E.C.
526
REP. PREL 4
MOPT

GOBIERNO DE COSTA RICA

STERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

Diseño Preliminar y Estudio de Factibilidad Técnica, Económica, Financiera y Ambiental para la Concesión de Obra con Servicio Público del Corredor Vial San José – Zapote – Cartago.







REPORTE PRELIMINAR





ESTUDIO DE INGENIERIA

Original

URS

Mayo, 2001

DISEÑO PRELIMINAR Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD SAN JOSE-ZAPOTE-CARTAGO

INDICE

Página

SECCION 1 - SUMARIO EJECUTIVO 1-1

1.1 Justificación y Antecedentes 1-1
1.2 Alternativas Estudiadas 1-2
1.3 Recomendaciones 1-6
1.4 Sumario 1-7

SECCION 2 - INTRODUCCION 2-1

2.1 Objetivos del Estudio 2-1
2.2 Descripción del Proyecto 2-1
2.3 Proyectos en áreas adyacentes 2-6

SECCION 3 - CONDICIONES EXISTENTES 3-1

3.1 Caracteristicas de la red vial 3-1
3.1.1 Clasificación vial 3-1
3.1.2 Secciones tipicas 3-3
3.1.3 Facilidades para el peatón 3-4
3.1.4 Derecho de vía 3-4
3.1.5 Alineamiento horizontal 3-4
3.1.6 Alineamiento vertical 3-6
3.1.7 Insuficiencias geométricas y funcionales de la red vial 3-6
3.1.8 Nivel de servicio de la red vial 3-7
3.1.9 Drenajes y alcantarillado 3-8
3.1.10 Suelos 3-8
3.1.11 Intersecciones y controles asociados 3-8
3.1.12 Señalamiento vial 3-10
3.1.13 Iluminación de la red vial 3-10
3.1.14 Transporte público 3-10
3.1.15 Condiciones del pavimento 3-10
3.2 Estructuras existentes 3-12
3.2.1 Estructuras – Sección 1- Autopista Estado de Israel 3-12
3.2.2 Estructuras – Sección 2- Nueva Radial Zapote-Curridabat 3-12
3.2.3 Estructuras – Sección 3- Autopista Florencio del Castillo 3-12
3.2.4 Pasos peatonales elevados 3-14

CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION

INDICE

Página

SECCION 3 - CONDICIONES EXISTENTES (continuación)

3.3 Características del medio ambiente 3-14
3.3.1 Uso del suelo 3-14
3.3.2 Características sociales, culturales y servicios comunitarios 3-17
3.3.2.1 Desarrollo y comunidades residenciales 3-17
3.3.2.2 Facilidades recreativas y parques públicos 3-24
3.3.2.3 Recursos arqueológicos e históricos 3-26
3.3.2.4 Servicios comunitarios 3-26
3.3.2.5 Servicios sociales, de emergencia y gubernamentales 3-27
3.3.2.6 Perfil demográfico 3-30
3.3.2.7 Percepción local del Proyecto 3-36
3.3.3 Características naturales y biológicas 3-44
3.3.3.1 Recursos acuíferos 3-48
3.3.3.2 Fauna 3-48
3.3.3.3 Flora 3-52
3.3.4 Características físicas 3-59
3.3.4.1 Geología 3-59
3.3.4.2 Geomorfología 3-70
3.3.4.3 Características del suelo 3-73
3.3.4.4 Clima 3-75
3.3.4.5 Amenazas naturales 3-77
3.3.5 Características arqueológicas 3-85

SECCION 4 - TRANSITO 4-1

4.1 Diagnóstico de las condiciones existentes 4-1
4.1.1 Volúmenes de tránsito existentes 4-1
4.1.1.1 Información derivada de la contabilidad de vehículos en el peaje 4-1
4.1.1.2 Información derivada de los conteos vehiculares 4-6
4.1.1.3 Volumen de tránsito en las intersecciones 4-11
4.2 Tendencia histórica de los volúmenes de tránsito 4-11
4.3 Capacidad de las vías 4-16
4.3.1 Descripción de subtramos viales 4-17
4.3.2 Tramo 1: Curridabat-Lomas de Ayarco (Sección 19067) 4-19
4.3.3 Tramo 2: Lomas de Ayarco-San Rafael (Sección 30600) 4-20
4.3.4 Tramo 3: San Rafael-Zona industrial Kativo (Sección 30113) 4-20
4.3.5 Tramo 4: Zona industrial Kativo-Taras (Sección 30112) 4-22
4.3.6 Tramo 5: Taras-La Lima (Sección 30101) 4-22
4.3.7 Tramo 6: La Lima-Cartago (Sección 30061) 4-23
4.3.8 Tramo 7: Curridabat-Tres Ríos (Sección 10920) 4-24

