 4 pilares técnicos principales de la rehabilitación, mantenimiento, que se deberán realizar en la agenda de implementación del estudio.



- i) **Pilar Técnico 1:** Inventario e Inspección Rutinaria
- ii) **Pilar Técnico 2:** Planificación para la Rehabilitación/ Refuerzo/ Mejoras
- iii) **Pilar Técnico 3:** Rehabilitación/ Refuerzo/ Práctica del Diseño de Mejoramiento
- iv) **Pilar Técnico 4:** Sistema de Administración de Puentes

2) Proyectos Modulares para el mejoramiento de la competencia individual

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 totalmente integrar 5 proyectos los cuales cuentan más de 13 módulos mencionados anteriormente. La siguiente tabla resume la unión y la coherencia entre los pilares técnicos del programa de entrenamiento y los 5 proyectos integrados del programa de Desarrollo de capacidad.

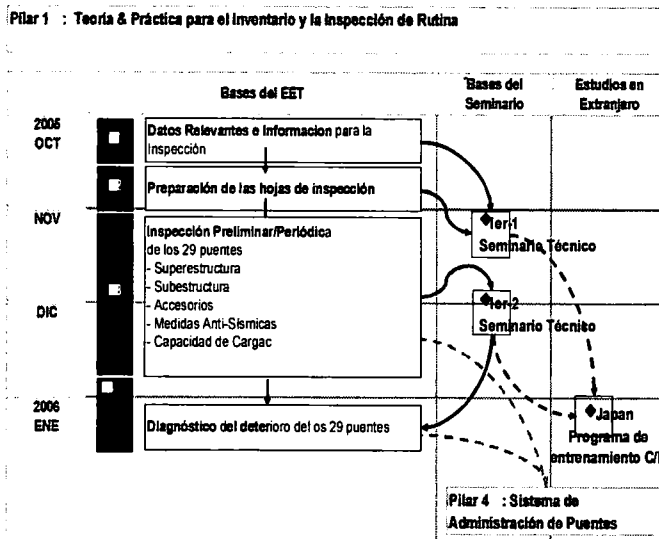
Niveles Objetivos del Desarrollo de Capacidad	Proyectos Integrados				
	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5
Nivel Individual	●		Módulo 1-d		
Nivel Organizacional		●	●		
Nivel Social e Institucional			●	●	●
Pilar 1: Inventario e Inspección de Rutina Teoría/Práctica	Módulo 1-a como Pre-Criterio			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 Operación del SAP	

7.2 Actividades Implementadas para el Desarrollo de Recursos Humanos

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

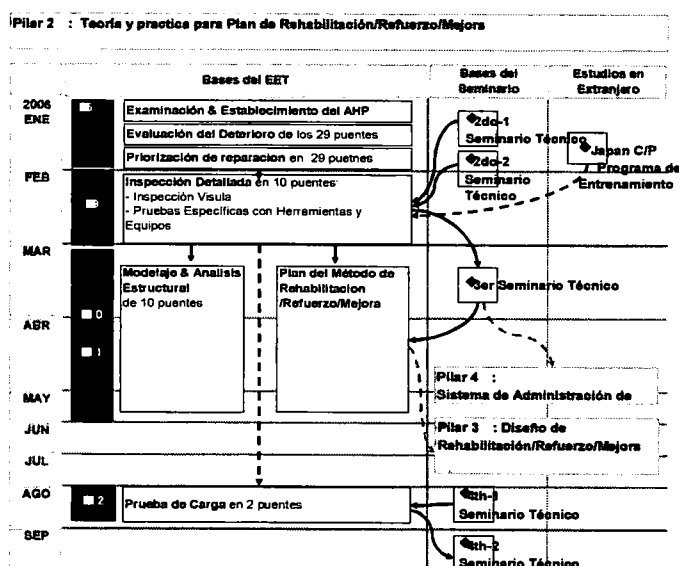
1) Pilar Técnico-1

- 1 Datos e Información relevantes para la inspección
- 2 Preparar la hoja de inspección
- 3 Inspección Preliminar/Periódica
- 4 Diagnostico del Deterioro de los 29 Puentes
- 5 Método de Examinación con resultados de inspección



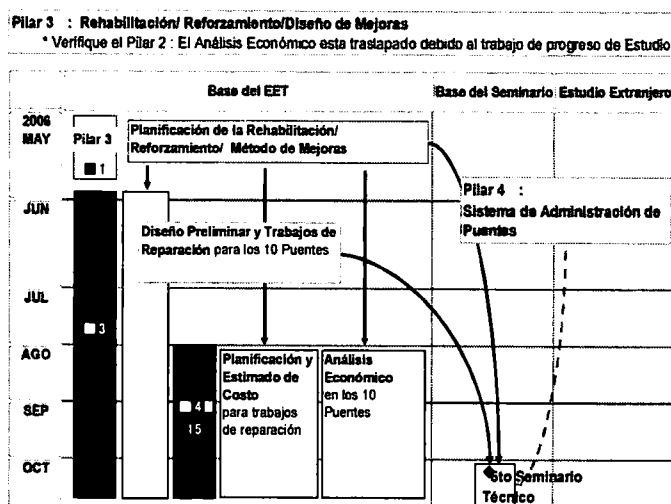
2) Pilar Técnico-2

- 6 Examinación y establecimiento del AHP
- 7 Evaluación de las Deterioraciones
- 8 Priorizar las Reparaciones
- 9 Inspección Detalladas
- 10 Modelos Estructurales y Análisis
- 11 Planificación de la Rehabilitación/ Refuerzo/ Método de Mejoramiento
- 12 Prueba de Carga de Puentes



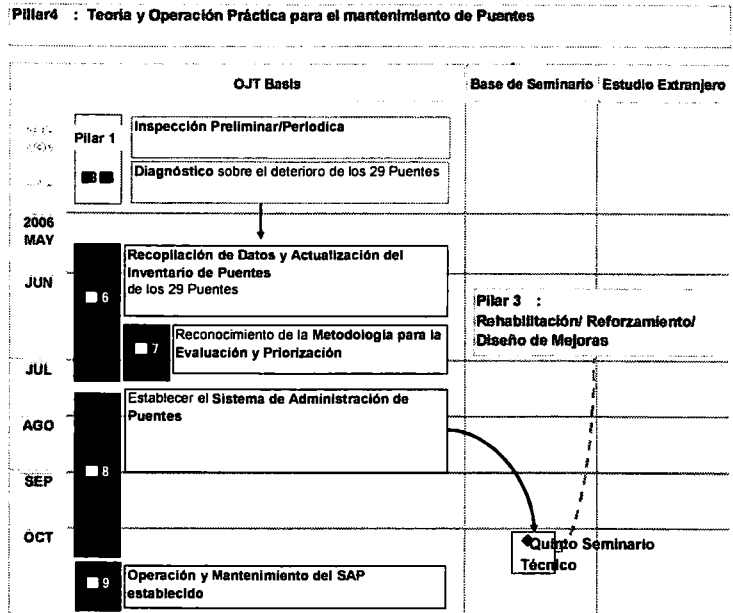
3) Pilar Técnico-3

- 13 Diseño preliminar de Reparación de obras para 10 Puentes
- 14 Planificación y Estimado de costos para trabajos de reparación para 10 Puentes
- 15 Análisis Económico en los 10 Puentes:



4) **Pilar Técnico-4**

- 16 Recolección de Datos y actualización del inventario de puentes de 29 puentes.
- 17 Examinación de la Metodología para la evaluación y priorización.
- 18 Establecimiento del Sistema de Administración de Puentes
- 19 Operación y Mantenimiento del SAEP establecido.



5) **Gira de Estudio en el Extranjero:**

Búsqueda de Hechos Estudio del Sistema de Administración de Puentes en Chile

Un estudio similar a este fue implementado en Chile con la ayuda de Japón entre los años 1991 y 1993. De manera que se logre una mayor ventaja de los resultados de éste estudio previo y que se promueva un entendimiento común para la dirección y los resultados de éste estudio, cuatro miembros del equipo de estudio incluyendo un intérprete, cinco personeros incluyendo tres ingenieros de puentes del MOPT y CONAVI del lado de Costa Rica, y también el Director Ejecutivo, por ejemplo el CONAVI se costeo su viaje, realizaron una visita a Chile para examinar el estado actual del mencionado estudio, su puesta en práctica y de cómo se han ocupado del asunto, etc.

Programa de Entrenamiento de la Contraparte JICA en Japón

Este comenta que la contraparte de JICA tomo un entrenamiento como parte de este estudio, el cual da un aprendizaje factible del mantenimiento de puentes en Japón. Esta dirigido a obtener los efectos suplementarios y amplificar la efectividad en el entrenamiento técnico y diseminación de transferencia técnica. 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 enterarse 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 a base de práctica “de participación activa”. Los ingenieros debidamente han estado certificados y han concluido programa entero y experimentado experiencias.

6) **Seminario Internacional Plan-Puebla-Panamá**

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 calculo 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. El Seminario se ha contemplado para Diciembre 11, 2006 en San José, Costa Rica.

Los 8 países del PPP participan en este Seminario. Cada paísSAEPorta 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.

El Seminario está enfocado a dos temas principales que constan del programa del DC que la contraparte utilizara 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.

Capítulo.8 Condición Existente e Inspección del Sitio de los Puentes del Estudio

8.1 Condiciones Existentes de los 29 Puentes

Los 29 puentes del estudio comprenden 17 puentes de tipo de viga de concreto y 12 puentes de tipo de viga de acero. De acuerdo a las características estructurales predominantes de los puentes donde se observan los tipos compuestos entre la viga de concreto y la viga de acero, a continuación se resumen los tipos de puentes. Las características generales se indican en la Tabla 8.1.

Tabla 8.1. Características Generales de los Puentes de Estudio

No	Nombre del Puente	Ruta	Tipo de Puente	Tramos (m) & Longitud		Año del Diseño	Finalización
					Total		
1	Río Colorado		Losa Suspendida (1-Tramos) + Concreto Reforzado(4-Tramos)	15+25+108+25+15	204	1968	1974 -1978
2	Río Aranjuez		Cercha Continua de Acero (3-Tramos)	24+39+24	88	1944	1955
3	Río Abangares		Cercha Simple de Acero (2-Tramos)	40+60	100	1952	1953
4	Río Piedras		Concreto Reforzado Continuo (3-Tramos)	17+31+1755	55	1952	1959
5	Río Colorado	1	Concreto Reforzado Continuo (4-Tramos) + Arco de Concreto Simple (1-Tramo)	5+6+30+6+5	52	1955	1954
6	Río Ahogados		Cercha Simple de Acero (1-Tramos) + Cercha Continua de Acero (2-Tramos)	61+2*15	92	1951	1955
7	Río Azufrado		Marco Rígido de Concreto Reforzado (3-Tramos)	6+20+6	31	1953	
8	Río Tempisquito		Viga tipo I de Acero simple (3-Tramos)	22+27+22	71	1952	1955
9	Río Volcán		Concreto Reforzado Simple (2-Tramos) + Cercha de Acero Simple (1-Tramo)	18+46+12	77	1957	1961
10	Río Ceibo		Viga tipo I de Acero simple (5-Tramos)	25+3*31+15	132	1958	1961
11	Río Curré		Viga tipo I de Acero simple (4-Tramos)	22+31+31+22	105	1958	1961
12	Río Puerto Nuevo		Viga tipo I de Acero simple (5-Tramos)	21+2*22+25+15	105	1958	1961
13	Río Zapote	2	Concreto Reforzado Continuo (3-Tramos)	17+21+17	55	1957	1961
14	Río Terraba		Viga simple de Acero tipo I (4-Tramos) + Cercha de Acero Simple (3-Tramos)	4*27+3*76	341	1956	1960
15	Río Caracol		Viga tipo I de Acero continuo(3-Tramos)	22+28+22	71	1957	1961
16	Río Nuevo		Concreto Reforzado Continuo (3-Tramos)	17+21+17	55	1957	1961
17	Río Chirripó		Cajón de PC Continuo (3-Tramos)	46+83+46	176	1975	1978
18	Río San José	4	Tipo I de PC conectado (2-Tramos)	20+20	41	1974	1978
19	Río Sarapiquí		Gerber Tipo I de acero (3-Tramos)	22+55+22	98	1970	1978
20	Río Sucio		Cajón de PC Continuo (3-Tramos)	55+102+30	173		
21	Río Toro Amarillo		Cajón de PC Continuo (4-Tramos)	47+2*83+47	260	1975	
22	Río Parismina		Tipo I de PC simple (3-Tramos)	35+35+35	106	1974	
23	Río Reventazón		Cajón de PC continuo (5-Tramos)	47+3*83+47	341	1975	
24	Río Pacuare	32	Tipo I de PC simple (10-Tramos)	9*33+17	318	1972	
25	Río Barbilla		Tipo I de PC conectado (3-Tramos)	33+33+33	100	1968	
26	Río Chirripó		Tipo I de acero simple (2-Tramos) + Tipo I de acero continuo (6-Tramos)	16+59+67+2*73+67+59+16	432	1969	1974 -1978
27	Río Cuba		Tipo I de PC simple (3-Tramos)	3*22	69	1968	
28	Río Blanco		Tipo I de PC simple (3-Tramos)	17+22+17	29	1967	
29	Río Torres	218	Tipo I de PC simple (3-Tramos)	30+2*17	66	1979	

8.2 Método de las Inspecciones

Antes de realizar la inspección en el sitio se recolectaron y estudiaron los documentos y datos relevantes, como por ejemplo los inventarios de puentes en el MOPT, planos, historia de las reparaciones, volumen de tráfico, mapa topográfico, información del río para comprender la condición de cada puente.

La inspección del sitio para los puentes del estudio se implementó con base en la inspección visual. Los ingenieros de puentes del MOPT se unieron al equipo de estudio para implementar la inspección para todos los puentes como un tipo de “entrenamiento en el trabajo”, utilizando efectivamente las hojas de inspección.

8.3 Resultados de las Inspecciones

1) Superestructura

Se observa un daño a la losa en los 14 puentes. Especialmente, todos los puentes en la Ruta 1 tienen un daño en las losas, mientras que los puentes en la Ruta 2, los cuales fueron construidos entre 1960 y 1970 lo mismo que los puentes de la Ruta 1 no tienen daños severos en sus losas. Se observó que el volumen de tráfico pesado es una de las razones principales que causan esos daños en la losa como en el caso de la Ruta 1.

Otras partes que se encuentran dañadas de la superestructura además de la losa son los arriostramientos de los puentes de cercha de acero. Se observan daños a los nudos de conexión entre el larguero y la viga transversal, causados en su mayoría por la falta de rigidez de los marcos.

En el caso de los Puentes No.26, 27 y 28 en la Ruta 32, los cuales están ubicados cerca de Puerto Limón, las vigas principales se han movido unos 10 cm. en dirección transversal y los apoyos se rompieron en el terremoto de 1991..

Las deformaciones de las vigas principales se observan en los puentes No. 17 y No. 20 de vigas cajón tipo PC. Se considera que estas deformaciones fueron causados predominantemente por el insuficiente control de calidad durante su construcción.

2) Subestructura

Se observó en casi todos los puentes que el talud alrededor del bastión colapsó. También se observa socavación alrededor de la fundación de las pilas o bastiones. Especialmente, en el caso del puente No. 16, la socavación de las pilas alcanzó un nivel crítico que la fundación de la pila está expuesta más de 2 m por debajo del fondo de los apoyos.

3) Accesorios

Los accesorios tales como las juntas de expansión, las barandas están en alguna medida dañados debido al mantenimiento insuficiente para todos los 29 puentes del estudio.

4) Contramedidas antisísmicas

En Costa Rica no se presta cuidado ni a las contramedidas antisísmicas ni al reforzamiento de la subestructura tales como el agrandamiento de la longitud traslapada de las vigas y el ancho del asiento del puente etc.

5) Carga Viva y Condición de la Losa

Los Puentes en la Ruta 1 y la Ruta 2, que fueron construidos entre 1950 y 1960, se diseñaron con base a HS15-44 de carga viva y los puentes en otras rutas se diseñaron con HS20-44. El Estudio se deberá conducir para examinar la capacidad de carga en contra de HS20-44+25% de carga viva.

Capítulo.9 Selección de los 10 Puentes para la Rehabilitación y Reforzamiento

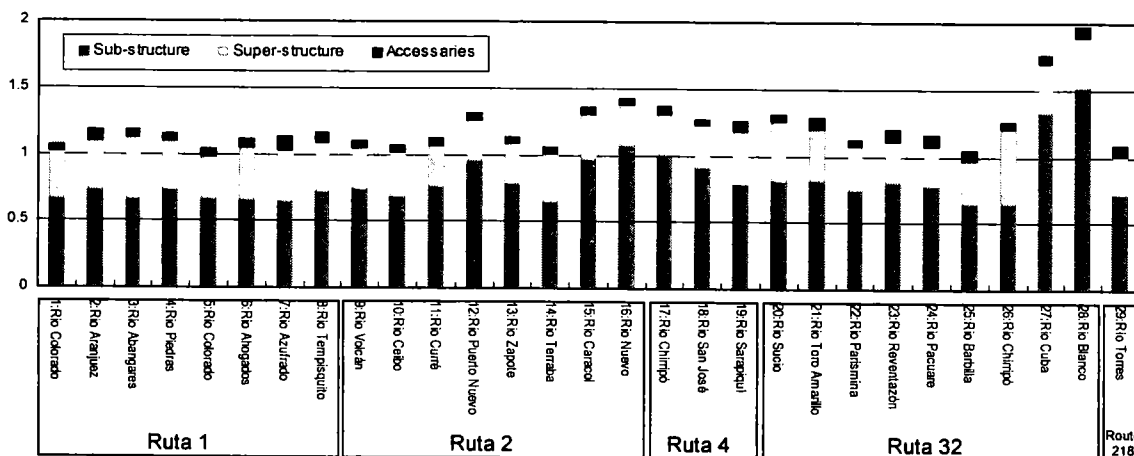
9.1 Método de Evaluación del Daño

Los daños de los puentes fueron inspeccionados visualmente y registrados en las hojas de inspección, lo cual permite indicar de manera precisa el deterioro en cada parte estructural de los puentes.

La selección de los puentes prioritarios para la rehabilitación se procesan y finalizan de acuerdo con la evaluación de la deficiencia comprendida de los puentes cuya criterio de evaluación consiste del grado de deterioro observado, el peso determinado por la importancia funcional como partes estructurales lo mismo que con el peso determinado por el impacto negativo potencial que los daños presentes pueden afectar las partes estructurales del puente.

En este estudio, el Proceso Jerárquico Analítico (PJA), un método de apoyo de decisión se utiliza para la evaluación de la deficiencia del puente.

Bajo la colaboración entre los ingenieros de puentes del MOPT y el equipo de estudio, el peso determinado por la importancia estructural y el peso determinado por el impacto negativo potencial se calcularon a través de un procedimiento con base en la comparación de pares con el PJA y se formula el método de evaluación de la deficiencia de puentes. Los resultados del calculo de la deficiencia para los 29 puentes se resumen en la Figura R.9.1.



Nota) Eje vertical: Deficiencia del Puente, Valor Mayor = Daño más severo (5.0 en Max.)

Figura 9.1. Resultados de la Evaluación de la Deficiencia de Puentes

El estudio excluye los puentes que requieren una reconstrucción que están fuera del alcance del trabajo. El Puente No. 27 y No. 28 no fueron seleccionados ya que sus subestructuras están tan seriamente dañadas que la reconstrucción es más rentable que la rehabilitación en términos de eficiencia de costo.

9.2 Selección de Diez Puentes para el Estudio Detallado

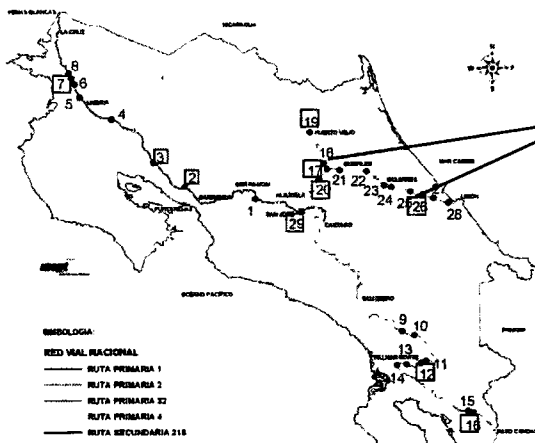
Se deberá seleccionar 10 Puentes para la rehabilitación, el reforzamiento no sólo con base en los resultados de la evaluación de la deficiencia de puentes, pero también otros puntos de vista, que es uno de los propósitos del Estudio, los resultados del estudio deberán ser aplicados de manera extensa y se deberá extender para el mantenimiento de puentes en Costa Rica. A través de una profunda discusión y un examen minucioso junto con los ingenieros de puentes del MOPT, la selección se hizo particularmente prestando atención en los siguientes criterios.