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION
República de Costa Rica

INDICE

Página

SECCION 4 - TRANSITO (continuación)

4.3.9 Tramo 8: Tres Ríos-San Rafael (Sección 30120) 4-24
4.3.10 Tramo 9: Plaza Víquez-Zapote (Sección 19061) 4-24
4.3.11 Tramo 10: Zapote-Curridabat (Sección 19062) 4-25
4.4 Estimación de demanda 4-25
4.5 Calibración y aplicación del modelo SIATGAM 4-29
4.6 Conclusiones del estudio de tránsito 4-32

SECCION 5 - JUSTIFICACION PARA LA IMPLEMENTACION 5-1

5.1 Deficiencias 5-1
5.1.1 Deficiencias en el diseño original 5-1
5.1.2 Deficiencias de capacidad en la red vial 5-2
5.1.3 Rutas de evacuación y emergencia 5-2
5.1.4 Crecimiento dentro del área de estudio 5-3
5.2 Seguridad vial del corredor 5-3
5.3 Planes para el mejoramiento de la red vial 5-4

SECCION 6 - ANALISIS DEL CORREDOR VIAL ALTERNO 6-1

6.1 Corredores alternos 6-1
6.2 Evaluación de los corredores alternos 6-1

SECCION 7 - ANALISIS DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS 7-1

7.1 Alternativas estudiadas 7-1
7.1.1 Alternativa No Proyecto 7-1
7.1.2 Alternativa – Mejoramiento mínimo 7-1
7.1.3 Autopista Estado de Israel 7-2
7.1.3.1 Alternativa 1 7-2
7.1.3.2 Alternativa 2 7-2
7.1.4 Sección 2, Nueva Radial Zapote-Curridabat 7-2
7.1.4.1 Alternativa 1 7-2
7.1.5 Sección 3, Autopista Florencio del Castillo 7-2
7.1.5.1 Segmento 1, Alternativa 1 7-2
7.1.5.2 Segmento 2, Alternativa 1 7-3
7.1.5.3 Segmento 3, Alternativa 1 7-3
7.1.5.4 Segmento 4 7-3
7.1.5.5 Segmento 1, Alternativas 2 y 3 7-3
7.2 Análisis de las alternativas estudiadas 7-3
7.3 Análisis operacional 7-4

INDICE

Página

SECCION 7 - ANALISIS DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS (continuación)

7.4 Estimados de costo de construcción 7-5
7.5 Impactos por adquisición del derecho de vía 7-5
7.6 Impactos al medio ambiente 7-5
7.7 Matriz sumario de la evaluación 7-6

SECCION 8 - ANALISIS PRELIMINAR DE DISEÑO 8-1

8.1 Volúmenes de tránsito 8-1
8.2 Secciones típicas 8-2
8.3 Concepto para las intersecciones y semaforización 8-4
8.4 Planos preliminares de ingeniería (Alternativa preferida) 8-5
8.5 Concepto de utilización para las marginales 8-5
8.6 Análisis de la Rotonda Zapote 8-5
8.7 Estructuras 8-6
8.8 Pasos peatonales 8-9
8.9 Recomendación estética para la red vial 8-9
8.10 Material salvable ó reciclable 8-10
8.11 Beneficio previsto para los usuarios 8-10
8.12 Tendencias de la urbanización 8-10
8.13 Impacto a los servicios públicos 8-10
8.14 Diseño de pavimentos 8-11
8.15 Criteria para el diseño vial 8-14

SECCION 9 - IMPACTOS ECONOMICOS Y DEL MEDIO AMBIENTE 9-1

9.1 Modelo de evaluación de impactos ambientales 9-1
9.1.1 El ambiente como un sistema 9-1
9.1.2 El proyecto como un sistema 9-2
9.1.3 Valoración de impactos 9-2
9.2 Descripción y Análisis de Impactos Ambientales-Fase de construcción 9-3
9.2.1 Impactos socio-económicos 9-3
9.2.1.1 Uso del suelo 9-3
9.2.1.2 Comunidades adyacentes al corredor vial 9-4
9.2.1.3 Potencial de relocalización de viviendas y negocios 9-4
9.2.1.4 Servicios comunitarios 9-5
9.2.1.5 Desarrollo económico del área 9-5
9.2.1.6 Servicios de emergencia y gubernamentales 9-5
9.2.1.7 Paisaje 9-5
9.2.2 Impacto a los recursos culturales 9-5