- Diferentes tipos de rehabilitación o Métodos de reparación
- Daños típicos en puentes en Costa Rica.
- Ubicados en una carretera de gran importancia.
- Tipos Estructurales diferentes del Puente.
- Alta prioridad para requerimiento de reparación

Los 10 Puentes Seleccionados se muestran en la Tabla R.9.1 y la Figura R.9.2.

Tabla 9.1. 10 Puentes Seleccionados

Punto de Vista para la Selección	Código del Puente & Nombre	Rango de Deficiencia	Ruta
Superestructura Daño de la losa	2 Río Aranjuez	14	1
	3 Río Abangares	13	1
Subestructura Socavación	16 Río Nuevo	3	2
	12 Río Puerto Nuevo	6	2
Anti-sísmico Reforzamiento	19 Río Sarapiquí	11	4
	26 Río Chirripo	10	32
	29 Río Torres	24	218
Anormal Deformación de la Viga Principal	17 Río Chirripo	4	4
	20 Río Sucio	7	32
Puente Típico	7 Río Azufrado	19	1



Prueba de Carga de Puentes : No.17, No.26

Figura 9.2. Ubicación de 10 Puentes

Capítulo.10 Plan para la Rehabilitación, Reforzamiento y mejora de los 10 Puentes Seleccionados

10.1 Lineamiento del Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora


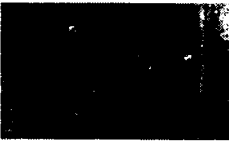
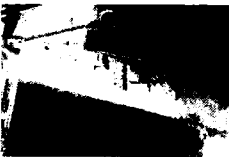
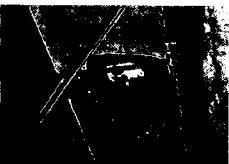
En general, la planificación de la rehabilitación, reforzamiento y mejora para los puentes lo mismo que su diseño se conducen de acuerdo con los resultados de la inspección detallada. En este caso particular del estudio, ya que se necesita verificar completamente y asegurarse que las capacidades de carga satisfagan el HS20-44+25% y que sea resistente a los terremotos al satisfacer los códigos antisísmicos locales; para verificar las fuerzas seccionales o los esfuerzos de cada miembro se aplicó un análisis estructural con modelos estructurales computarizados y así poder determinar la necesidad al mismo tiempo que las condiciones específicas para reforzar. Por lo que, el plan para la rehabilitación, el refuerzo tiene que ser formulado a través de una evaluación de los resultados del diseño detallado y el análisis estructural.

10.2 Clasificación y Causas Predominantes de la Deficiencia y el Deterioro

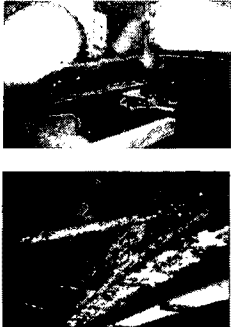
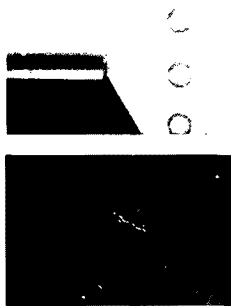
La Tabla R.10.1 muestra la clasificación de los ejemplos predominantes de la deficiencia y el deterioro de los miembros del concreto y el acero y el daño debido a un desastre natural con fotografías y una descripción del fenómeno.

Tabla .10.1. Clasificación del Deterioro



1) Miembros del Concreto

Clasificación	Fotografía	Descripción del Fenómeno
Grieta		<ul style="list-style-type: none"> - Deterioro más popular en los miembros del concreto - Las grietas ocurren primero en una dirección y continúa en dos direcciones, un patrón desordenado, descascaramiento y hoyos.
Eflorescencia		<ul style="list-style-type: none"> - Es el resultado de la reacción entre la eflorescencia en el concreto y el agua que se filtra entre las grietas.
Descascaramiento del acero expuesto		<ul style="list-style-type: none"> - La caída de fragmentos de concreto causa peligros a terceros debajo del Puente. - El fenómeno ocurre por razones de faltante en la sección transversal, faltante en la cubierta, daño debido a un exceso de carga viva y a la corrosión del acero de refuerzo.
Hoyo(s)		<ul style="list-style-type: none"> - El fenómeno ocurre principalmente en la losa debido a una sobre carga, una carga repetida o el impacto de una carga viva anormal - Algunas veces, las causas son defectos tales como el faltante del grosor de la losa y otros.

2) Miembro de Acero

Clasificación	Fotografía	Descripción del Fenómeno
Corrosión		<ul style="list-style-type: none"> - LA corrosión es un fenómeno donde toda la superficie del miembro de acero se corroe uniformemente. - Por otra parte, la corrosión total es un fenómeno donde una parte del miembro de acero se corroe bajo malas circunstancias donde el agua drenada, la filtración de agua fluye desde la junta de expansión o a través de las grietas de la losa y el agua no puede correr libremente. - Una corrosión local presenta usualmente un hoyo o un abultamiento.
Daño por Fátiga		<ul style="list-style-type: none"> - El factor de más influencia de la fatiga es la fluctuación y la frecuencia del esfuerzo repetido. En el caso del acero, su esfuerzo se aumenta, la fatiga aumenta, mientras que el esfuerzo de la soldadura no aumenta. - De acuerdo a esto, la ocurrencia de grietas de pequeña escala no conducen el miembro o la estructura a colapsar, además al tomar medidas apropiadas en las etapas tempranas del agrietamiento, permite al miembro o a la estructura asegurar su promedio de seguridad y de prevenirse en contra de condiciones inestables.

3) Daño causado por un desastre natural

Clasificación	Fotografía	Descripción del Fenómeno
Daño causado por un terremoto		<ul style="list-style-type: none"> - Un daño muy posible y peligroso debido a los desastres naturales es el causado por los terremotos. - La superestructura se puede caer debido a la ruptura de los apoyos y a la falta de la longitud del asiento - Las partes de la subestructura y las fundaciones pueden sufrir de daños debido a los terremotos.
Socavación		<ul style="list-style-type: none"> - La socavación es una erosión que es el resultado del flujo del agua que lavan el lecho del río, los asentamientos al mismo tiempo que los alrededores de las pilas y los bastiones del puente. - La socavación comprende "socavación total" en el Puente y "socavación local" únicamente en las subestructuras tales como las pilas y los bastiones.

Además, la Tabla 10.2 muestra las Causas, el Mecanismo y el Fenómeno de Deficiencia/Deterioro.

Tabla .10.2. Causas, Mecanismo y Fenómeno del Deterioro

Excepto Desastres y Falta de Mantenimiento

Causa del Deterioro	Mecanismo del Deterioro	Fenómeno del Deterioro		
		Miembro de Concreto (incluye acero de refuerzo)	Miembro de Acero	
Carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> - En la reacción química de CaCO_3 generada por $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y el ácido carbónico en la atmósfera, el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en el concreto se consume por lo que el pH mengua para ser neutralizado. - La neutralización no afecta el material de concreto directamente pero afecta la capa de cubierta del acero de refuerzo por lo que este se corroe. 			
Corrosión por sal	<ul style="list-style-type: none"> - El ión de cloruro afecta el acero por lo que se corroe, por lo que luego afecta la expansión del acero y se desarrollan grietas y la separación del concreto. - El miembro del concreto es el que aporta el ión de cloruro que queda restante de la producción y por factores en el ambiente como el viento que sopla del mar. 		Corrosión	
Reacción por agregados alcalinos	<ul style="list-style-type: none"> - El gel de silicón alcalino se desarrolla con Na_2O o K_2O en el concreto y el agregado de reacción y es fácil de expandir con el agua absorbida que luego afecta las grietas. 			
Trabajos con faltas	<ul style="list-style-type: none"> - Los defectos son causados por un mal diseño por la calidad defectuosa de la construcción tales como un faltante en la sección transversal, su cubierta y resistencia y una configuración de los miembros complicada. 		Hoyo	Corrosión
Incremento de carga viva	<ul style="list-style-type: none"> - El 25% de incremento del HS20-44 se aplica para el diseño de la carga viva de puentes en las carreteras nacionales. - Las cargas repetidas y los impactos severos de la carga viva incrementado afecto especialmente de la losa, el sistema de cubierta de acero y la estructura de acero. 			Daño por fatiga

10.3 Inspección Detallada

La inspección detallada se condujo juntamente con los miembros del equipo y los ingenieros de puentes del MOPT con base en los métodos de inspección que se muestran en la Tabla 10.3.

Tabla 10.3. Inspección Detallada

Métodos de Inspección		Elementos de la Estructura		Propósito de la Prueba	Puentes a Inspeccionar
Método de Inspección Visual		Superestructura	Miembro de concreto	—	10 puentes seleccionados
		Subestructura	Miembro de acero		
		Accesorios			
		Fundación	Socavación		
Método Físico	Prueba de la muestra del núcleo del concreto	Miembro del Concreto		Resistencia del concreto	Azufrado (No.7) Sarapiquí (No.19) Sucio (No.20) 10 puentes seleccionados
	Prueba del martillo Schmidt				
Método Químico	Prueba de Fenolfetaleina			Carbonatación	10 puentes seleccionados
Método Eléctrico	Detección del acero de refuerzo			Posición del acero de refuerzo Grosor de la placa	10 puentes seleccionados
Método de medición ultrasónico	Medición de la placa de acero	Miembro de Acero		Grosor del miembro de acero	Abangares (No.3) Sarapiquí (No.19)

Nota: La muestra del núcleo del concreto de la superestructura y la subestructura en el Azufrado (No.7) como Concreto de Refuerzo, Sucio (No.20) como PC. De la subestructura del Sarapiquí (No.19) como Puente de acero.

La Tabla 10.4 resume los resultados de la inspección visual.

Tabla 10.4 Los Resultados de la Inspección Visual para los 10 Puentes

Miembro	Deficiencia /Deterioro	R1		R2		R4		R32		R218	
		2	3	7	12	16	17	19	20	26	29
		ST	RI	SI	RI	PB	SI	PB	SI	PI	
LOsa	Hoyo		○								
	Grietas en 2 Direcciones	○	○	○	○				○	○	
	Grietas en 1 Dirección					○					
Viga de Acero	Levantamiento/Descascaramiento de la pintura	○	○	N/A	○	N/A	N/A	○	N/A	○	N/A
	Corrosión u Oxidación	○	○	N/A	○	N/A	N/A	○	N/A	○	N/A
	Grietas/Rompimiento		○	N/A		N/A	N/A		N/A		N/A
	Deformación			N/A		N/A	N/A		N/A	○	N/A

Miembro	Deficiencia /Deterioro	R1			R2		R4		R32		R218
		2	3	7	12	16	17	19	20	26	29
		ST		RI	SI	RI	PB	SI	PB	SI	PI
Viga de Concreto	Grieta	N/A	N/A	○	N/A	○		N/A		N/A	
	Deformación	N/A	N/A		N/A		○	N/A	○	N/A	
Apoyo y Base del Apoyo	Corrosión/Depósito en el suelo										
	Filtración desde la junta de expansión	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Ruptura del Apoyo									○	
Juntas de Expansión	Ruptura	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Baranda	Ruptura			○							
Pavimento	Incremento de la carga muerta por una sobrecapa de 5cm de grosor	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Pila	Daño en la superficie						○		○		
	Socavación de la Fundación					○					
Bastión	Colapso del Talud frontal	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Nota: ST; Puente de cercha de acero, RI; Viga tipo I de concreto reforzado, SI; Viga de acero, PB; Cajón de PC, PI; Viga tipo I de PC

- Las grietas en la losa aparecen en la mayoría de los puentes y se observa un hoyo en el Abangares (No.3).
- Aparecen grietas en la losa del Abangares (No.3), la deficiencia seccional aparece en la viga de acero del Sarapiquí (No.19) causada por la corrosión.
- Aparecen grietas en la viga de concreto y en la losa.
- Las pilas del Sucio (No.20) y del Chirripó (No.17) están dañadas por las piedras. Se da socavación en la fundación de la pila del Puente sobre el Río Nuevo (No.16).

Al realizar la inspección detallada, se verifica la resistencia del concreto a través de la prueba con la muestra del núcleo y la prueba del martillo schmidt y la carbonatación con la prueba de fenolfetaleína. Se inspeccionó la posición del acero de refuerzo y el grosor de la cubierta del concreto para verificar las condiciones construidas en comparación con los planos originales e implementando las muestras del núcleo. Además, el grosor de la placa de acero fue medida para verificar las propiedades de los miembros de acero cuando los planos no estaban disponibles Tabla 10.5.

Tabla 10.5. Los Resultados de la Inspección Detallada con Métodos Físicos, Químicos, Eléctricos y Ultrasónicos

Inspección		R1			R2		R4		R32		R218
		2	3	7	12	16	17	19	20	26	29
Resistencia Del Concreto	Prueba de la muestra del núcleo Puente No. 7 Puente No.19 Puente No.20			○				○	○		
	Prueba del martillo schmidt (10 puentes)	Superestructura ; 320 ~ 460 kg/cm ² Subestructura ; 240 ~ 490 kg/cm ² Módulo Elástico ; 4.5 ~ 4.7 x 10 ⁵ kg/cm ²									
Profundidad de la Carbonatación (10 puentes) [cm]		2.6~6.0			0.1~1.0		0.1~1.5		1.4~4.5		0.4 ~ 1.2
Detección del acero de refuerzo (10 puentes)		Posición del acero de refuerzo que concuerdan con los planos									
Grosor de la placa de acero Puentes No. 3 Puentes No.19			○					○			
		El grosor de la placa fue medido debido a la falta de planos existentes para implementar el análisis estructural.					El grosor de la placa fue medido para verificar el estado real de la deficiencia seccional causada por corrosión.				

Se verificó que la resistencia del concreto y el módulo elástico satisfacen el requerimiento de diseño.

Se observó que los valores más altos de carbonatación aparecen en los puentes en la Ruta 1 y Ruta 32, que es posiblemente causado por el humo expedido por el volumen de tráfico que es relativamente alto. Sin embargo este no se encuentra en un nivel crítico. También se verificó que la posición del acero de refuerzo en las estructuras de concreto son las apropiadas.

10.4 Análisis Estructural

Para verificar la capacidad de carga que satisface el HS20-44+25% de la carga viva y la resistencia sísmica de los códigos locales antisísmicos, el análisis estructural con el programa de computo "SAP2000" se condujo en los 10 puentes seleccionados.

El incremento de la carga viva se basa en HS20-44+25% afecta la superestructura. A pesar que la subestructura que incluye las fundaciones no sea afectada por el incremento, se requiere de los resultados del reforzamiento para mejorar la resistencia sísmica. Los resultados del análisis estructural se resumen en la Tabla R.10.6.

Tabla 10.6. Resultados del Análisis Estructural

Ítems a ser analizados	Miembros	Resultados
Capacidad de Carga Carga viva HS20-44+25%	Losa	<ul style="list-style-type: none"> Los Puentes en la Ruta 1 & 2 exceden el esfuerzo permitido sobre 20~60%, ya que se aplica HS15 para los puentes diseñados. Los Puentes con HS20 excede el esfuerzo permitido en un 20%.
[Superestructura]	Cercha de acero (No.2, 3)	<ul style="list-style-type: none"> Los miembros verticales exceden el esfuerzo permitido de un 15~40% en la losa, ya que estos están en la Ruta 1. Los miembros que comprenden el diafragma exceden el esfuerzo permitido en un 15~40%.
	Viga Tipo I de acero	<ul style="list-style-type: none"> Las vigas con HS15 exceden el esfuerzo permitido en un 30~50%. El Puente No.19 con un HS20 exceden el esfuerzo permitido en un 45%.
	Viga tipo I de concreto reforzado	<ul style="list-style-type: none"> Las vigas con un HS15 exceden el esfuerzo permitido en un 10~65%. El esfuerzo compartido en los apoyos excede el esfuerzo permitido en un 20~50%.
	Viga tipo I de PC	<ul style="list-style-type: none"> Vigas de 30m de largo con un HS20 exceden el esfuerzo permitido en un 20%. El esfuerzo compartido de las vigas más cortas de 17m de largo excede el esfuerzo permitido en un 30%.
	Cajón de PC (No.17, 20)	<ul style="list-style-type: none"> Se da la capacidad requerida.
	[Subestructura]	Viga Cabesal
Resistencia sísmica	Pila	<ul style="list-style-type: none"> El esfuerzo de tensión del acero de refuerzo para las pilas cilíndricas y las pilas de pared exceden el esfuerzo permitido.
[Subestructura]	Bastión	<ul style="list-style-type: none"> La resistencia sísmica es segura.
	Fundación	<ul style="list-style-type: none"> El ancho de las fundaciones es insuficiente para la fundación aislada El ancho de las fundaciones, la calidad del acero de refuerzo y las pilas son insuficiente para la fundación tipo pila.

10.5 Prueba de Carga de Puentes

LA Prueba de Carga de Puentes se condujo en el Puente de viga de concreto (Chirripó No.17 en la Ruta 4) y en el puente de viga de concreto (Chirrido No.20 en la Ruta 32). El resumen de las pruebas se encuentra en la Tabla 10.7.

Tabla 10.7. Resumen de la Prueba de Carga de Puentes

Nombre	Tipo de Puente/Tramo	Ítems de Prueba	Ítems de Medición	Comentarios
No.17 Chirripó	Cajón de PC 46+83+46	Prueba de Carga estática	Deflexión de las vigas	Vagoneta de 25 toneladas 4 unidades
No.20 Chirripó	Viga de acero Viga simple + Viga Continua 16+(59+67+2x73+67+59)	Prueba de carga estática Medición de las frecuencia del esfuerzo (estimado de la fatiga y la vida residual)	Deflexiones Esfuerzo que actúa Esfuerzo que actúa y frecuencia	Vagoneta de 25 toneladas 1 unidad Estudio del Volumen de Tráfico Verificar la interrelación entre el volumen de tráfico real y el esfuerzo - frecuencia

El resultado del valor medido a través de la prueba de carga estática resulto satisfactoria de acuerdo con el valor analizado basado en el modelo estructural.

Se observan deflexiones anormales, que son posiblemente causadas por la deficiencia de los trabajos de construcción en el tramo central del Puente Chirripó (No.17). Los resultados de la prueba de carga estática muestran que no existen problemas estructurales severos en el puente.

Los resultados de la prueba de frecuencia de esfuerzo se resumen brevemente a continuación. En general, La falla por fatiga tiende a ocurrirle a los miembros estructurales y/o a las partes donde la concentración del esfuerzo y la amplitud aparecen. En el estudio, 4 posiciones como las partes conectores con apoyos (Figura 10.1) los miembros diagonales y los miembros laterales son seleccionados para colocar los medidores. La frecuencia del esfuerzo se monitoreo y registro durante 24 horas continuas. LA Tabla 10.2 muestra el volumen de tráfico por hora en el día de la prueba. La pintura blanca en las barras indica el volumen de tráfico pesado (5-ejes) el que causa una gran amplitud del esfuerzo. El volumen de tráfico durante 24 horas resultó en 6,230 vehículos/día y se contaron 1,996 vehículos/día en camiones de 5 ejes.