INDICE

Página

SECCION 9 - IMPACTOS ECONOMICOS Y DEL MEDIOAMBIENTE (continuación)

9.2.2.1 Sitios de valor histórico y/ó arqueológicos 9-5
9.2.2.2 Facilidades recreativas y parques públicos 9-6
9.2.3 Impacto a los recursos naturales 9-6
9.2.3.1 Suelos 9-6
9.2.3.2 Reservas acuáticas 9-7
9.2.3.3 Calidad del agua 9-7
9.2.3.4 Fauna 9-7
9.2.3.5 Flora 9-8
9.2.4 Impactos físicos 9-8
9.2.4.1 Ruidos 9-8
9.2.4.2 Calidad del aire 9-8
9.2.4.3 Construcción 9-9
9.2.4.4 Contaminación 9-10
9.3 Descripción y Análisis de Impactos Ambientales-Fase de Operación 9-11
9.3.1 Impactos socio-económicos 9-11
9.3.1.1 Uso del suelo 9-11
9.3.1.2 Comunidades adyacentes al corredor vial 9-11
9.3.1.3 Servicios comunitarios 9-12
9.3.1.4 Paisaje 9-12
9.3.2 Impacto a los recursos culturales 9-12
9.3.2.1 Sitios de valor histórico y/ó arqueológicos 9-12
9.3.3 Impacto a los recursos naturales 9-12
9.3.3.1 Suelos 9-12
9.3.3.2 Reservas acuáticas 9-13
9.3.3.3 Calidad del agua 9-13
9.3.3.4 Fauna 9-13
9.3.3.5 Flora 9-14
9.3.4 Impactos físicos 9-14
9.3.4.1 Ruidos 9-14
9.3.4.2 Calidad del aire 9-14
9.3.4.3 Contaminación 9-15

SECCION 10 - DRENAJE 10-1

10.1 Introducción 10-1
10.2 Sistema de drenaje existente 10-1
10.3 Sistema de drenaje propuesto 10-2
10.4 Criteria de diseño 10-3

INDICE

Página

SECCION 11 - ESTUDIO ECONOMICO -TERRENOS Y CONSTRUCCIONES 11-1

11.1 Análisis documental 11-1
11.2 Reconocimiento del corredor principal 11-1
11.3 Censo general de propiedades 11-1
11.4 Definición del uso del suelo 11-1
11.5 Clasificación de las construcciones 11-2
11.6 Levantamiento visual de terrenos y construcciones 11-3
11.6.1 Sectores 11-3
11.7 Investigación de valores de acuerdo con oferta y demanda actual 11-4

SECCION 12 - FACTIBILIDAD ECONOMICA Y FINANCIERA 12-1

12.1 Tarifas de peaje 12-2
12.2 Descripción de la red de transportes 12-2
12.3 Mejoras planeadas de la carretera 12-3
12.4 Volúmenes y composición del tránsito 12-3
12.5 Estacionalidad 12-4
12.6 Tarifas de peaje propuestas 12-4
12.7 Subeconomía regional 12-8
12.8 Proyecciones de tráfico 12-8

SECCION 13 - MANTENIMIENTO DE TRAFICO 13-1

SECCION 14 - ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO 14-1

14.1 Introducción 14-1
14.1.1 Visitas de campo 14-1
14.1.2 Sondeos 14-1
14.1.3 Laboratorio 14-2
14.2 Metodología 14-2
14.2.1 Radial Zapote ó Autopista Estado de Israel 14-3
14.2.2 Radial Zapote-Curridabat 14-3
14.2.3 Autopista Florencia del Castillo 14-3
14.2.4 Ensayos de caracterización física y mecánica 14-3
14.2.5 Estructuras Específicas 14-4
14.3 Evaluación de los taludes existentes en la Zona del Alto de Ochomogo 14-4
14.3.1 Factores que afectan la estabilidad de los taludes 14-5

INDICE

Página

SECCION 14 - ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO (continuación)