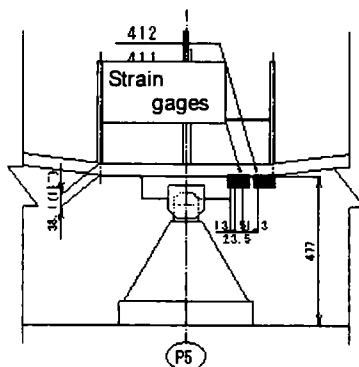


Figura 10.1. Colocación del Strain Gage en la conexión del apoyo

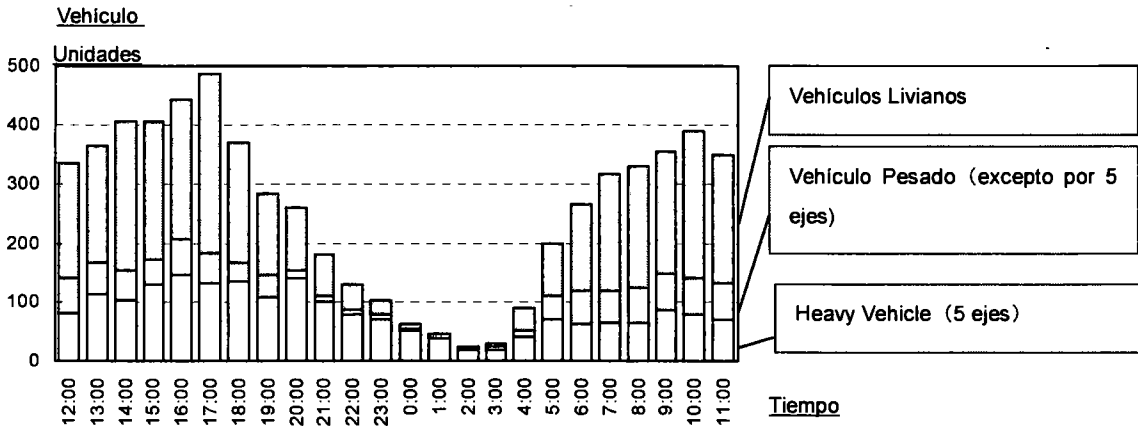


Figura 10.2. Volumen de Tráfico en el Día de la Prueba

Han pasado 28 años desde que se midió la frecuencia de esfuerzo del Puente Chirripó (No.20), Bajo la propuesta de que el volumen de tráfico se mantiene en incremento con la tasa actual de crecimiento, la vida residual en el límite de la fatiga de los miembros medidos es calculada con base en el volumen de tráfico acumulado y la frecuencia del esfuerzo. Además, el tiempo estimado por miembro medido se resume en la Tabla 10.8.

Los resultados muestran que las grietas por fatiga aparecen en la conexión con el apoyo, la cual es la parte más crítica para el año 2030. Resulta que las conexiones con los miembros diagonales poseen una tolerancia considerable. Sin embargo, es esencial mantenerlos monitoreados a través de las inspecciones periódicas, ya que los errores accidentales al medir y/o las suposiciones para los modelos estructurales pueden causar variaciones a los resultados de la prueba.

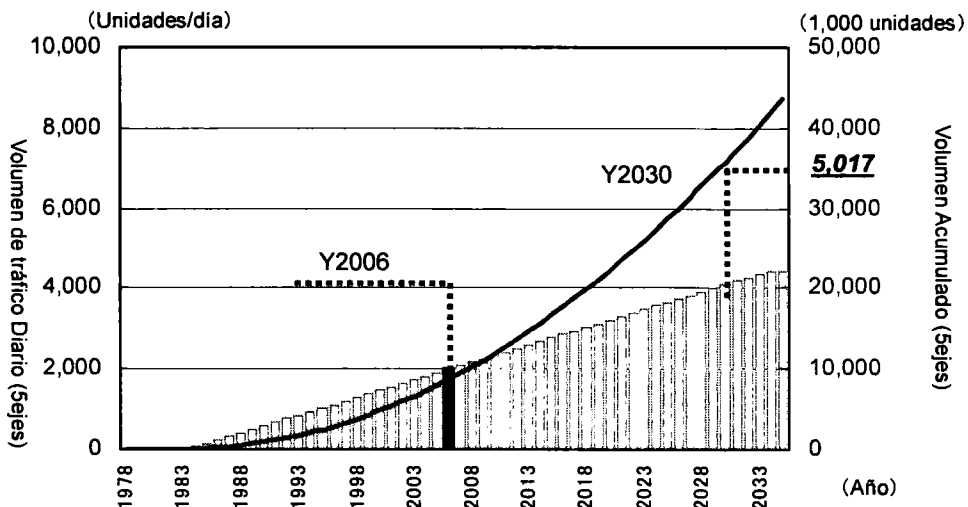


Figura 10.3. Interrelación entre la ocurrencia de la Falla por Fatiga y el Volumen de Tráfico Acumulado

Tabla 10.8. Tiempo Estimado de Ocurrencia de la Falla de Fatiga

Posición/Miembro	Volumen de Tráfico Diario (camiones de 5 ejes) Vp (No.)	Años después de finalizado Yp (año)	Volumen de Tráfico acumulado en la ocurrencia de la falla por fatiga Nf (No.)	Ocurrencia de Falla por fatiga	
				Años después de finalizado Yf (año)	Año
Conexión con apoyos			35 millones	52	2030
Conexión con miembros diagonales 1			107 millones	91	2069
Conexión con miembros diagonales 2	1,996	28	758 millones	241	2219
Conexión con miembros laterales			52 millones	63	2041

Los ingenieros de puentes del MOPT junto con el equipo de estudio trabajaron en la planificación, implementación y evaluación de la prueba. A través de la presentación en el Cuarto Seminario Técnico, el resumen y los resultados de la prueba fueron diseminados a los ingenieros locales por parte de los ingenieros del MOPT.

10.6 Estudio de Condiciones Naturales

El estudio de las condiciones del río para los 29 puentes y el estudio geológico para los 10 puentes seleccionados se realizaron como el estudio de condiciones naturales.

El estudio de las condiciones del río se realizó para poder comprender el río, se investigó para los 29 puentes la erosión, las condiciones del depósito del terraplén del río.

Se condujo el estudio geológico que incluye las excavaciones mecánicas y las pruebas de laboratorio para los 10 puentes seleccionados y se examinaron un total de 21 muestras para poder comprender las condiciones base para asegurar la estabilidad de la fundación.

10.7 Políticas Básicas para la Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora de los 10 Puentes

Plan para la Rehabilitación, Reforzamiento y mejora fue elaborado con base en las evaluaciones comprensivas de factores de peso mencionados anteriormente que comprenden el deterioro y la deficiencia que resulta de la inspección detallada, la capacidad de carga de la superestructura resultante del análisis estructural y la resistencia sísmica de la subestructura.

La Política Básica se resume en la Tabla 10.9 por miembros estructurales específicos.

Tabla 10.9. Política Básica del Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora de los 10 Puentes Seleccionados

Miembros		Plan de Política Básica
Losa (Excepto por el Puesto de cajón de PC)		<ul style="list-style-type: none"> • Incremento del grosor (lado superior o inferior) adherencia de FRP (lado superior o inferior), adherencia de la placa de acero (lado inferior), reemplazo de la losa (losa prefabricada). Incremento del costo de reparación respectivamente en orden.
Marco de la Cubierta (Cercha)		<ul style="list-style-type: none"> • No.2, 3 reemplazo, añadir y reubicar los marcos.
Marco Principal (Cercha)		<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la sección de los miembros existentes. • Disminución de la fuerza de la sección que actúa por miembros adicionales • reconstrucción de los miembros diagonales para asegurar un espacio de la carretera suficiente.
Viga tipo I de acero		<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la sección de los miembros existentes • Cable PC adicional
Viga tipo I de concreto reforzado		<ul style="list-style-type: none"> • Incremento del alto de la viga • Adherencia FRP y de la placa de acero
Viga tipo I de PC		<ul style="list-style-type: none"> • Adherencia FRP
Pila		<ul style="list-style-type: none"> • Cubierta de concreto
Fundación		<ul style="list-style-type: none"> • Fundación Aislada: Incremento del ancho y/o el grosor. • Fundación de Pilote: Incremento del ancho, grosor y pilas
Accesorios	Junta de Expansión	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazar en todos los puentes
	Baranda	<ul style="list-style-type: none"> • Reparar las parte dañadas, en caso de reemplazar la losa, la baranda deberá igualmente ser reemplazada.
	Pavimento	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecapa de 5cm de grosor después de impermeabilizar para proteger la losa.

Para poder mejorar la resistencia sísmica, se deberá implementar el sistema que previene la caída del puente. La aplicación específica para cada miembro de los puentes seleccionados se describe concretamente en el Capítulo 11.

Capítulo.11 Diseño para la Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora de los 10 Puentes Seleccionados

11.1 Análisis del Método para la Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora

1) Superestructura

(1) Losa y Sistema de Soporte de la losa

La capacidad de carga de la losa existente es suficiente para la carga viva HA20+25% en todos los siete puentes excepto en los puentes de viga cajón de PC (No.17 Puente Chirripó y el Puente No. 20 sobre el Río Sucio) y el Puente de viga tipo I de PC (Puente No. 29 sobre el Río Torres), por lo que se necesita el reforzamiento de la losa.

La capacidad de carga de la losa no es suficiente, no sólo en el centro del tramo donde ocurre el momento de flexión positivo, pero también en el apoyo de la losa (en la cercha) debido a la falta del grosor de la losa. Los métodos de reforzamiento se limitan a los realizados en la parte superior de la losa del apoyo de la viga. Sin embargo, el método de adherencia del acero en la parte superior de la losa no se puede aplicar debido a un problema de estabilidad de la adición del pavimento asfáltico en la placa de acero.

Con base en las condiciones anteriores, en la Tabla 11.1 se evaluó la aplicación de los métodos de reforzamiento para la losa en cada tipo de puente.

Tabla.11.1. Aplicación del Método de Reforzamiento para la losa para cada tipo de Puente

Métodos	Puente de Acero	Puente tipo I de CR	Puente Tipo I de PC	Características	Costo
Grosor del Concreto Incremento en la parte superior	○	○	○	Hay un gran incremento de la carga muerta. Se puede considerar como la parte efectiva de la viga principal para los puentes de viga tipo I de concreto reforzado.	Bajo
Grosor del Concreto Incremento en la parte inferior	×	×	×	No se puede aplicar para el momento de flexión negativo en el apoyo de la losa.	-
Adherencia FRP en la parte superior y inferior	○	○	○	No se puede incrementar la carga muerta. No aplica para una losa dañada.	Medio
Adherencia de la placa de acero en la parte superior y inferior	×	×	×	Hay un problema debido a la estabilidad de la adición del pavimento asfáltico en la placa de acero.	-
Adición del Larguero (para el sistema de apoyo de la losa del Puente de cercha)	○	○	○	Relativamente fácil de aplicar en puentes de acero. Incremento de la carga muerta para puentes de viga tipo I de concreto reforzado y de viga tipo I de PC.	Medio
Reemplazo de la losa	○	×	○	No aplica para los puentes de viga tipo I de concreto reforzado, ya que la losa se construyó junto con las vigas principales (construcción compuesta).	Alto

Los métodos de reforzamiento para la losa se analizaron en cada tipo de Puente, tomando en consideración las condiciones estructurales y las del sitio para cada puente. Los resultados de la selección de los métodos de reforzamiento para la losa se describen a continuación.

Los trabajos de reparación, tales como la inyección de resina en las grietas se realizaran en la

losa existente al mismo tiempo que el reforzamiento, excepto donde se use el método de reemplazo de la losa.

Ya que la capacidad de carga del sistema de apoyo de la losa en dos de los puentes de tipo de cercha de acero (Puentes No. 2 y No. 3) es insuficiente para la cara viva HA20+25%, el método de reforzamiento se selecciono tomando en consideración el reforzamiento de la losa y el sistema de apoyo de la losa al mismo tiempo.

Tabla 11.2. Resultados de la Selección del Método de Reforzamiento para la losa y el sistema de apoyo de la losa en los puentes de cercha de acero

Puentes	No.2 Aranjuez, No.3 Abangares	
Grosor del Concreto Incremento en la parte superior	×	El daño a la losa es muy grande (hoyos, grietas en dos direcciones) y excede el nivel de daño, que puede ser reforzado..
Adherencia FRP en la parte superior y inferior	×	El mismo
Mejora del sistema de apoyo de la losa	○	Reemplazar y añadir un larguero y refuerzo de la viga transversal, debido a la insuficiencia de la capacidad de carga del sistema de apoyo de la losa para la carga viva.
Reemplazo de la losa	○	Reemplazo con una losa de Pc prefabricada

Se aplicó el método de adherencia FRP para los puentes de viga tipo I de acero ya que no aumenta la carga muerta, tomando en consideración la capacidad de carga de la viga principal.

Tabla 11.3. Resultados de la Selección del Método de Reforzamiento para la losa Del Puente de viga tipo I de acero

Puente	No.12 Puerto Nuevo. No.19 Sarapiquí, No.26 Chirripo	
Grosor del Concreto Incremento en la parte superior	×	No aplica ya que el incremento de la carga muerta es muy grande y el reforzamiento de la viga es de gran escala.
Adherencia FRP en la parte superior y inferior	○	Aplica. El incremento de la carga muerta es insignificante y no afecta la viga principal. El nivel del costo de construcción es aceptable.
Añadir Larguero	×	No aplica, ya que los trabajos de reparación en la viga principal son de gran escala.
Reemplazo de la losa	×	No aplica debido al costo tan alto.

El método de incremento del grosor del concreto en la parte superior se seleccionó para los puentes de viga tipo I de concreto reforzado donde se pueden aplicar. Para los puentes donde no se puede aplicar, debido a las condiciones estructurales o del sitio, se aplica el método de adherencia FRP.

Tabla 11.4. Resultados de la Selección del Método de Reforzamiento para la losa del Puente de Viga Tipo I de concreto reforzado

Puente	No.7 Azufrado, No.16 Nuevo		No.12 Puerto Nuevo	
Grosor del Concreto Incremento en la parte superior	<input type="radio"/>	Aplica. Es efectivo como reforzamiento de la viga principal	<input checked="" type="checkbox"/>	No aplica debido a la ocurrencia de la diferencia del alto de la losa con la sección de la viga de acero al lado de esta viga.
Adherencia FRP en la parte superior y inferior	<input checked="" type="checkbox"/>	No se necesita aplicar. El costo es un poco mayor.	<input type="radio"/>	Aplica. El costo es un poco mayor, pero no hay problemas estructurales.
Añadir Larguero	<input checked="" type="checkbox"/>	No aplica, ya que los trabajos de reparación en la viga principal son de gran escala.	<input checked="" type="checkbox"/>	No aplica, ya que los trabajos de reparación en la viga principal son de gran escala.

(2) Viga Principal

En la Tabla 11.5. se muestra la aplicación de los métodos de reforzamiento esperados para la viga principal evaluados en cada tipo de puente.

Tabla 11.5. Aplicación de los Métodos de Refuerzo para la Viga Principal en cada tipo de Puente

Método de Refuerzo	Puente de Cercha de acero	Puente de viga tipo I de acero	Puente de viga tipo I de CR	Puente de viga tipo I de PC	Características	Costo
Incremento de la Sección del miembro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Se puede reforzar por el momento de flexión, pero no es efectivo para la fuerza cortante en los puentes de viga tipo I de CR	Bajo
Adherencia FRP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Se puede ignorar el incremento en la carga muerta.	Medio
Adherencia de la placa de acero	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	El incremento de la carga muerta es pequeño	Medio
Adición del miembro	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sólo aplica en los puentes de cercha.	Medio
Añadir cable externo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	El costo material es alto, pero el trabajo de construcción es relativamente fácil.	Alto

Se analizaron los métodos de reforzamiento para la viga principal en cada tipo de puente tomando en cuenta las características estructurales y las condiciones del sitio. En la Tabla 11.6 se muestran los resultados de la selección de los métodos de reforzamiento para los puentes de cercha de acero.

Tabla 11.6. Resultados de la Selección del Método de Reforzamiento para el Marco Principal del Puente de Cercha de acero

Puente	No.2 Aranjuez (Refiérase a la Tabla R.11.16)	No.3 Abangares (Refiérase a la Tabla R.11.17)
Marco Principal	La capacidad de carga de la cuerda inferior, el miembro vertical y diagonal cerca de los apoyos intermedios no son suficientes	La capacidad de carga de la cuerda inferior de los 2 puentes de cercha del tramo corto no es suficiente.
Incremento de la Sección del miembro	<input checked="" type="checkbox"/> No aplica. El reforzamiento requerido excede el nivel que puede ser reforzado al incrementar la sección del miembro..	<input type="radio"/> Aplica. Se puede reforzar al reparar con placa de acero a la sección del miembro.
Adición del miembro	<input type="radio"/> Aplica. Al añadir el miembro diagonal de todo el tramo, los esfuerzos de los miembros mencionados anteriormente se pueden reducir dentro del esfuerzo permitido.	<input checked="" type="checkbox"/> No se necesita
Añadir cable externo	<input checked="" type="checkbox"/> No se puede aplicar debido al tipo estructural	<input checked="" type="checkbox"/> No se necesita

Las vigas principales de los dos puentes de viga tipo I de acero (No. 12 y No. 19) serán reforzados con el método de cable externo. Las áreas donde el grosor de la placa de acero ha disminuido debido a la corrosión en la viga principal del Puente No. 16 serán reemplazadas.

Tabla 11.7. Resultado de la Selección del Método de Reforzamiento para la Viga Principal del Puente de Viga tipo I de acero

Puente	No.12 Puerto Nuevo	No.19 Sarapiquí	No.26 Chirripó
Viga Principal	Capacidad de Carga Insuficiente		Capacidad Suficiente
Incremento de la sección del miembro	×	No aplica. El Reforzamiento requerido excede el nivel, el cual puede ser reforzado al incrementar la sección del miembro.	-
Añadir cable externo	○	ES costoso pero es el único método aplicable	-
Comentarios	-	-El grosor de la placa de acero en algunas partes de la viga principal disminuyen debido a la corrosión. Estas partes serán reparadas al añadir una nueva placa de acero -Para cambiar el articulado del tipo Gerber, la cual es un punto estructural débil en un puente continuo, se reforzará con placa de acero.	-

El método de incremento del grosor del concreto en la parte superior de la losa se ha seleccionado para reforzar la losa de los puentes de viga tipo I de concreto reforzado (No. 7 y No. 16) como se muestra en la Tabla 11.4. La sección de la losa incrementada se puede entender como una parte de la viga principal. Por lo tanto, los métodos de reforzamiento para la viga de estos puentes se analizaron tomando en consideración la sección de la losa incrementada.

Tabla 11.8. Resultados de la Selección del Método de Reforzamiento para la Viga Principal del Puente de Viga tipo I de concreto reforzado

Puente	No.7 Azufrado	No.12 Puerto Nuevo	No.16 Nuevo
Viga Principal	Moemnto de Flexión	Después de considerar el <u>Incremento de la losa</u> Capacidad Insuficiente - En el centro del tramo medio - Cerca de la pila intermedia	Después de considerar el <u>Incremento de la losa</u> Capacidad Insuficiente En el centro de los tramos laterales
	Fuerza Cortante	Capacidad insuficiente cerca de la pila media	Capacidad insuficiente cerca de la pila intermedia
Incremento de la Sección del Miembro	○ Aplica. Aplicar la capacidad para el momento de flexión al incrementar la sección de la viga.	×	×
Adherencia FRP	×	×	○

Puente	No.7 Azufrado	No.12 Puerto Nuevo	No.16 Nuevo
Adherencia de la Placa de Acero	○ Aplica. La capacidad aplicada para el momento de flexión en el centro del tramo medio por adherencia de la placa de acero en la parte inferior de la viga. La capacidad aplicada para la fuerza cortante cerca de la pila intermedia al adherir la placa de acero en ambos lados de la web.	○ Aplica. La capacidad aplicada para el momento de flexión en la viga por adherencia de la placa de acero en la parte inferior de la viga. La capacidad aplicada para la fuerza cortante cerca ambos finales de la viga al adherir la placa de acero en ambos lados de la web.	× No aplica La adherencia FRP es más fácil para los trabajos que este método.
Añadir Cable externo	× No es necesario	× No es necesario	× No es necesario

El Puente No. 29 de viga tipo I de PC consiste en una viga simple con una longitud de 30m y dos vigas simples con una longitud de 17 m. La viga corta tiene suficiente capacidad de carga para el momento de flexión, pero no para la fuerza cortante. El método de reforzamiento se seleccionó según lo muestra la siguiente Tabla.

Tabla 11.9. Resultados de la Selección del Método de Reforzamiento para la Viga Principal del Puente de Viga tipo I de PC

Puente	No.29 Torres	
Viga Principal	Momento de flexión	Capacidad Insuficiente (en el centro de la viga con una longitud de 30 m)
	Fuerza cortante	Capacidad Insuficiente (Cerca de ambos finales de las vigas con una longitud de 30 m y 17 m)
Adherencia FRP	○	Aplica
Adherencia de placa de acero	×	No aplica Se necesitan los pernos de anclaje para la adherencia de la placa de acero. Es imposible hacer hoyos por la seguridad del anclaje, debido a que no se puede confirmar la ubicación de los cables PC en la viga
Añadir cable externo	×	No se necesita

2) Subestructura

Se requiere reforzar la viga de la pila debido al incremento de las cargas viva y muerta diseñadas de la superestructura. Se requiere reforzar la columna o la pared de la pila debido al incremento de la carga muerta de la superestructura y la aplicación del diseño antisísmico para algunos puentes.