14.3.2 Muros de neumáticos utilizados 14-5
14.3.3 Muros de Gaviones 14-6
14.4 Drenajes 14-6
14.4.1 Recomendaciones Generales de drenajes 14-7
14.5 Conclusiones 14-8

SECCION 15 - COSTOS DE PROYECTO 15-1

15.1 Estimado del costo de construcción 15-1
15.2 Estimado de costo del derecho de vía 15-1
15.3 Sumario de costos 15-1

SECCION 16 - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 16-1

LISTA DE CUADROS

Página

Cuadro 1.1 Estimados de Costos del Proyecto 1-5
Cuadro 1.2 Sumario de los costos del proyecto 1-8

Cuadro 3.1 Intersecciones Existentes 3-8
Cuadro 3.2 Capacidad de uso del suelo por canton 3-16
Cuadro 3.3 Distribución de la Población por Distrito, según Sexo 3-18
Cuadro 3.4 Número de miembros por hogar
Area de influencia del proyecto 3-19
Cuadro 3.5 Comunidades comprendidas dentro del área de influencia del proyecto 3-20
Cuadro 3.6 Distribución de la Fuerza de Trabajo, según rama de actividad 3-21
Cuadro 3.7 Población Ocupada por Grupo Ocupacional 3-23
Cuadro 3.8 Centros recreativos y parques públicos, área de influencia del proyecto 3-25
Cuadro 3.9 Centros educativos – Area de influencia del proyecto 3-28
Cuadro 3.10 Perfil de Jefe de Familia – Area de influencia del proyecto 3-31
Cuadro 3.11 Condición de ocupación de jefe de familia. Area de influencia del proyecto 3-32
Cuadro 3.12 Situación de empleo e ingresos económicos. Área de influencia del proyecto 3-33
Cuadro 3.13 Nivel de vida familias residentes – Area de influencia del proyecto 3-34
Cuadro 3.14 Características de los negocios – Area de influencia del proyecto 3-35
Cuadro 3.15 Percepción del proyecto, residentes – Area de influencia del proyecto 3-36
Cuadro 3.16 Actitud ante la expropiación, residentes. área de influencia del proyecto 3-39
Cuadro 3.17 Atribución de efectos ante desarrollo del proyecto, residentes
Area de influencia del proyecto 3-40
Cuadro 3.18 Proyección estado de comunidad y familia, residentes
Area de influencia del proyecto 3-41
Cuadro 3.19 Percepción del proyecto, ocupantes de negocios
Area de influencia del proyecto 3-41
Cuadro 3.20 Actitud ante la expropiación, ocupantes de negocios
Area de influencia del proyecto 3-42
Cuadro 3.21 Atribución de efectos ante desarrollo del proyecto, ocupantes de negocios
Area de influencia del proyecto 3-43
Cuadro 3.22 Proyección estado de comunidad y negocio, ocupantes de negocios
Area de influencia del proyecto 3-44
Cuadro 3.23 Especies de Aves Observadas y Esperadas 3-50
Cuadro 3.24 Especies de Anfibios Esperados 3-51
Cuadro 3.25 Especies de Reptiles Esperados 3-51
Cuadro 3.26 Especies de Mamíferos Esperados 3-52
Cuadro 3.27 Especies de Plantas Observadas y Esperadas 3-57
Cuadro 3.28 Parámetros de las Fuentes Sísmicas,
Modificado de Rojas & Montero (2000) 3-80
Cuadro 3.29 Aceleraciones Mayores de 0.05g 3-81

LISTA DE CUADROS

Página

Cuadro 3.30 Aceleraciones, Velocidades y Desplazamiento Máximo del Terremoto de Piedras Negras Tomado de Ramírez et al. (1996/1997) 3-82
Cuadro 3.31 Periodos Naturales del Suelo, Tomado de Ramírez et al. (1996/1997) 3-82

Cuadro 4.1 Cantidad Total de Vehículos Mixtos 4-2
Cuadro 4.2 Estimación de los Factores de Ajuste por Día de la Semana 4-3
Cuadro 4.3 Resumen de Factores de Ajuste Mensual 4-6
Cuadro 4.4 Factores de Estandarización por Día 4-7
Cuadro 4.5 Composición Vehicular 4-7
Cuadro 4.6 Resumen de Conteos 4-14
Cuadro 4.7 Resultado de los Análisis de Regresión Aplicados al TPD 4-15