(1) Viga en la Pila

Las pilas que necesitan refuerzo en la viga son las columnas de tipo pila. La Tabla 11.10 muestra la evaluación de la aplicación de los métodos de refuerzo para las vigas. Como resultado del análisis del método de refuerzo para una capacidad de carga insuficiente para el momento de flexión y el esfuerzo cortante, se puede aplicar en todas las vigas el método de incremento de sección, que es el método más económico.

Tabla 11.10. Resultados de Selección del Método de Refuerzo para la Viga o la pila

Método de Refuerzo	Incremento de la Sección del Miembro	Adherencia FRP	Adherencia de la placa de acero	Introducción del preesfuerzo
Refuerzo para el momento de flexión	Se puede aumentar en ambos lados de la viga (dirección longitudinal del Puente).	Es imposible adherir la placa de acero en la parte superior de la viga debido a la existencia del apoyo o superestructura.	Es imposible adherir la placa de acero en la parte superior debido a las mismas razones de la adherencia FRP.	Introducir preesfuerzo al incrementar la sección en ambos lados de la viga (dirección longitudinal del Puente).
Refuerzo para la Fuerza Cortante	Posible al aumentar la sección en ambos lados de la viga.	ES posible al adherir FRP en ambos lados de la viga.	ES posible al adherir la placa de acero en ambos lados de la viga.	Imposible
Costo	Bajo	Medio	Medio	Alto
Evaluación	○	×	×	×

3) Columna de la Pila y Pared

En la Tabla 11.11 se evalúa la aplicación de los métodos de refuerzo para la columna de la pila y la pared. El método de cubierta de concreto fue seleccionado debido a su costo y beneficio para mantenimiento.

Tabla 11.11. Resultados de la Selección del Método de Refuerzo para la columna de la viga y pared

Método de Refuerzo	Incremento de la sección del miembro	Adherencia de la placa de acero	Adherencia FRP
Aplicación para las pilas en el Río	Aplicable	La pérdida seccional debido a la corrosión Se requiere para las medidas de anticorrosión	No aplica. Puede ser dañado por rocas arrastradas. ES costoso para reparar el daño.
Disturbio para el área transversal del Río	Poco Disturbio	No hay disturbios	No hay disturbios
Costo	Bajo	Medio	Alto
Evaluación	○	△	×

Las pilas de los Puentes No.17 y No.20, tienen suficiente capacidad de carga, pero se encuentran dañadas por las rocas arrastradas en el río. Los trabajos de la protección de la cubierta de concreto serán construidos alrededor de las pilas donde el río afecta la pila.

4) Fundación

El incremento de la carga viva diseñada no afecta la estabilidad de las fundaciones. Sin embargo, las fundaciones de todos los puentes excepto el Puente No. 20 se necesitan reforzar en contra de la carga muerta incrementada de la superestructura y/o subestructura y también en contra de la aplicación de las cargas sísmicas en los estándares de diseño actuales.

(1) Fundación Aislada

La estabilidad inadecuada de las fundaciones y la capacidad de carga de las fundaciones se encontraron en 6 de los 7 puentes que tienen fundaciones aisladas. La estabilidad de la fundación se logró al aumentar el ancho de la fundación en concreto y la capacidad de carga de la fundación se logró al aumentar la profundidad de la fundación.

(2) Fundación de Pilote

La capacidad de carga de las pilas se encontró que era insuficiente en 2 de los 3 puentes que tienen fundación de tipo pilote y no hay una capacidad de carga suficiente de las fundaciones en todos los 3 puentes.

El método de reforzamiento para las fundaciones de pilote con una insuficiente capacidad de carga es el añadir más del mismo tipo de pilas como las existentes. La fundación de pilote del pilote P1 en el Puente No. 19 sobre el Río Sarapiquí será reforzado al incrementar la pila de acero de tipo H y al incrementar la profundidad de la fundación.

En la estructura existente del Puente No. 16 sobre el Río Nuevo, la estructura se repara en la pila P1 para el movimiento longitudinal, si la pila ocupa columnas adicionales para sobreponer la capacidad de carga insuficiente. Sin embargo, el claro debajo de la viga no es suficiente para añadir un pilote, por lo tanto, el punto de reparación se cambia al Bastión A1, donde los trabajos de refuerzo se pueden realizar, como se muestra en la Tabla 11.12

Tabla 11.12. Resultados de la Selección del Método de Refuerzo para la Fundación de Pila del Puente No. 16 sobre el Río Nuevo

Condición de Reparación Longitudinal	Reparación en la pila P1 igual que en la condición existente			Cambio del Puente de Reparación en el Bastión A1	
Propósito	Cambiar la condición de reparación al aumentar la capacidad de carga de la pila P1			Reducir la carga que actúa en la pila P1, la posibilidad de los trabajos de reforzamiento de las fundaciones del Bastión A1.	
Tipo de pila	Pila de Concreto reforzado (la misma que existe)	Pila de acero tipo H	Pila de concreto colado en el sitio	Pila de Concreto reforzado (la misma que existe)	Pila de concreto colado en el sitio
Agrandar la Fundación	Pequeña	Grande	Grande	Grande	Medio
Evaluación	No es posible poner los pilotes debajo las vigas existentes	Se necesita una máquina especial el poner los pilotes debajo de las vigas existentes. Costoso	Se necesita una máquina especial el poner los pilotes debajo de las vigas existentes. Costoso	No se necesita trabajar debajo de las vigas existentes	No se necesita trabajar debajo de las vigas existentes
	×	×	×	△	○ Aplicado

Además, todas las fundaciones de los puentes con fundaciones de tipo pilote

5) Sistema de Prevención de Colapso para Puentes

Ya que no hay un sistema de prevención para el colapso de la superestructura durante terremotos en Costa Rica, se han planeado contramedidas para el colapso de puentes en todos los casos y los sistemas de prevención para el colapso de puentes que se aplican se muestran en la Tabla 11.13.

Tabla 11.13. Sistema de Prevención Seleccionado para el Colapso de Puentes

Sistema de Prevención de Colapso para Puentes	Tipo Estructural
Asegurar la Longitud del asiento del puente	Agrandar el asiento de los puentes en los bastiones y las pilas.
Conexión de la viga antisísmico	Conexión con el sistema de cadena entre la superestructura y la subestructura (para puentes de acero)
Limitation System for Girder Movement	Colocar los bloques de concreto para limitar el movimiento de la viga en el bastión y la pila (para puentes de concreto)

6) Pavimento Y accesorios del Puente

(1) Pavimento

La media pulgada en la parte superior de la losa de concreto se considera como el pavimento en la mayoría de los puentes en Costa Rica. Sin embargo, cuando hay una grieta en la losa, el agua penetra en esta y acelera el deterioro de la losa de concreto.

Por lo tanto, se planea que durante el refuerzo de la losa, se debe de impermeabilizar la parte superior de la losa y el pavimento asfáltico para prevenir el deterioro.

(2) Accesorios del Puente

Los accesorios del Puente incluyen los apoyos, las juntas de expansión, barandas, etc. Las partes dañadas o deterioradas serán reparadas. Ya que las juntas de expansión afectan especialmente la seguridad y la capacidad de manejo de los vehículos, el efecto de impacto en la losa y el progreso del deterioro del apoyo debido a la filtración de aguas desde la junta de expansión, se planeo que todas estas sean reemplazadas por juntas nuevas.

(3) Trabajos de Protección para el Lecho del Río y el Talud

Se harán trabajos de protección del lecho del río con una alfombra de gaviones alrededor de las pilas ubicadas en el río, donde se observa la socavación. Los trabajos de protección del talud de concreto enrocado se realizarán en los taludes donde se observan los colapsos o deslizamientos en frente del bastión.

11.2 Diseño para la Rehabilitación, el Reforzamiento y Mejora de los 10 Puentes Seleccionados

Los métodos de rehabilitación, reforzamiento y mejora para los 10 puentes seleccionados se resumen en la Tabla 11.14. Los resúmenes de los diseños de reparación y reforzamiento para cada Puente se muestran de la Tabla 11.16 a la 11.25.

Tabla 11.14 Resumen de los Métodos de Rehabilitación, Reforzamiento Y Mejora par alas Superestructuras de los 10 Puentes Seleccionados
(Los métodos marcados con una ○ serán aplicados)

Miembro	Método de Reparación y Reforzamiento	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			○			○					
	Adherencia FRP				○	○			○		○	
	Reemplazo (Panel PC)	○	○									
Sistema de apoyo de la losa y Viga Principal del Puente de acero	Reemplazo de la losa	○	○	N/A		N/A	N/A	N/A		N/A		N/A
	Incremento de la sección del miembro		○	N/A		N/A	N/A	N/A	○	N/A		N/A
	Añadir miembro	○		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	○	N/A		N/A
	Añadir cable externo			N/A	○	N/A	N/A	N/A	○	N/A		N/A
Viga Principal de Puentes de CR y PC	Añadir Cable Externo	N/A	N/A	○	N/A				N/A		N/A	
	Adherencia FRP	N/A	N/A		N/A		○		N/A		N/A	○
	Adherencia de Placa de acero	N/A	N/A	○	N/A	○			N/A		N/A	
Accesorios del Puente	Reemplazo la Junta de Expansión	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Reparar Apoyo						○				○	
	Reemplazo de la baranda	○	○									
Pavimento	Pavimento Asfáltico	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Impermeabilizar	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Tabla 11.15 Resumen del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejora para las Subestructuras de los 10 Puentes seleccionados
(Métodos marcados con ○ serán aplicados)

Miembro	Método de Reparación y Reforzamiento	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				○			○		○	○
	Cubierta de concreto	○	○	○		○					○
	Protección de la pila							○	○		
Fundación	Agrandar la fundación	○	○	○	○	○	○	○		○	○
	Añadir Pila	N/A	N/A	N/A	N/A	○	N/A	○	N/A		N/A
Sistema de Prevención de colapso para Puentes	Asegurar la longitud del asiento del puente, sistema de limitación para el movimiento de la viga	○	○		○	○		○		○	○
	Conexión de la viga antisísmica		○		○			○		○	
Trabajo de protección	Protección del talud (Enrocado)	○			○	○					
	Protección del lecho del Río (Alfombra de Gaviones)	○	○		○	○				○	○

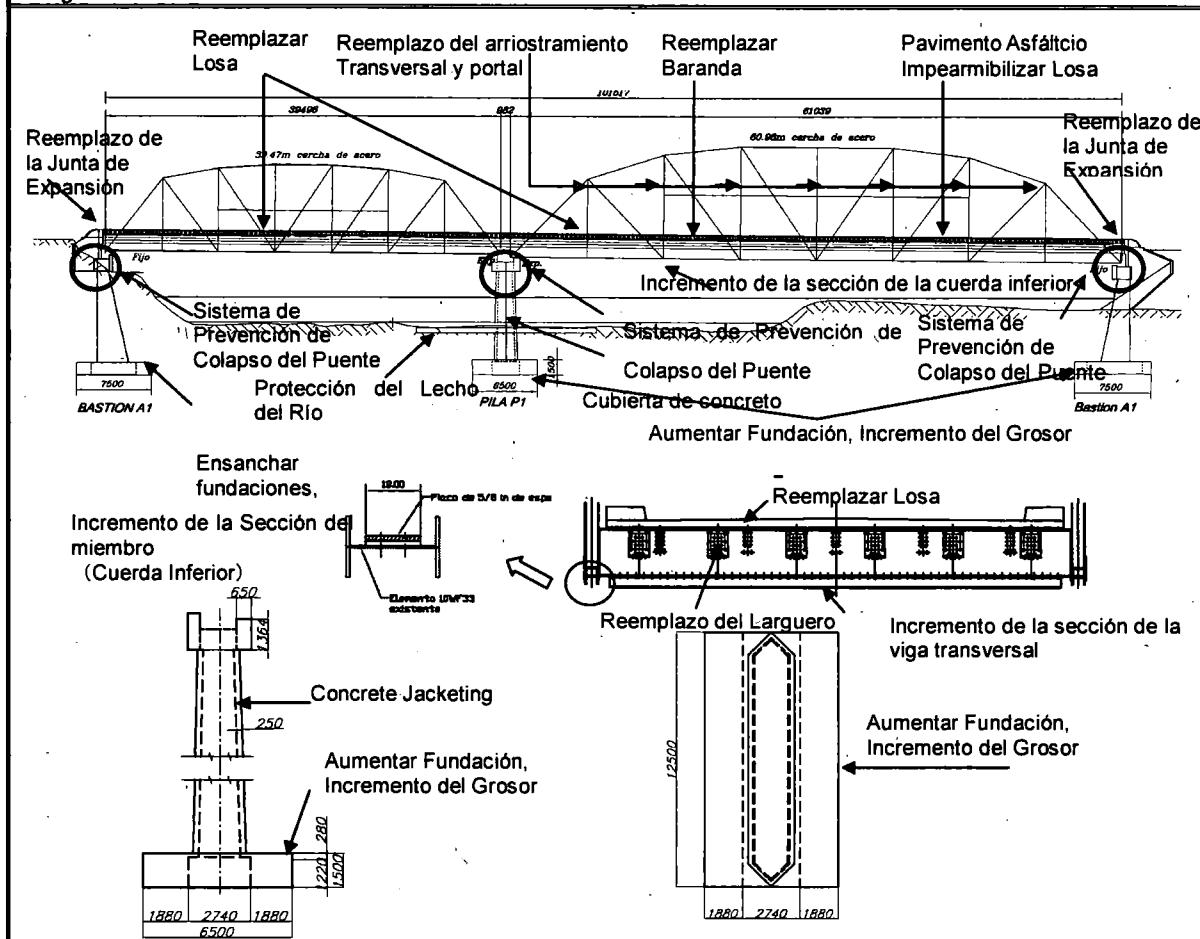
Tabla 11.16 Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.2 sobre el Río Aranjuez

Nombre del Puente:	Río Aranjuez	Ruta	Ruta de la Carretera Nacional 1	
Tipo de Puente:	Puente de 3 Tramos Continuos de Cercha de Acero			
Longitud del Puente:	87.780m	Tramos	24.40 + 39.01 + 24.40 m	
	A1Bastió	P1Pila	P2Pila	A2Bastión
	n			
Tipo de Subestructura	Marco Rígido	Pared	Pared	Marco Rígido
Tipo de Fundación	Aislada	Aislada	Aislada	Aislada
Carga Viva Diseñada:	HS15-S12			

Super estructura	Losa	Reemplazo (Panel de PC Prefabricado)
	Sistema de apoyo de la losa	Larguero: Reemplazo Viga Transversal: Incremento de la sección del miembro
	Main Structure	Miembro Diagonal: Miembro Adicional
Sub-estructura	Asiento del Puente	Sistema de Prevención de Colapso para Puentes: A1,A2
	Columna	Cubierta de Concreto: P2 (1.66 x 6.71 m → 2.16 x 7.21 m)
Fundación	Fundación	Ensanche, Incremento del Grosor P1 (3.05 x 7.32 x 1.52 m → 5.50 x 9.00 x 1.52m) P2 (4.27 x 7.32 x 1.52 m → 11.50 x 13.00 x 2.20m)
Accesorios	Junta de Expansión	Reemplazo: A1, A2
	Baranda	Reemplazo: Baranda de Acero (Longitud Total)
Pavimento		Pavimento Asfáltico: t=5cm, Impermeabilización: Losa (Área Total)
Protección		Protección del Talud: Enrocado (A1)
		Protección del Lecho del Río: Alfombra del Gavión (A1, P1, P2)

Tabla 11.17 Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.3 sobre el Río Abangares

Nombre del Puente:	Río Abangares	Ruta :	Ruta de la Carretera Nacional 1
Tipo de Puente:	Cercha de Acero Simple x 2 Tramos		
Longitud del Puente::	101.517 m	Tramos:	39.496 + 61.039 m
	A1Bastión	P1Pila	A2Bastión
Tipo de Subestructura	Marco Rígido	Pared	Marco Rígido
Tipo de Fundación	Aislada	Aislada	Aislada
Carga Viva Diseñada:	HS15-S12		



Super estructura	Losa	Reemplazo (Panel de PC Prefabricado)	
	Sistema de apoyo de la losa	Larguero: Reemplazo	Viga Transversal: Incremento de la sección del miembro
Sub estructura	Estructura Principal	Cuerda Inferior: Incremento de la sección del miembro (Placa de cubierta) Arriostramiento Portal: Reemplazar	
	Asiento del Puente	Sistema de Prevención de Colapso del Puente: A1,P2,A2	
Fundación	Columna	Cubierta de Concreto: P1 (1.75 x 5.98 m → 2.25 x 6.48 m)	
	Fundación	Ensanchar, Incremento del Grosor:	A1 (4.57 x 2.59 x 0.91 m → 7.50 x 4.50 x 0.91 m) P1 (2.74 x 12.50 x 1.22 m → 6.50 x 12.50 x 1.50 m) A2 (5.49 x 3.05 x 1.22 m → 7.50 x 5.00 x 1.22 mm)
Accesorios	Sistema de Prevención de Colapso para Puentes	Conexión de la Viga antisísmica: Tipo cadena	
	Junta de Expansión	Reemplazo: A1,P1, A2	
	Baranda	Reemplazo: Baranda de acero (Longitud Total)	
Pavimento		Pavimento Asfáltico: t=5cm, Impermeabilidad: Losa (Área Total)	
Protección		Protección del Lecho del Río: Alfombra del Gavión (P1)	

Tabla 11.18 Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.7 sobre el Río Azufrado

Nombre del Puente:	Río Azufrado	Ruta	Ruta de la Carretera Nacional 1
Tipo de Puente:	3 Tramos Continuos Marco Rígido Viga tipo I de concreto reforzado		
Longitud del Puente:	31.390 m	Tramos	5.790 + 19.810 + 5.790 m
	P1Pila	P2Pila	
Tipo de Subestructura	Pared	Pared	
Tipo de Fundación	Aislada	Aislada	
Carga Viva Diseñada:	HS15-S12		

Super estructura	Losa	Losa: Incremento del Grosor del Concreto en la parte superior (9cm)	
	Viga Principal	Momento de Flexión :Incremento de la sección del miembro (30cm,cerca de la Pila del centro :5.4m) Adherencia de la Placa de acero (b=40cm, t=9.5mm, Centro del Tramo medio: 7.20m) Fuerza Cortante : Adherencia de la Placa de acero (b=30cm,t=6.4mm, Lado del tramo medio cerca de la Pila 4.90m)	
Sub estructura	Columna	Cubierta de Concreto: P1,P2 (1.67 x 0.48 m x 4 → 1.83 x 0.98 m x 4)	
Fundación	Fundación	Agrandar, Incremento del grosor:	P1, P2 (1.83 x 8.23 x 0.76 m → 5.83 x 8.23 x 1.06 m)
Accesorios	Junta de Expansión	Reemplazo: A1, A2	
Pavimento		Pavimento Asfáltico: t=5cm, Impermeabilizar: Losa (Área Total)	

Tabla 11.19 Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.12 sobre el Río Puerto Nuevo

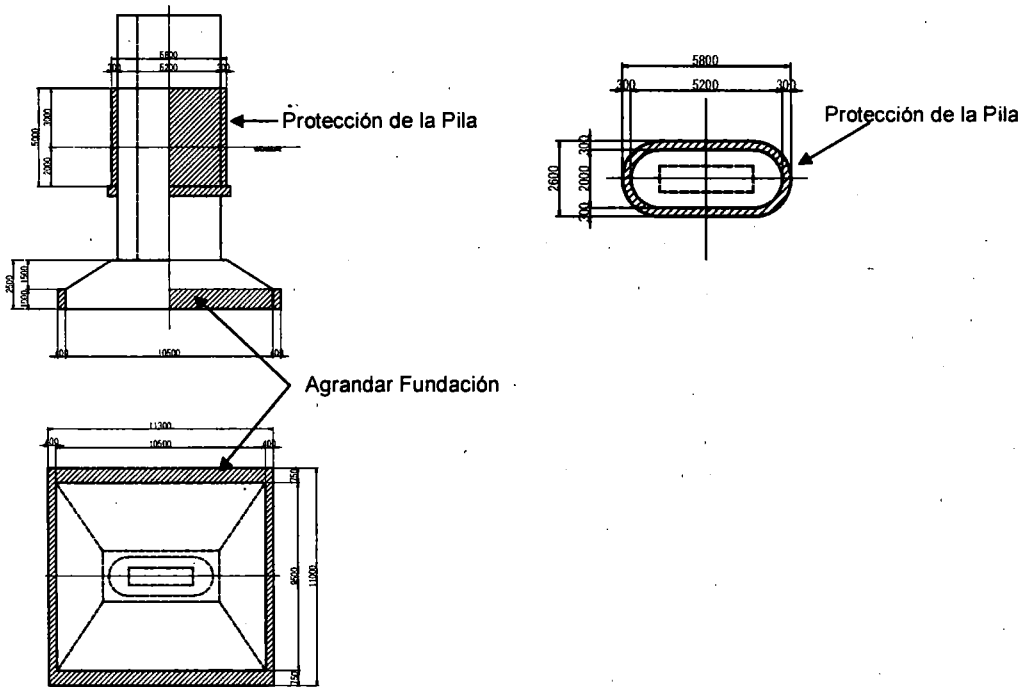
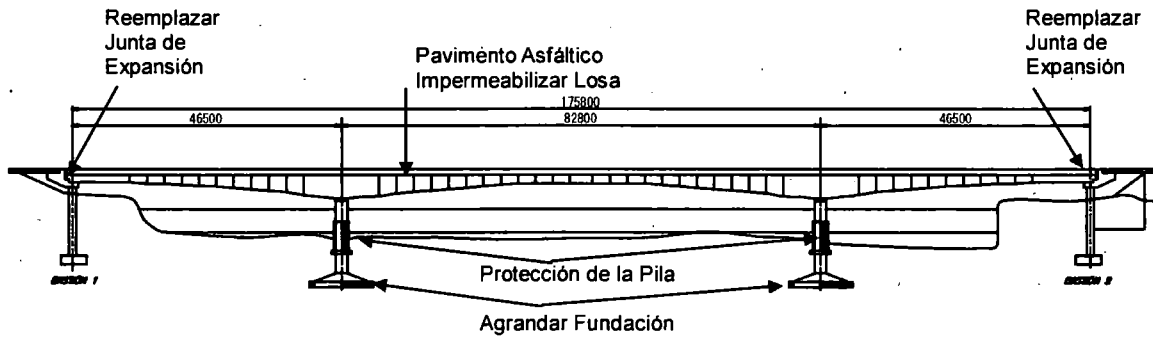
Nombre del Puente:	Río Puerto Nuevo	Ruta	Ruta de la Carretera Nacional2
Tipo de Puente:	Viga Tipo I de acero simple x 4 Tramos + Viga tipo I de concreto reforzado Simple		
Longitud del Puente:	104.890 m	Tramos: 21.34 x 3 + 24.38 + 15.240 m	
Tipo de Subestructura	A1Bastión Marco Rígido	P1Pila Columna con Viga	P2Pila Columna con Viga
		P3Pila Columna con Viga	P4Pila Columna con Viga
			A2Bastión Marco Rígido
Tipo de Fundación	Aislada	Aislada	Aislada
Carga Viva Diseñada:	HS15-S12		
Super estructura	Losa	Adherencia FRP: (Parte Inferior y Superior, 2 capas cada uno)	
	Viga Principal	Añadir Cable externo: (70pies Viga; 1500kNx2+ 570kNx2, 80piesViga; 940kNx2 +740kNx2)	
	Viga tipo I de CR	Momento de Flexión: Adherencia de la placa de acero (b=40cm ,t=9.5mm, Centro 11.6m) , Fuerza cortante: Adherencia de la placa de acero (b=40cm, t=6.4mm, Área 4.8m desde el borde)	
Sub estructura	Asiento del Puente	Sistema de Prevención de Colapso para Puentes: A1,P1,P2,P3,P4,A2	
	Viga tipo pilote	Incremento de la Sección de la Viga: P2,P3,P4 (0.91 x 1.83 m →1.96 x 1.83 m)	
Fundación	Fundación	Ensanchar, Incremento del Grosor	P1 (4.57 x 4.57 x 1.22 m → 7.50 x 7.50 x 1.50 m) P2 (5.49 x 5.49 x 1.50 m → 6.00 x 6.00 x 1.50 m) P3 (5.03 x 5.03 x 1.22 m → 6.50 x 6.50 x 1.50 m) P4 (4.57 x 4.57 x 1.22 m → 5.50 x 5.50 x 1.50 m) A2 (3.35 x 2.44 x 0.91 m → 0.45 x 2.50 x 0.91 m)
Accesorios	Sistema de Prevención de Colapso del Puente	Conexión de la Viga antisísmica: Tipo cadena (A1, P1, P2, P3, P4, A2)	
	Junta de Expansión	Reemplazo : A1, P1, P2, P3, P4, A2	
Pavimento		Pavimento Asfáltico: t=5cm, Impermeabilizar: Losa (Área Total)	
Protección		Protección del Talud: Enrocado (A1)	
		Protección del Lecho del Río: Alfombra del Gavión (P1)	

Tabla 11.20 Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.16 sobre el Río Nuevo

Nombre del Puente:	Río Nuevo	Ruta	Ruta de la Carretera Nacional 2
Tipo de Puente:	3 Tramos Continuos de Viga tipo I de CR		
Longitud del Puente:	55.480 m	Tramos	17.07 + 21.34 + 17.07 m
Tipo de Subestructura	A1Bastión T Invertida	P1Pila Marco Rígido con Pared Interna	P2Pila Marco Rígido con Pared Interna
Tipo de Fundación	Fundación Tipo Pilote (Pila de CR)	Fundación Tipo Pilote (Pila de CR)	Fundación Tipo Pilote (Pila de CR)
Carga Viva Diseñada:	HS15-S12		
Super estructura	Losa	Losa : Incremento del Grosor del Concreto en el lado superior (9cm)	
	Viga Principal	Momento de Flexión: Adherencia FRP (b=48cm ,6 capas, Centro de ambos tramos laterales,3.70m) Fuerza Cortante: Adherencia FRP (b=30cm, 1capa, Ambos finales de la viga 4.0m, Ambos lados cerca de la Pila Intermedia 8.50m)	
Sub Estructura	Asiento del Puente	Sistema de Prevención de Colapso para Puentes: A1,A2	
	Columna	Cubierta de Concreto: P2,P3 (Rellenar el área abierta)	
Fundación	Fundación	Ensanche, Incremento del Grosor A1 (1.52 x 9.04 x 0.91 m → 6.02 x 9.50 x 1.80 m) P1 (3.67 x 2.74 x 0.91 m x 2No. → 4.67 x 8.77 x 1.21 m) P2 (2.74 x 2.74 x 0.91 m x 2No. → 4.67 x 8.77 x 1.21 m)	
	Pilote	Añadir Pilote: A1, Pilote de CR colado en sitio (D=1000 mm x 8No.)	
Accesorios	Apoyo	Reparación : (Cambiar el punto de reparación de P1 a A1)	
	Junta de Expansión	Reemplazo: A1, A2	
Pavimento		Pavimento Asfáltico: t=5cm, Impermeabilización: Losa (Área Total)	
Protección		Protección del Talud: Enrocado (A1,P1&P2, A2) Protección del Lecho del Río: Alfombra del Gavión (A1, P1, P2, A2)	

Tabla 11.21 Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.17 sobre el Río Chirripó

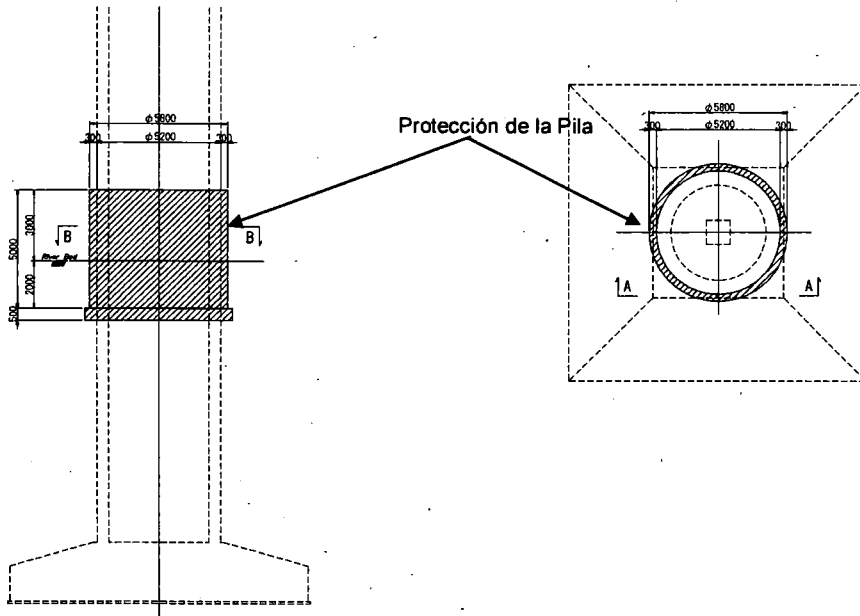
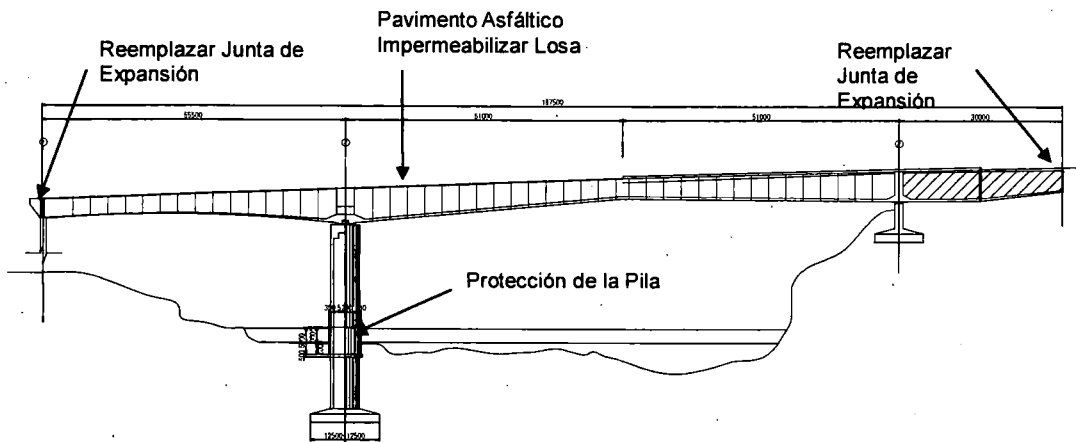
Nombre del Puente:	Río Chirripó	Ruta	Ruta de la Carretera Nacional4	
Tipo de Puente:	Puente de 3 Tramos Continuos de Viga Cajón de PC			
Longitud del Puente:	175.800 m	Tramos	46.500 + 82.800 + 46.500 m	
Tipo de Subestructura	A1Bastión	P1Pila	P2Pila	A2Bastión
Tipo de Fundación	Marco Rígido	Pared	Pared	Marco Rígido
Tipo de Fundación	Aislada	Aislada	Aislada	Aislada
Carga Viva Diseñada:	HS-20			



Super estructura		
Sub estructura	Pila Columna	Protección de Concreto: P1,P2 (25cm de grosor, 5m alto del área cerca del lecho del Río)
Fundación	Fundación	Agrandar, Incremento del grosor P1 (9.50 x 10.50 x 2.50 m → 11,0 x 11.3 x 2.50 m) P2 (9.50 x 10.50 x 2.50 m → 11,0 x 11.3 x 2.50 m)
Accesorios	Junta de Expansión	Reemplazo:A1, A2
Pavimento		Pavimento Asfáltico: t=5cm, Impermeabilizar: Losa (Área Total)

Tabla 11.23 Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.20 sobre el Río Sucio

Nombre del Puente:	Río Sucio	Ruta	Ruta de la Carretera Nacional32
Tipo de Puente:	3 Tramos Continuos de Viga Cajón PC		
Longitud del Puente:	187.500 m	Tramos	55.500 + 102.000 + 30.000 m
	A1 Bastión	P1 Pila	P2 Pila
Tipo de Subestructura	Marco Rígido	Columna	Pared
Tipo de Fundación	Aislada	Aislada	Aislada
Carga Viva Diseñada:	HS-20		



Super estructura	-	
Sub estructura	Pila Columna	Protección del Concreto: P1,P2 (25cm de grosor, 5m alto del área cerca del lecho del río)
Fundación	-	
Accesorios	Junta de Expansión	Reemplazo: A1, A2
Pavimento		Pavimento Asfáltico : t=5cm, Impermeabilizar: Losa (Área Total)

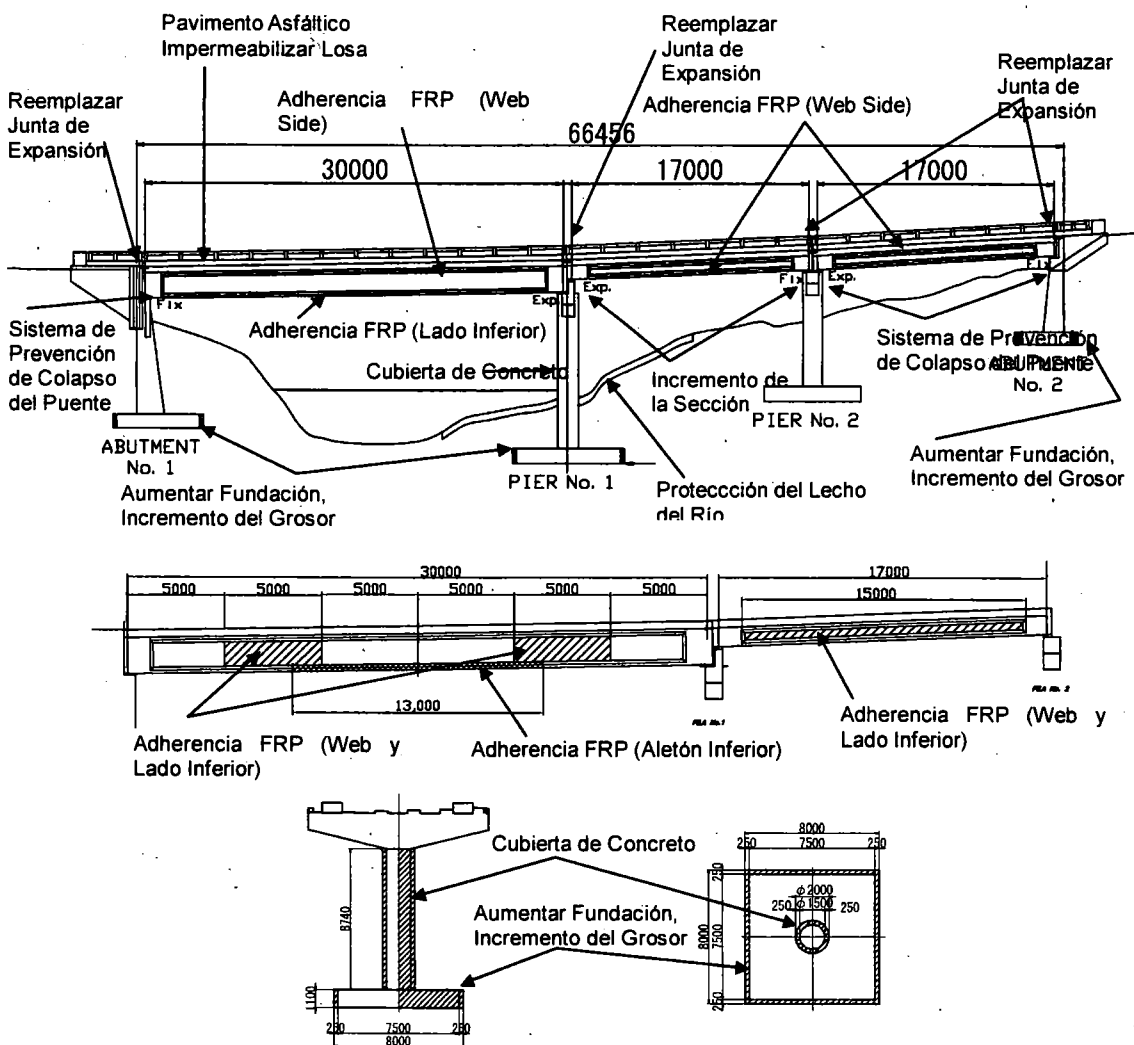
Tabla 11.24 Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.26 sobre el Río Chirripó

Nombre del Puente:	Río Chirripó	Ruta	Ruta de la Carretera Nacional 32
Tipo de Puente:	6 Tramos Continuos de Viga Tipo I de acero + Viga simple tipo I de acero		
Longitud del Puente:	416.000 m	Tramos	59.5+67.0+73.0x2+67.0+59.5+16.23 m
	P1 Pila	P2 - P7 Pila	A2 Bastión
Tipo de Subestructura	Columna con Viga	Igual	Marco Rígido
Tipo de Fundación	Pile Fundación (Pila de acero tipo H)	Igual	Fundación tipo Pila (Pila de acero tipo H)
Carga Viva Diseñada:	HS20		

Super estructura	Losa	Adherencia FRP (lado inferior y superior, 2 capas cada uno)
Sub estructura	Asiento del Puente	Sistema de Prevención de Colapso para Puentes: P1, P7, A2
	Viga de la Pila	Incremento de la Sección : P4 (1.50 x 2.40 m → 2.10 x 2.40 m)
Fundación	Fundación	Agrandar, Incrementar Grosor
		P1, P7 (2.20 x 7.30 x 1.80 m → 4.20 x 9.30 x 2.30 m)
		P2, P6 (2.80 x 7.70 x 2.00 m → 4.80 x 9.70 x 2.50 m)
Accesorios	Sistema de Prevención de Colapso del Puente	Conexión de la Viga antisísmica: Cadena (A1, P7, A2)
	Junta de Expansión	Reemplazo: P1, P7, A2
Pavimento		Pavimento Asfáltico: t=5cm, Impermeabilizar: Losa (Área Total)
Protección		Protección del Lecho del Río : Alfombra del Gavión (P2, P3, P4)

Tabla 11.25 Resumen del Diseño de Reparación y Reforzamiento para el Puente No.29 sobre el Río Torres

Nombre del Puente:	Río Torres	Ruta	Ruta de la Carretera Nacional 216	
Tipo de Puente:	Viga tipo I de PC x 3 Tramos			
Longitud del Puente:	66.456 m	Tramos	30.000 + 17.000m x 2	
	A1 Bastión	P1 Pila	P2 Pila	A2 Bastión
Tipo de Subestructura	Columna con Viga	Columna con Viga	Columna con Viga	Marco Rígido
Tipo de Fundación	Aislada	Aislada	Aislada	Aislada
Carga Viva Diseñada:	HS20			



Super-estructura	Viga Principal	Momento de Flexión: Adherencia FRP 30m viga, centro 13.0m) Fuerza Cortante: Adherencia FRP (30m viga, cerca de ambos finales 5.0m cada uno, 17m viga de una Longitud Total de cerca de 15.0m)
Sub-estructura	Asiento del Puente	Sistema de Prevención de Colapso para Puentes: A1,P1,P2,A2
	Viga de la pila	Incremento de la sección : P1, P2 (1.10 x 2.25 m → 1.90 x 2.25 m)
	Pila Columna	Cubierta de Concreto: P1 (D=1.50m → 2.00m)
Fundación	Fundación	Agrandar Incremento del grosor A1: (6.00 x 3.50 x 1.00 m → 6.50 x 4.00 x 1.00 m) P1: (7.50 x 7.50 x 1.10 m → 8.00 x 8.00 x 1.10 m) A2: (3.50 x 2.00 x 0.90 m → 4.50 x 3.00 x 0.90 m)
Accesorios	Junta de Expansión	Reemplazo: A1, P1, P2, A2
Pavimento	-	Pavimento Asfáltico: t=5cm, Impermeabilizar :Losas (Área Total)
Protección		Protección del Lecho del Río: Alfombra del Gavión (P1)

Capítulo.12 Planificación de la Construcción y Estimado del Costo Preliminar

12.1 Planificación de la Construcción

LA ejecución de los trabajos para el proyecto sin necesidad de cerrar completamente el tráfico es crucial al considerar los aspectos sociales y económicos ya que estos puentes se ubican en caminos de camiones importantes en Costa Rica. Por lo tanto, los trabajos de construcción básicos se deberán de ejecutar en un lado del puente para poder asegurar el tráfico de una vía en todo tiempo. Considerando este factor se espera un periodo de construcción extenso.

12.2 Estimado del Costo

El costo estimado para el proyecto consiste de los siguientes ítems mostrados a continuación:

Costo Directo

- Costo de Construcción
 - Preparación y reubicación de las instalaciones del sitio temporales.
 - Control de tráfico en el periodo de construcción
 - Costo de ejecución de los trabajos
- Transportation cost of equipment & material: 5% of total construction cost

Costo Indirecto

- (a) Costo de Contingencia: 5% del costo directo total
- (b) Costo de Administración: 10% del {costo directo total + (a)}
- (c) Ganancia del Constratista: 10% del {costo directo total + (a) + (b)}

El periodo de construcción estimado y el costo del proyecto se muestran en la Tabla 12.1.

Tabla 12.1. Periodo de Construcción & Costo del proyecto para 10 Puentes

Rt.	No.	Nombre	Periodo (días)	Costo del proyecto (Dólares)
1	2	Río Aranjuez	120	1,291,000
	3	Río Abangares	140	1,372,000
	7	Río Azufrado	100	432,000
2	12	Río Puerto Nuevo	190	1,371,000
	16	Río Nuevo	140	661,000
4	17	Río Chirripó	80	485,000
	19	Río Sarapiquí	160	1,108,000
32	20	Río Sucio	60	360,000
	26	Río Chirripó	145	3,270,000
218	29	Río Torres	140	557,000
Costo Total				10,907,000

Capítulo.13 Análisis Económico

13.1 El Concepto de Análisis Económico para la Rehabilitación y el Reforzamiento de Puentes

El objetivo del análisis económico incluye temas tales como: 1) consideración del método de análisis económico apropiado para la rehabilitación y el reforzamiento de puentes, 2) prueba de este análisis en los 10 puentes seleccionados, y 3) sistematizar este método para extenderse a otros puentes. Para alcanzar los objetivos mencionados, se ha establecido el concepto de análisis económico:

- Revisar el método de análisis económico para la construcción de la infraestructura especialmente para carreteras y realizar propuestas para el método apropiado de análisis económico para la rehabilitación y el reforzamiento de puentes.
- Considerar que este resultado es posible de usar para los materiales utilizados en la sociedad y los usuarios de las carreteras para comprender la importancia del mantenimiento de puentes. Esto podría ser de ayuda para el proyecto modular 5 dentro del contexto de desarrollo de capacidad.
- Conducir el análisis económico en cuanto beneficio y cuanto costo se estima cuando se implementa la rehabilitación y el refuerzo en cada puente seleccionado.

Durante el periodo de estudio, se han recopilado dos informes de estudio de factibilidad como referencia del parámetro económico.

Con base en el “realizar” y “sin realizar” para la rehabilitación y reforzamiento de puentes, los beneficios y costos de proyecto se mencionan en la siguiente tabla. Los beneficios del proyecto se evalúan como los costos de reducción los cuales son los costos en el caso de “sin realizar”. Note que los costos en el “sin realizar” se estiman bajo el escenario que se da cuando el puente no se rehabilita y refuerza en el futuro.

Tabla 13.1. Conceptos Básicos de Costos y Beneficios

	Realizar	Sin realizar
Escenario	<u>Conducir la rehabilitación y el reforzamiento</u> -> Extender la vida del puente -> Tener habilidad antisísmica	<u>Conducir la rehabilitación y el reforzamiento</u> -> No tener uso cuando el Puente alcance su vida útil -> El Puente se caería en caso de un terremoto
Costo	Costo 1: Costo del Trabajo de rehabilitación y reforzamiento Costo 2: Costo social por el desvío al cerrar el tráfico o el tiempo de espera en la restricción del tráfico	<u>Tipo A: Escenario causado por la Vida del Puente</u> Costo 1: Costo del Trabajo para la reconstrucción Costo 2: Costo Social Costo del Desvío por el cierre del tráfico en el periodo de construcción <u>Tipo B: Escenario causado por el Terremoto</u> Costo 1: Costo del Trabajo para la recuperación y reconstrucción en una emergencia Costo 2: Costo Social Costo del desvío por el cierre del tráfico en el periodo de construcción
Beneficio del Proyecto	Reducción de costos en sin realizar	

De acuerdo a estos conceptos, las características de los costos y los beneficios se muestran a continuación. Esta claro que los beneficios aparecen solo cuando ocurren los eventos dados por la vida del puente y el terremoto. Estos beneficios tienen las siguientes características:

- Los beneficios de la vida del Puente aparecen “una vez” que ocurre el escenario.
- Los beneficios por el terremoto aparecen “cada año” ya que hay una probabilidad de recurrencia del sismo.

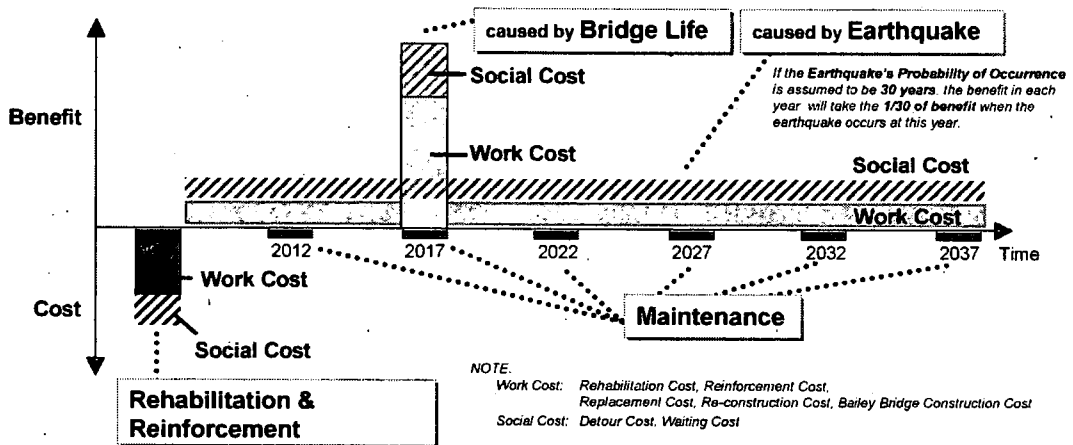
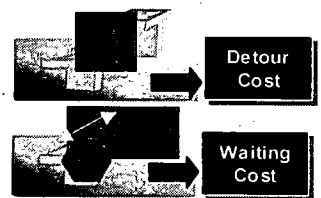


Figura 13.1. Imagen de la Apariencia de los Costos y Beneficios

Este estudio requiere de 30 años para un periodo de evaluación dado su escenario, especialmente el de terremotos, los cuales pueden ocurrir de 30 a 50 años y la mayoría de la vida de los puentes es de 30 años.

13.2 Costos y Beneficios Sociales

Para estimar los costos y beneficios sociales para la rehabilitación y reforzamiento del puente, es necesario que algunos ítems sean incluidos. Este estudio considera los costos sociales como los “costos de desvío” y el “costo de espera” debido al cierre del tráfico y la restricción. El Costo del Desvío aumenta cuando el puente se cae y hay una ruta de desvío. El Costo de Espera aumenta cuando se da la restricción del tráfico para una dirección durante los trabajos de construcción, etc.



Para estimar los Costos y Beneficios sociales del desvío y de la espera, es necesario estimar el volumen de tráfico en el futuro e identificar el valor unitario para VOC & TTC. Ambos han sido investigados por el Departamento de Planificación del MOPT, por lo tanto, después de revisarlos se aplican a este estudio. Note que el valor del tiempo para Bienes (productos) se refiere a un reporte similar del estudio de factibilidad para los proyectos de concesión de carreteras. A continuación se muestran los detalles para cada parámetro tomado para este estudio.

Estimado del volumen de El Equipo de Estudio a recopilado los datos de tráfico histórico del Dept. de Planificación del MOPT. El método de estimado del volumen de tráfico es tomo como “Método de

tráfico	tendencia (Método de Estimado Externo)".
Valor Unitario del VOC & TTC	En el Departamento de Planificación del MOPT se ha investigado el valor unitario de VOC & TTC.
Condición del Desvío	La ruta de desvío se identifica con la red vial existente para cada Puente.
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 el caso del tráfico en 1 dirección durante los trabajos de construcción.

Se estima en cada Puente la pérdida social en caso del "cierre del tráfico por un día". Para los 10 puentes seleccionados, la pérdida social tiene un valor diferente de acuerdo a su condición de desvío y volumen de tráfico. Note que la Ruta 32 tiene las características del peso masa del TTC de 5 ejes que es el valor del tiempo de los productos. Los resultados se muestran a a continuación

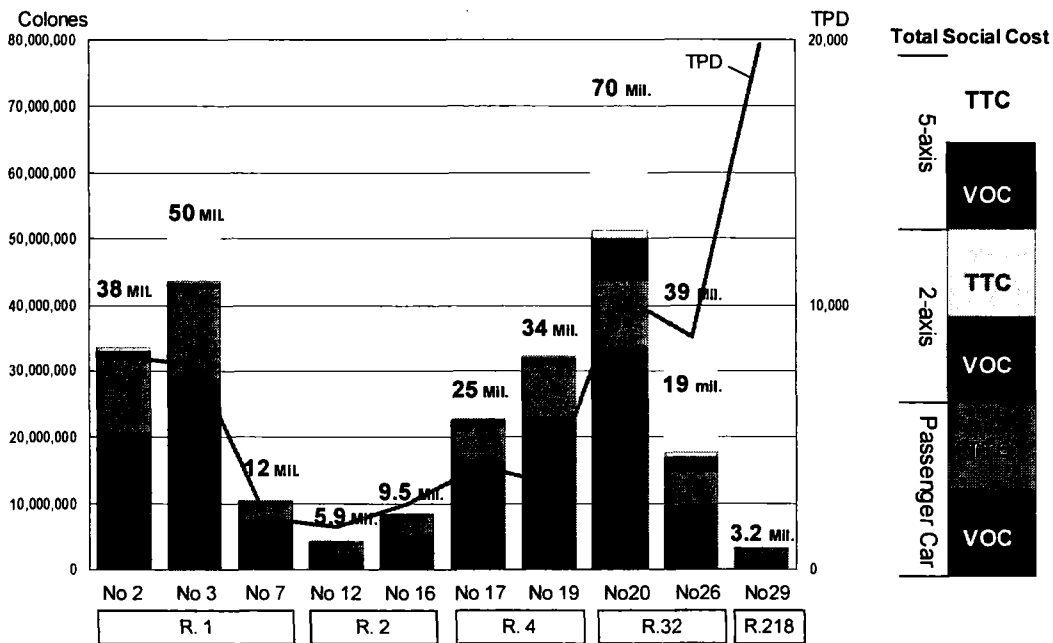


Figura 13.2. Pérdida Social del Cierre del Tráfico por un día en los 10 Puentes

13.3 Ubicación del Escenario

En "sin realizar", cada puente tiene su propio escenario con falta de servicio. El equipo de estudio decidió cada escenario bajo criterio ingenieril con los resultados de inspección de las condiciones existentes y la edad de los puentes.

El escenario tiene dos etapas, el primer escenario es causado por "la vida del puente", y el otro es el escenario de "terremoto". El escenario causado por la "vida del Puente" se refiere a que el Puente no tendrá uso cuando una parte del puente ha alcanzado su vida según corresponda su condición existente de deterioro. Por otra parte en el escenario causado por "terremotos" se asume que el puente se caería de ocurrir un terremoto. Por lo tanto, no es predecible sólo la probabilidad en cada año. Ambos escenarios afectarían el tráfico, ya sea al cerrar el tráfico o al restringir el tráfico en una dirección de acuerdo al daño de los puentes.

La situación de este escenario se puede ver en la siguiente figura:

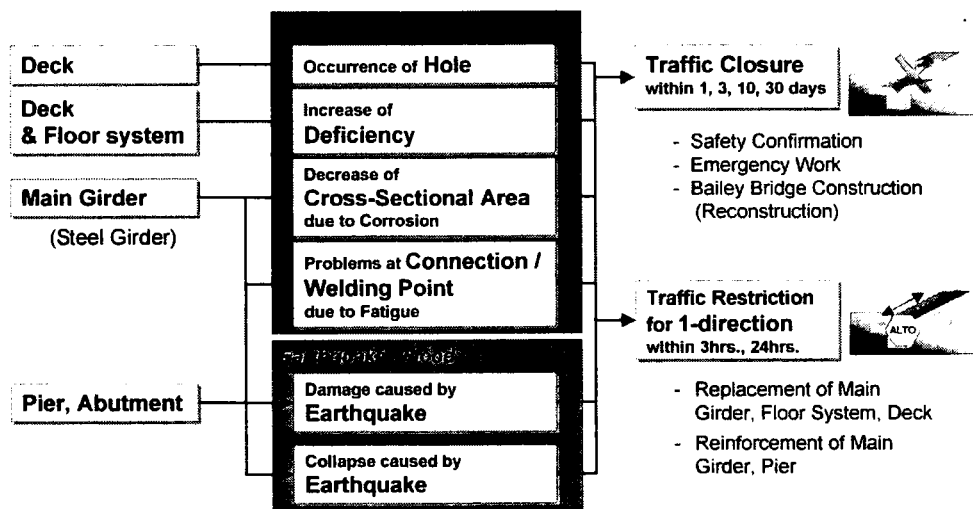


Figura 13.3. Tipos Considerables de Escenario

13.4 Resultados de los Costos y Beneficios Sociales en cada Puente

Cada resultado del beneficio social neto para los 10 Puentes seleccionados se resume en la Figura. El Río Abangares (Puente No. 3) y el Río Chirripó (Puente No. 26) tienen un gran valor de beneficio social para la rehabilitación y reforzamiento entre los puentes. Estos están ubicados en la Ruta 1 y 32, las que son vías importantes para el transporte internacional y no tienen suficiente redundancia para la red vial. De la siguiente sección, la evaluación económica para la rehabilitación y reforzamiento se tratarán usando el costo de trabajo y los beneficios añadidos al costo y beneficios sociales, para encontrar el EIRR y el B/C.

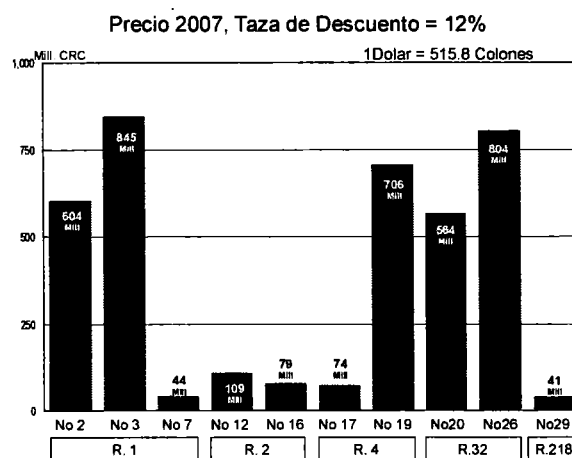


Figura 13.4. Resultados de los Beneficios Sociales Netos

13.5 Costo del Trabajo para cada Puente

El costo del proyecto para la rehabilitación y reforzamiento se ha estimado en el Capítulo 12. En la evaluación económica, el precio se debe de convertir como el costo económico del costo financiero. Para los componentes del proyecto comprado en Costa Rica, no se necesita un factor de conversión, ya que se asume que el mercado es competitivo para estos recursos y también porque no tienen un impacto en la exportación/importación. Para los recursos de intercambio, se usa un factor de conversión estándar de 0.83 de los precios en colones. Todos los impuestos se excluyen de los costos económicos. Ya que el costo del proyecto incluye un 13% de impuesto de venta en este estudio, se multiplica por 0.87 para la reducción de impuestos. Después de la reducción de impuestos, en la siguiente tabla se resumen las suposiciones usadas para la evaluación del costo económico.

Los costos de Operación y Mantenimiento se consideran en “realizar”, y los costos del trabajo tales como recuperación de la emergencia, rehabilitación, reforzamiento, preparación de un puente tipo Bailey y los costos de reconstrucción para cada escenario en “sin realizar” también se estiman como los beneficios de este proyecto.

La tasa de intercambio monetario se usa como “1Dolar =515.8Colones, 1Dolar = 116.91Yen Japonés y 1Yen Japonés = 4.41Colones” estimado con 12.2.2 (1). El colon se toma de la evaluación económica.

13.6 Evaluación Económica

El Resultado de la Taza Interna económica de Regreso (EIRR) para los 10 Puentes seleccionados se muestra en la Figura de la derecha. Se identifican 8 puentes cuyo EIRR tienen más de 20% y son un proyecto factible para la rehabilitación y reforzamiento con el contexto económico nacional. Además de los 2 puentes (El Puente Azufrado (No.7) y el Puente sobre el Río Chirripó (No.12) tienen menos del 20% de EIRR, sería peligroso decir que este puente no tiene un valor para la rehabilitación y reforzamiento ya que se ha calculado el EIRR bajo un conjunto de suposiciones.

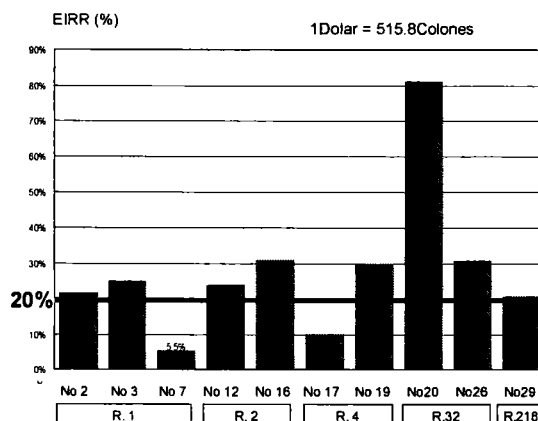
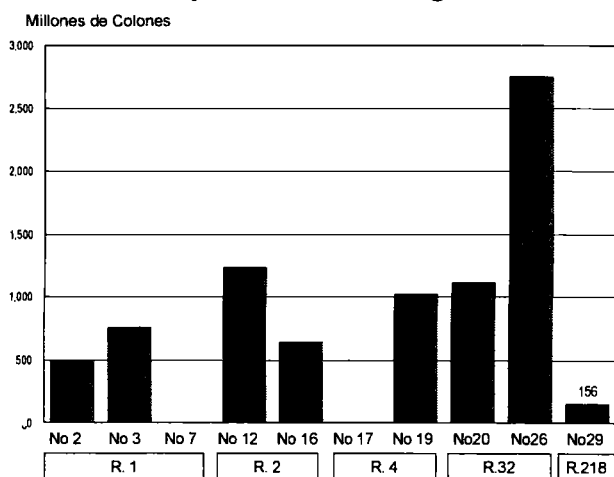


Figura 13.5.
Resultados del EIRR

El Valor Presente Neto (VPN) se calculo para 8 Puentes usando 12% de tasa de descuento, excepto por dos puentes que tienen menos de un 20% de EIRR. Los resultados se muestran en la tabla siguiente. Como resultado del VPN, los valores más altos para el VPN se encuentran en el Río Chirripó (No. 26), Puente Puerto Nuevo (No. 12) y Puente sobre el Río Sucio (No. 20). Estos resultados muestran el orden de importancia y rango de beneficio para la rehabilitación y reforzamiento según la economía nacional.



Rango de Beneficio según el VPN (EIRR>20%)

1. Puente Chirripó	No.26	R.32
2. Puente Puerto Nuevo	No.12	R.2
3. Puente Sucio	No.20	R.32
4. Puente Sarapiquí	No.19	R.4
5. Puente Abangares	No.3	R.1
6. Puente Nuevo	No.16	R.2
7. Puente Aranjuez	No.2	R.1
8. Puente Torres	No.29	R.218

Figura 13.6. Resultados del VPN, Rango de Beneficio para la Rehabilitación y Reforzamiento

El escenario para el Puente sobre el Río Chirripó (No.26) el cual cuenta con el VPN más alto

se muestra en la siguiente Tabla 13.4., la cual muestra los costos y beneficios.

Tabla 13.2. Escenario para el Puente sobre el Río Chirripó (No.26)

Costo	Rehabilitación & Reforzamiento	Losa (Adherencia FRP), Sistema de Prevención (Agrandar el asiento del puente, sistema de conexión), junta de expansión (instalación nueva), Pavimento asfáltico & impermeabilización, pila (incremento de la altura de la viga transversal), fundación (ensanchamiento de la fundación) (Social: 1-dir. Cierre del Tráfico 100días)
	Mantenimiento	Inspección rutinaria (cada 5 años), inspección detallada (cada 10 años) Reparación del sistema de cubiertas (Inyección), sobrecapa de pavimento, reemplazo de la junta de expansión, pavimento asfáltico & impermeabilidad, protección de la pila
Beneficio	Escenario 1	Después de 15 años, no pasa debido al incremento de la deficiencia (Losa) Costo Social: Suspensión del tráfico por 30 días Costo del trabajo: Construcción de un Puente tipo Bailey, Reemplazo de la losa
	Escenario 2	Después de 20 años, hay una falta de área transeccional debido al deterioro de la pintura y la corrosión (Viga Principal) Costo Social: 1-dir. Cierre del tráfico 3hrs. 7días Costo del Trabajo: Reemplazo de la placa de acero
	Escenario 3	Después de 30 años, hay grietas dañadas alrededor de las conexiones causadas por la fatiga (Viga Principal) Costo Social: Suspensión del Tráfico 24hrs. &: 1-dir. Cierre del tráfico 3hrs. 7días Costo del Trabajo: Arreglar placa
	Escenario 4	Dentro de 30 años, se caería la viga principal del tramo del lado debido a un terremoto Costo Social: Suspensión del tráfico por 30 días Costo del Trabajo: Construcción de un puente tipo Bailey y reconstrucción

Los resultados del análisis de sensibilidad se muestran a continuación. Muestra que su sensibilidad por el incremento del costo o la reducción del beneficio no es alta, por lo tanto, el cambio del valor del costo es 2.8 veces como la base y el cambio del valor del beneficio es de 0.3 veces como base. El EIRR se reduce de un 30.8% a un 27.0% si los costos y beneficios sociales no son tomados en consideración en esta evaluación. En este contexto, el VPN se reducirá de 2,752 millones de colones a 1,948 millones de colones.

Tabla 13.3. Resultado del Análisis de Sensibilidad para el Puente sobre el Río Chirripó (No.26)

Escenario	EIRR	VPN (millones de colones)	Valor de Cambio
Costo	+10%	28.4%	Base * 2.8877
	+20%	26.4%	
Beneficio	-10%	28.2%	Base * 0.3463
	-20%	25.2%	

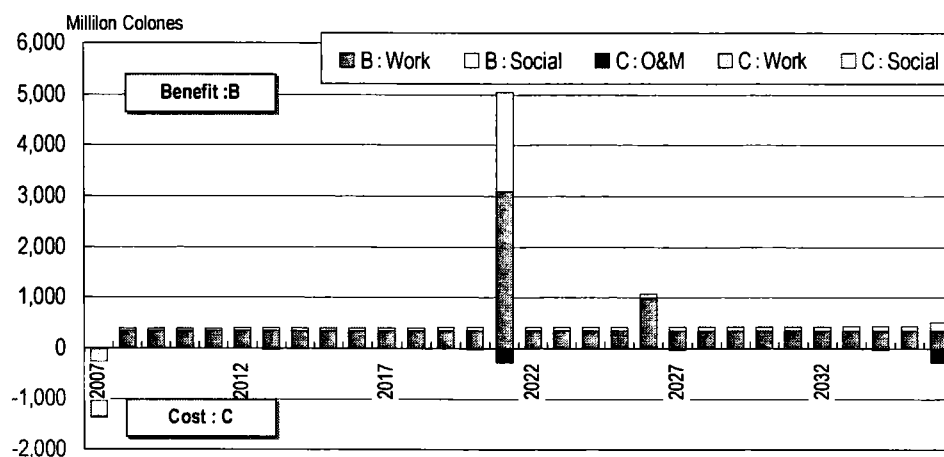
Tabla 13.4. Tabla de Costos/Beneficios para el Puente Chirripó (No.26)

Unidades: Colones, 1Dolar = 515.8Colones

year	Costs			Benefits			Results	
	Work		Total Cost (A)	Work Scenario 1 to 5	Social		Total Benefit (B)	Net Benefit (B-A)
	Rehabili. & Renf.	Maintenance			Traffic Rest.	Scenario 1 to 5		
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								
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	1,950,493,782	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								
21 2027		25,619,012		25,619,012	343,814,571	73,012,862	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								

EIRR = 30.8%

NPV at 12% = 2,752,424,784 Colones



Capítulo.14 Sistema de Administración de Puentes

14.1 Sistema de Información Existente para carreteras y Puentes y sus Problemas

1) Sistema de Información existente

El equipo de estudio ha investigado y entendido el sistema de información existente para carreteras y puentes para poder lograr una discusión a cerca de la implementación del sistema de administración de puentes.

La administración para carreteras y puentes es realizada por el Departamento de Planificación del MOPT. Los datos se utilizan para la planificación de un presupuesto anual y para seleccionar la ubicación de las carreteras que necesitan mantenimiento. CONAVI cuenta con un sistema que muestra el inventario que utiliza el GIS (ArcInfo) para la administración de carreteras y de puentes.

Tabla 14.1. Información Administrada para cada Organización/Sección

Organización/Sección	Información Administrada
División de Planificación del MOPT	La información de las carreteras nacionales, caminos regionales, puentes y puertos marinos.
Dept. Puentes, MOPT	La información de los datos de inventario (EXCEL) están planeados por la División de Planificación del MOPT y los planos (Materiales)
CONAVI	La información necesaria de la ubicación de las carreteras seleccionadas para ser reparadas y los contratos para la construcción con base en el plan de acción anual los prepara el Dept. de Planificación del MOPT

La siguiente tabla muestra el entorno de red en el MOPT y entre el MOPT, CONAVI y las oficinas regionales.

Tabla 14.2. Entorno de Red

Área	Entorno de Red
LAN (en el MOPT)	Las computadoras personales en la División de Obras Públicas se conecta por cables de fibra a través de un switch principal desde el servidor en una categoría de 5 100 BASE-TX (100Mbps) a través de Ethernet.
WAN (Red Externa)	Las conexiones de Red entre el MOPT, CONAVI y el Gobierno Local están conectadas por líneas exclusivas y otros Gobiernos locales están conectados por Módems a través de las líneas generales.

La siguiente tabla muestra el sistema de administración de carreteras existente utilizado en el MOPT.

Tabla 14.3. Sistema Existente de Administración de Carreteras

Sistema	Descripción
SPEM (Pavimento)	SPEM fue desarrollado por ingenieros alemanes en 1993 para la administración local de carreteras. Un ingeniero alemán todavía brinda apoyo al sistema y el sistema es administrado en buenas condiciones. El uso del sistema esta limitado dentro del MOPT.
HDM4 (Pavimento) (DESYROUTE, DESYSEMI, DESYVISAGI)	Un Plan de acción anual para el mantenimiento de carreteras se estudia a través del análisis económico, la priorización para el mantenimiento de carreteras, la predicción del deterioro al usar el HDM4. La ubicación para el mantenimiento de carreteras son seleccionan finalmente por CONAVI considerando el Plan de acción

anual y las decisiones políticas.

Sistema de
 Administración de
 Puentes (SAP)

Los puentes son inspeccionados por inspectores del Departamento de Planificación con base en el manual de inspección. Sin embargo, la información no es usada por el Departamento de Puentes ya que los inspectores son ingenieros de puentes. El Departamento de Puentes conserva los planos de los puentes y trabaja para apoyar las solicitudes.

La imagen total del sistema de administración existente de puentes y carreteras, el diagrama de información se puede ver ilustrado en la siguiente Figura:

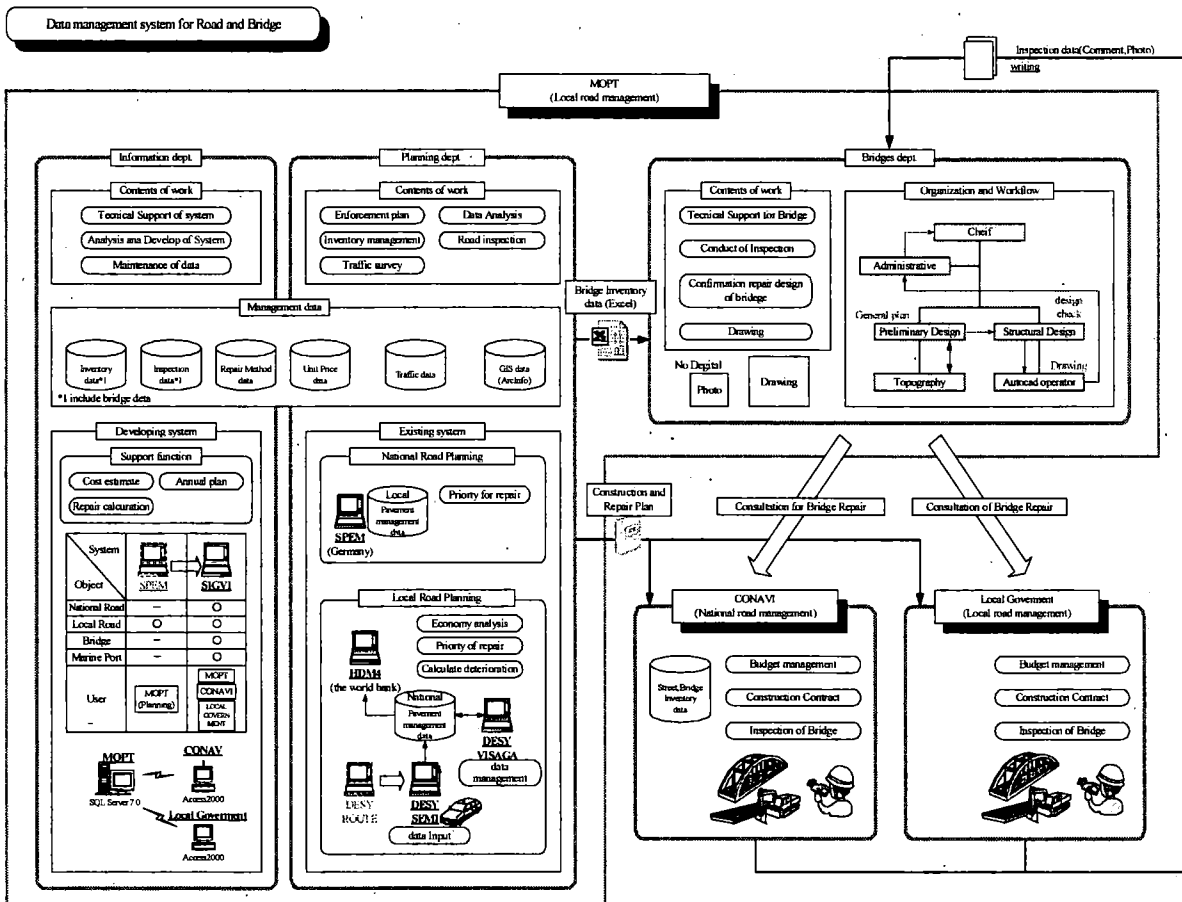


Figura 14.1. Sistema Existente para la Administración/Mantenimiento de Puentes y Carreteras

2) Problemas Existentes

Los problemas del sistema de información existente para las carreteras y los puentes en el MOPT es la siguiente:

- No existe un Número de computadores y de habilidades del equipo de trabajo suficientes con respecto al sistema en los Gobiernos Locales.
- La información no está unificada entre el MOPT, CONAVI y los Gobiernos Locales.
- Los sistemas son desarrollados por cada departamento de manera separada y nos son sistemas comunes para cada departamento.
- No hay un suficiente intercambio de información cuando se desarrollan los sistemas por cada departamento y alguna información y funciones no existe en el sistema

necesaria para la administración de puentes.

- Los planos y las fotografías de los puentes no se registran en la base de datos y no se utiliza comúnmente.
- Los inspectores de puentes no están entrenados y las inspecciones de puentes no se realizan de manera apropiada. Los criterios usados para la priorización de puentes no es clara.
- Los sistemas ofrecidos desde el extranjero no se pueden mantener de manera continua y los sistemas se utilizan ad hoc.

14.2 Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP)

1) Desarrollo del Sistema

El sistema de administración de carreteras total (SIGVI) está siendo desarrollado por la División de Obras Públicas en el MOPT como un sistema a futuro. Se espera que el sistema sea un sistema de administración total de carreteras y puentes, pero está todavía siendo desarrollado. En este contexto, el equipo de estudio propuso que el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP) sea desarrollado de manera independiente del SIGVI. ES de notar que el SIGVI deberá tomar el SAEP dentro de su sistema para desarrollar un sistema de administración total integrado de carreteras y puentes en el futuro.

2) Resumen del Sistema

El Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP) es la herramienta de apoyo de decisión responsable para administrar la inspección, el análisis y el mantenimiento para los numerosos componentes que componen un puente. El inventario de puentes, la deficiencia de puentes, los registros de las actividades de mantenimiento se guardan en el SAEP y el análisis para su evaluación se organiza en el SAEP.

El concepto del SAEP se muestra en la siguiente figura.

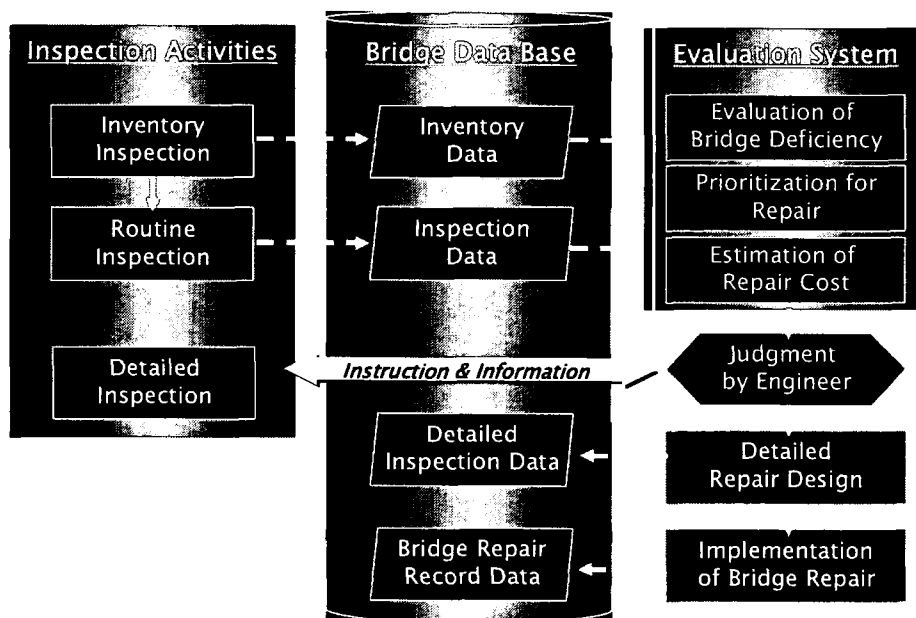


Figura 14.2. Concepto del SAEP

3) Funciones del Sistema

Las funciones del sistema son las siguientes;

1. Función para el registro y la renovación de datos
2. Función para la administración de datos tales como la evaluación de la

deficiencia, la priorización de la reparación y el estimado de costo.

3. Función para el acceso de datos que incluye el inventario de puentes y los datos de inspección de puentes y la muestra de la ubicación del puente.
4. Función para la salida del inventario de puentes.

4) Componentes del Sistema

El sistema está compuesto por el servidor y los clientes (sistema de tipo C/S) y cada dato está guardado en el servidor. El sistema del componente y el entorno de la operación y los datos almacenados en el sistema se muestran en la siguiente figura. Cuando el servidor no está disponible, todos los datos se almacenan en el servidor de la base de datos.

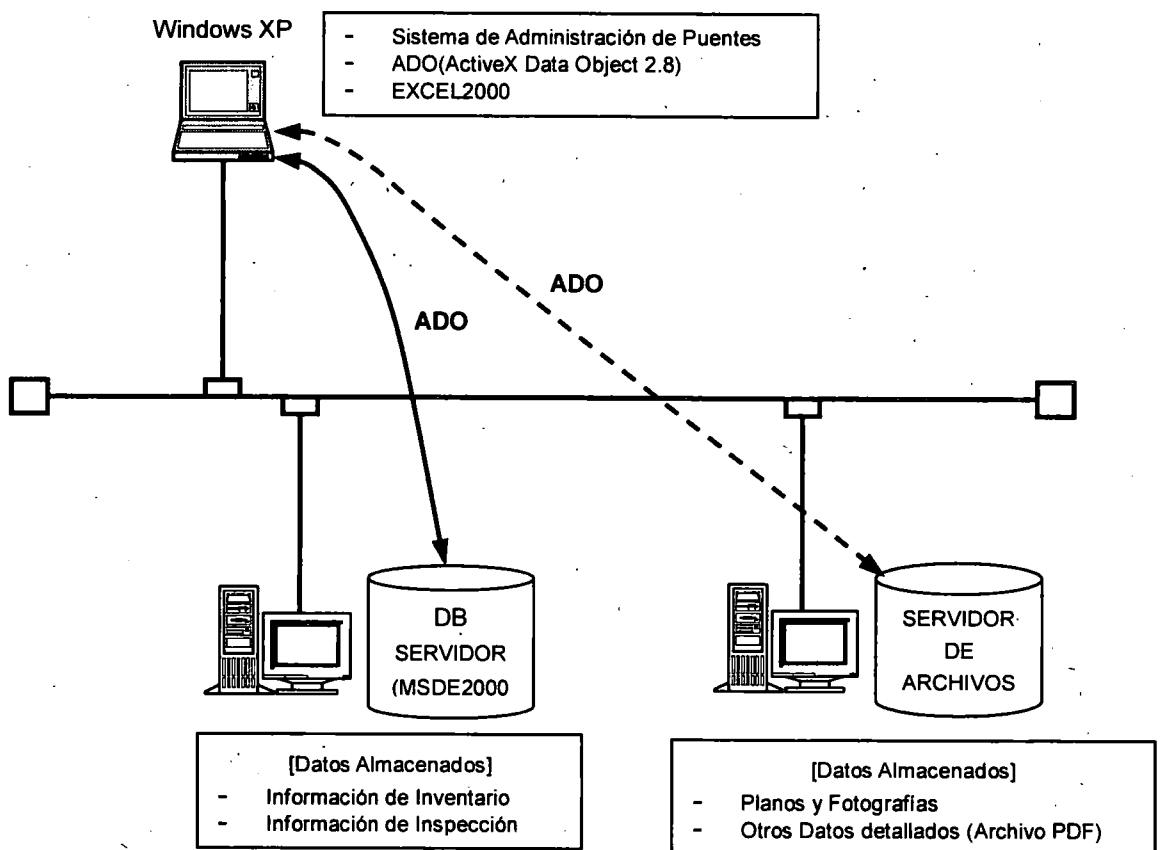


Figura 14.3. Componentes del Hardware del Sistema

5) Movimiento de la Pantalla

La siguiente figura muestra el movimiento de la pantalla del SAP.

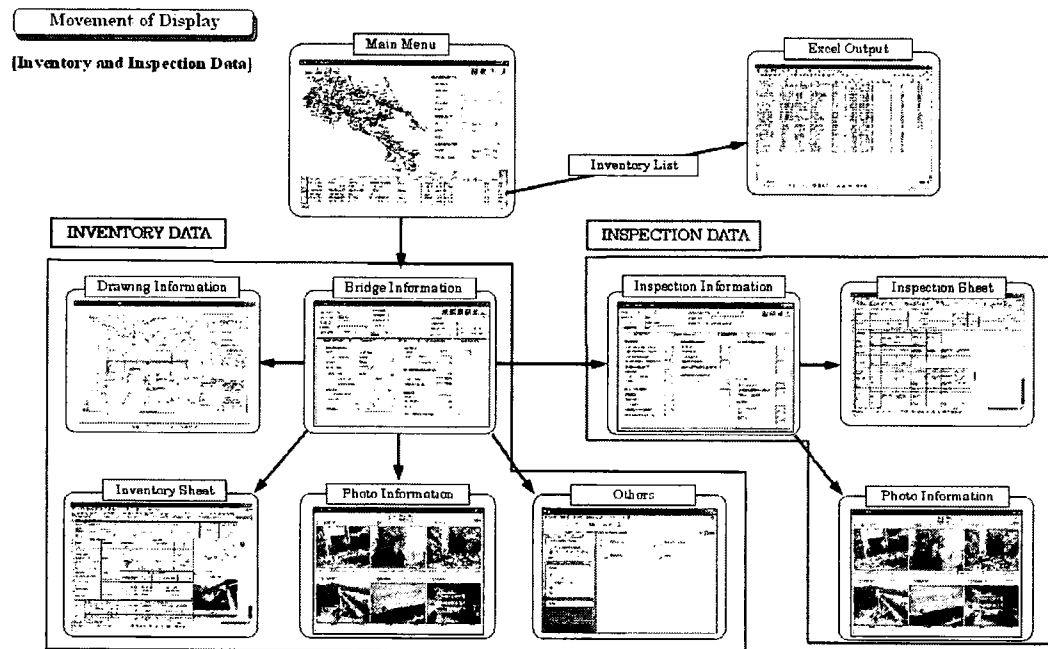


Figura 14.4. Movimiento de la Pantalla

6) Sistema de Informe de Puentes

Un buen sistema de informe de inspección de puentes es esencial y el informe de inspección de puentes deberá ser claro y completo, ya que son una parte integral del archivo de registro a largo plazo del puente.

La carpeta de puentes tienen divisores en los cuales se puede guardar varios documentos de registro de puentes en orden específico y de esa manera ser almacenados en un medio electrónico. La carpeta está compuesta del inventario de puentes, el registro de inspección de puentes y el archivo del registro de los trabajos de reparación.

Los datos y la información necesaria que se necesita en Costa Rica está en la lista a partir del Formulario-1 al Formulario-7. Los formularios y la información necesaria se deberán completar para cada puente y ubicar en cada archivo de los formularios específicos de las carpetas de puentes y otra información usada para registrar los datos de puentes necesarios se menciona a continuación:

1. Formulario-1 Información General del Registro de Inventario de Puentes
2. Formulario-2 Dimensiones de la superestructura
3. Formulario-3 Dimensiones de la subestructura
4. Formulario-4 Planos de Puentes
5. Formulario-5 Fotografías del Puente.

6. Formulario-6 Clasificación de la Condición de los elementos del puente
7. Formulario-7 Fotografía de la Condición de los elementos del puente

El Formulario-1, Formulario-5 y el Formulario-6 se muestra en los siguientes ejemplos

Formulario-1 Información General del Inventario de Puentes

INVENTARIO BASICO DE PUENTES															
NOMBRE DEL PUENTE		Colorado River 001			PROVINCIA	Colorado			DIA		MES		AÑO		
No DE LA RUTA		1 CLASIFICACION Primary *			LOCALIDAD	CANTON			LATITUD NORTE		31		3 1988		
KILOMETRO		35.56 km			DISTRITO	DISTRITO			LONGITUD ESTE		31		3 1970		
ELEMENTOS BASICOS					DIMENSIONES					UBICACION					
DIRECCION DE LA VIA HAC		SAN JOSE *			ANCHO TOTAL		11.3 m			CALZADA		10.7 m			
TIPO DE ESTRUCTURA		PUENTE *			ITEMS		1	2	3	4	5	6	-		
CARGA VIVA		H18-44 *			Wind		0.3	0.6	4.25	0	4.25	0.6	0.3		
LONGITUD TOTAL		204.00 m			H20		0.49	0.35	0.24	0	0.24	0.35	0.49		
ESPECIFICACION		ASALTO *													
No DE SUPER ESTRUCTURA		1													
No DE TRANOS		3													
No DE SUB ESTRUCTURA		3													
LONGITUD DE DESVIO		SI 50 km			CLARO LIBRE										
PENDIENTE LONGITUDINAL		%			ALTURA LIBRE VERTICAL		SUPERIOR		m		WAPROX		10.0 m		
FECHA DE ULT. PINTURA		DIA MES AÑO			INFERIOR		m								
ANTECEDENTES DE INSPECCION															
SERVICIOS PUBLICOS		1	3	DIA	MES	AÑO	INSPECTOR		TIPO DE INSPECCION						
		2	4	4	10	2005	Gabriela Jorge		Routine Inspection *						
CRUZA SOBRE		1	Colorado River		4	10	2000	Gabriela Jorge		Inventory Inspection *					
		2													
ANTECEDENTES DE REHABILITACION															
PAVIMENTO		TIPO ASFALTO *			DIA		MES		AÑO		ELEMENTOS		RESUMEN DE CONTRAMEDIDAS		
		ESPESOR ORIGINAL	75 mm		4	10	2005	PAVIMENTO		Debido al daño severo. Pavimentar sobrecupo					
		SOBRECAPA	120 mm												
CONTEO DE TRAFICO		AÑO			4	10	2000	JUNTA DE EXPANSION		Cambiar debido al ancho de nivel de la junta de expansion					
		TOTAL DE VEHICULOS			15.355	Car									
		% DE VEHICULOS PESADOS			13.00	%									
RESTRICCIONES		POR CARGA			15.0	t									
		POR ALTURA			4.5	m									
		POR ANCHO			6.0	m									
OBSERVACIONES															
Dificultad la inspeccion de sub-estructura debido a la ubicacion incómoda															

Formulario-5 Fotografías del Puente

INVENTARIO BASICO DE PUENTES(FOTOS)										NO. 2 / 10													
NOMBRE DEL PUENTE				Colorado River 01		PROVINCIA		ALAJUELA		ADMINISTRADO POR		Region CONAVI		DIA MES AÑO									
No DE LA RUTA		CLASIFICACION		Primary		LOCALIDAD		CANTON		GRECIA		LATTITUD NORTE		0 0 0		FECHA DE DISEÑO							
KILOMETRO		36.605		km		DISTRITO		PUENTE DE PIEDRA		LONGITUD ESTE		0 0 0		FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION									
No		7		UBICACION		Damage		No		8		UBICACION		Damage		No		9		UBICACION		Damage	
NOTA 77				DIA MES AÑO 7 9 2005				NOTA 88				DIA MES AÑO 8 9 2005				NOTA 99				DIA MES AÑO 9 9 2005			
No		10		UBICACION		Damage		No		11		UBICACION		Damage		No		12		UBICACION		Damage	
NOTA 11				DIA MES AÑO 10 9 2005				NOTA 22				DIA MES AÑO 11 9 2005				NOTA 33				DIA MES AÑO 12 9 2005			

Formulario-6 Clasificación de la Condición de los Elementos del Puente

INSPECCION DE PUENTES (GRADO DE DAÑO)										No DE ESTRUCTURA 1								
NOMBRE DEL PUENTE				Colorado River 01		PROVINCIA		ALAJUELA		ADMINISTRADO POR		Region CONAVI		DIA MES AÑO				
No DE LA RUTA		CLASIFICACION		Primary		LOCALIDAD		CANTON		GRECIA		LATTITUD NORTE		0 0 0		FECHA DE DISEÑO		
KILOMETRO		36.605		km		DISTRITO		PUENTE DE PIEDRA		LONGITUD ESTE		0 0 0		FECHA DE CONCLUSION DE CONSTRUCCION				
TIPO DE DAÑO Y EVALUACION DEL GRADO DEL DAÑO										COMENTARIOS								
1. PAVIMENTO										test								
2. BARRANDA (ACERO)																		
3. BARRANDA (CONCRETO)																		
4. JUNTA DE EXPANSION																		
5. LOSA																		
6. VIGA PRINCIPAL DE ACERO																		
7. SISTEMA DE ANCHOS TRAMIENTO																		
8. PINTURA																		
9. VIGA PRINCIPAL DE CONCRETO																		
10. VIGA DIAFRAGMA																		
11. APOYOS																		
12. PARED LATERAL Y GUARDAS (SECCION)																		
13. CUERPO PRINCIPAL (SECCION)										EVALUACION GRADO DEL DAÑO SOCIAVACION								
14. MARTILLO (PIA)																		
15. CUERPO PRINCIPAL (PIA)																		
										FECHA INSPECCION			HOMBRE DE INSPECTOR		FIRMA			
										1 10 2005			Gabriel Jorge					

Capítulo.15 Herramientas para la Administración de Puentes

Un lineamiento y dos manuales fueron preparados en este estudio como una herramienta para apoyar las actividades de mantenimiento de puentes. Estos son el Lineamiento para el Mantenimiento de Puentes, el Manual de Inspección de Puentes y el Manual del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes y el resumen de cada herramienta es el siguiente:

1) Manual de Inspección de Puentes

Este manual está preparado principalmente para los inspectores e ingenieros de puentes. El manual instruye acerca de como implementar el estudio del inventario, los procedimientos de la inspección rutinaria y los métodos para evaluar el deterioro de los puentes.

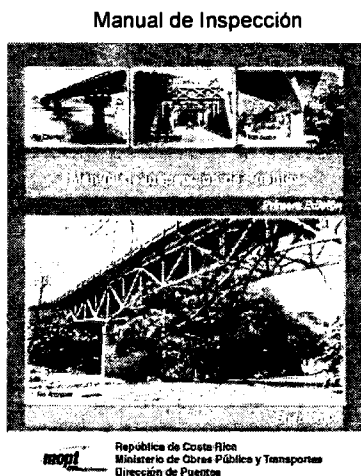
2) Manual para el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes

El manual se preparó principalmente para el administrador del sistema y los ingenieros de puentes. El manual instruye el método de operación y sirve para mantener el Sistema de Administración de Puentes.

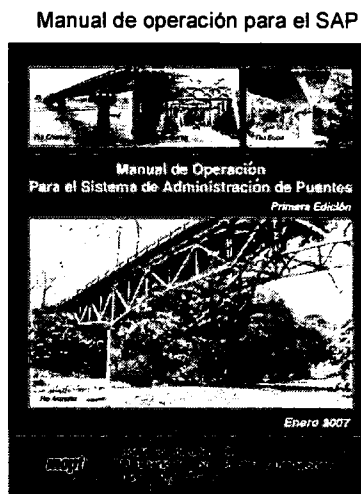
3) Lineamiento para el Mantenimiento de Puentes

El lineamiento se preparó principalmente para los ingenieros de puentes quienes están a cargo de las actividades de mantenimiento de puentes. El lineamiento instruye el concepto del mantenimiento de puentes, causa del deterioro de un puente, el método de la inspección detallada, el método de la prueba de carga y el método de reparación de puentes.

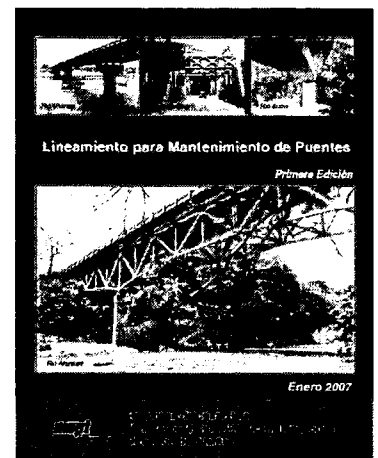
Lineamiento para la Administración
de Puentes



Cap 1	Introducción
Cap 2	Responsabilidades del Inspector de Puentes
Cap 3	Estudio del Inventario & Inspección Periódica para Puentes
Cap 4	Sistema de Informe de Puentes
Cap 5	Guía de Códigos para los Datos del Inventario de Puentes
Cap 6	Guía del Código para la Clasificación de la Condición de los Elementos del Puente
	Pavimento, Baranda de acero & Acera, Baranda de concreto, juntas de expansión, losa, viga principal de acero, elementos del puente, Pintura, viga principal de concreto, Viga transversal de concreto, apoyos del puente, Parapeto & aletón del bastión, parte principal del bastión, viga de la pila, columna de la pila.



Cap 1	Introducción
1.1	Objetivo del Sistema
1.2	Concepto del Sistema
1.3	Componente del Sistema
1.4	Herramientas para el Desarrollo del Sistema
1.5	Entorno para la Operación del Sistema
1.6	Operación del Sistema
1.7	Información relevante
1.8	Proceso del Registro de Datos
Cap 2	Operación para el Sistema
2.1	Movimiento de la Pantalla
2.2	Diagrama de la Operación del Sistema
2.3	Instrucción para la Operación del Sistema
Cap 3	Administración de los Datos del Sistema
3.1	Introducción
3.2	Estructura de los Datos
3.3	Registro y renovación de los datos
3.4	Administración de otros datos



Cap 1	Introducción
Cap 2	Resumen del Lineamiento
Cap 3	Sistema de Administración de Puentes
Cap 4	Identificación del Deterioro
Cap 5	Inspección Detallada
Cap 6	Investigación de la Capacidad de Carga
Cap 7	Diseño
	General
	Medidas Correctivas
	Losa, sistema de cubiertas, viga tipo I de concreto reforzado, viga tipo I de pc, viga cajón de pc, viga tipo I de acero, cercha de acero, Subestructura, Fundación, Accesorios, sistema de prevención para la caída del puente
Cap 8	Medidas de Seguridad

Capítulo.16 Apoyo Técnico para las Consideraciones Ambientales y Sociales

16.1 Examen Ambiental Inicial (EAI)

Este estudio resume los resultados del EAI el cual evalúa los impactos potenciales asociados con la planificación de la rehabilitación, mantenimiento y administración de los 10 Puentes existentes seleccionados. Dentro de este estudio, la investigación de campo se realiza en Enero y Febrero del 2006 mientras se conduce la recopilación de la información tal como las entrevistas y la literatura con agencias y organizaciones competentes tales como SETENA. Del estudio EAI, se puede observar que no existen impactos ambientales potenciales significantes que se puedan reconocer ya que el proyecto propuesto está orientado a la rehabilitación y mantenimiento y no realiza trabajos de construcción de gran escala de nuevos puentes o de carreteras de aproximación. Sin embargo, los impactos ambientales potenciales de factores ambientales como la degradación de la calidad del agua temporal, las presas de tráfico, ruidos y vibraciones, el tratamiento de los desechos de la construcción, la colocación de la construcción, enfermedades infecciosas tales como el dengue, la malaria en los trabajadores de la construcción durante el período de construcción no son factores insignificantes. Varios sitios de puentes pueden estar ubicados en áreas adyacentes de sitios ecológicos importantes o sitios culturales o inclusive dentro de parques nacionales. Además, es posible que haya varios ocupantes ilegales en dos sitios de puentes. Por lo que es necesario establecer un programa de administración ambiental apropiado que disminuya o evite estos impactos ambientales negativos identificados.

16.2 Apoyo Técnico para el Desarrollo de Términos de Referencia del Estudio Ambiental

Para comenzar, se discuten las formas adecuadas para la propuesta de licencias ambientales que se atienden 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. Se resumieron varias direcciones y conceptos del desarrollo de los Términos de Referencia de estudios ambientales relevantes. 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.

Se resumen las medidas seleccionadas asociadas con la protección de los alrededores de la vía, calidad del aire, recursos de agua, suelo y ambiente biológico, que serán factores ambientales cruciales dentro del proceso de solicitud de licencias. Los conceptos claves para formular el programa de administración ambiental y las actividades de monitoreo ambientales relevantes.

Se observa que los planes de rehabilitación para 10 puentes seleccionados serán categorizados en "Categoría B1" de acuerdo a la Ley EIA de Costa Rica y "Categoría B" según los Lineamientos de JICA.

16.3 Reunión de Involucrados

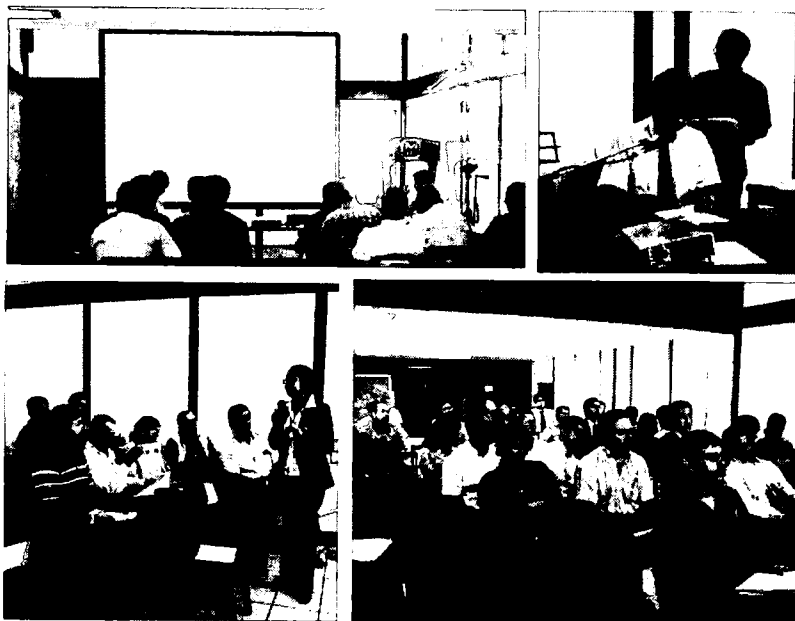
De acuerdo a la minuta de la reunión celebrada entre el gobierno del Costa Rica y el gobierno del Japón, cuatro reuniones de los involucrados fueron mantenidas, basado en Lineamientos JICA. Los objetivos principales de estas reuniones son realzar la participación pública de los diversos involucrados con fondos diferentes, establecer divulgación integral de información, compartir el conocimiento y entendiendo acerca del proyecto entre involucrados.

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 (www.mopt.go.cr/jica-mopt/index.html).

Tabla 16.1. 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 (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 - Varios
4 Dic/07/06 (Jueves) Comite directivo 8:30 am – 11:30 am	CONAV I	- Resultados del Estudio - Resultados de la categorizacion de los Proyectos Preliminares - Varios

MOPT: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Asociación de Ingenieros Civiles CIC del CFIA (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica)



Capítulo.17 Conclusiones y Recomendaciones

17.1 Conclusiones

1) Logros

Consecuentemente 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 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 en necesidad de mejoras. Simultáneamente, las diversas actividades de entrenamiento han sido experimentadas como contribuciones de criterio a través del programa de Entrenamiento Técnico declarado 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 significativo 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 especifica en detalle en los resultados del monitoreo y las evaluaciones del Capítulo 6, no es que se haya personificado un desarrollo de capacidad en todos los niveles de objetivo.

(1) El nivel de capacidad individual, el cual resulta satisfactorio en una etapa inicial del desarrollo de capacidad en términos de competencia técnica, se espera que este sea mejorado aún más para hacer un cambio práctico, con etapas de aplicación de aspectos técnicos basadas en criterios de contribución que el programa de entrenamiento describe anteriormente.

Generalmente se reconoce las competencias técnicas de los ingenieros de puentes, no son para acumularse ni para llegar a la cima de una día a otro. Todavía hay tareas que están en transición que permiten que habilidades básicas, el conocimiento y las herramientas brindadas tales como el Manual y los Lineamientos echen raíz en ingenieros y para infiltrar en un nivel de avance de la capacidad para este país en particular y/o sus regiones.

(2) Los niveles de capacidad organizacional, institucional y social están en un punto inicial para elaborar y jugar con los planes de implementación formulados por el GCMP bajo el programa de mantenimiento de puentes.

Ya que 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.

3) Conclusiones

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. De lado de la examinación técnica 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 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 el Desarrollo de Capacidad para la Administración de Puentes ha comenzado a profundizar la comprensión entre las agencias gubernamentales, las instituciones académicas y/o no gubernamentales, es un buen momento para que el Gobierno de Costa Rica persista en enfrentar este tema tan significativo 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 apoderados por la Contraparte después de que se retire la asistencia técnica externa y el cuidado de seguimiento necesario deben de alimentarse estratégicamente con las perspectivas a término medio-largo.

17.2 Recomendaciones

1) Seguimientos en base al resultado del Estudio

(1) 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.

(2) 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 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.

(3) 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 diagnóstico

La inspección periódica apropiada y el diagnóstico de las capacidades puentes de los elementos básicos e integrales 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 diagnóstico.

(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.

(4) Fortalecimiento de la Nueva Dirección de Puentes del MOPT y Creación del

Departamento Propuesto de Conservación de Puentes de CONAVI (Implementación del Proyecto Modular 2)

(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, estos se requieren que trabajen juntamente para simplificar el flujo de trabajo de ambas organizaciones 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, mientras que CONAVI no ha especificado 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 finalizar en relación cercana con 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

(5) Desarrollo de Recursos Humanos a Largo Plazo e Intercambio de información Técnica

El desarrollo de recursos humanos a largo plazo el cual provee candidatos para el equipo de trabajo del MOPT y CONAVI al mismo tiempo que en el sector privado en el campo del mantenimiento de puentes, lo cual 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 para los ingenieros necesarios 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 de 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 de 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.

(6) 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, los cuales 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 deba de 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, por lo que las prácticas de mantenimiento de puentes por los concesionarios se cumplan con los proyectos de investigación pública regular.

(7) 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.

(8) 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 SAP, la EDT y el PO, en la unidad de monitoreo del secretariado del GCMP.

2) La deflexión de los puentes de viga cajón de concreto presforzado

Se observa una deflexión anormal en el tramo central de los Puentes de viga cajón de concreto preforsado 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.). 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 por lo que 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, esta 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.

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.

4) Consideraciones Ambientales y Sociales

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.