Cuadro 5.1 Crecimiento demográfico y proyecciones (1975-2050) 5-3

Cuadro 8.1 Resumen del Tránsito Diario
Autopista Florencia del Catillo
Aforos Vehiculares de Junio del 2000 8-1
Cuadro 8.2 Crecimiento Esperado del TPD 8-2
Cuadro 8.3 Cantidad de Carriles Requeridos por Tramo con Registro Histórico de TPD 8-4
Cuadro 8.4 Cantidad de Carriles Sugeridos por Sección del Proyecto 8-4

Cuadro 9.1 Proyecto Concesión de Obra con Servicio Público
Corredor vial San José-Zapote-Cartago
Variables Consideradas para la Valoración de Impactos 9-3

Cuadro 12.1 Tarifa de peajes existente entre Tres Ríos y Hacienda Vieja 12-2
Cuadro 12.2 Hipótesis de peajes 12-5
Cuadro 12.3 Diferentes tarifas de peaje 12-9
Cuadro 12.4 Pronósticos de Tráfico para la Carretera de Peaje San José-Zapote-Cartago 12-11

Cuadro 15.1 Sumario del Costo del Proyecto 15-1

Cuadro 16.1 Criteria de Diseño de Carreteras 16-1
Cuadro 16.2 Criteria de Diseño de Drenaje 16-2
Cuadro 16.3 Criteria Estructural 16-3

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1.1 Localización del Proyecto 1-9

Figura 2.1 Trazado del Corredor San José-Zapote-Tres Ríos-Cartago, Tramos Sector Oeste 2-2
Figura 2.2 Trazado del Corredor San José-Zapote-Tres Ríos-Cartago, Tramos Sector Este 2-2
Figura 2.3 Trazado del Proyecto Zapote-Curridabat, Sección Noroeste 2-4
Figura 2.4 Trazado del Proyecto Zapote-Curridabat, Sección Este Conexión con Autopista Florencio del Castillo, en Curridabat 2-4

Figura 3.1 Clasificación vial del Proyecto San José-Zapote-Cartago 3-2
Figura 3.2 Características del Proyecto San José-Zapote-Cartago 3-5
Figura 3.3 Ubicación de Intersecciones 3-9

Figura 4.1 Variación Mensual del Volumen de Vehículos Peaje Autopista Florencio del Castillo 4-4
Figura 4.2 Variación Porcentual del Volumen de Tránsito, por Día de la Semana Estación de Peaje en Tres Ríos 4-5
Figura 4.3 Recuentos Vehiculares 18 Horas, 6:00 am – 12:00 mn 4-8
Figura 4.4 Recuentos Vehiculares 24 Horas, 12:00 mn – 12:00 mn 4-9
Figura 4.5 Recuentos Vehiculares en Intersecciones, 6:00 am – 9:00 am y 4:00 pm – 7:00 pm 4-10
Figura 4.6 Ubicaciones de Estaciones de Conteo, MOPT 4-13
Figura 4.7 Características Geométricas de Subtramos viales 4-18
Figura 4.8 Encuesta de Origen-Destino, 6:00 am – 6:00 pm 4-26
Figura 4.9 Zonas Geográficas del modelo SIATGAM 4-27
Figura 4.10 Sectores Geográficos de la Matriz Origen-Destino 4-28
Figura 4.11 Escenario Base para la Modelación con SIATGAM 4-30
Figura 4.12 Escenario con Proyecto Zapote-Curridabat para la modelación con SIATGAM 4-31

Figura 7.1 Sección 1, Alternativa 2 7-7
Figura 7.2 Sección 2, Alternativa 1 7-8
Figura 7.3 Sección 3, Segmento 1, Alternativa 1 7-9
Figura 7.4 Sección 3, Segmento 2, Alternativa 1 7-10
Figura 7.5 Sección 3, Segmento 3, Alternativa 1 7-11
Figura 7.6 Sección 3, Segmento 1, Alternativa 1 7-12
Figura 7.7 Sección 3, Segmento 1, Alternativa 3 7-13

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 8.1 Puente No. 1 San José-Zapote-Cartago..... 8-15
Figura 8.1A Puente No. 1 San José-Zapote-Cartago..... 8-16
Figura 8.2 Puente No. 2 San José-Zapote-Cartago..... 8-17
Figura 8.2A Puente No. 2 San José-Zapote-Cartago..... 8-18
Figura 8.3 Puente No. 3 San José-Zapote-Cartago..... 8-19
Figura 8.3A Puente No. 3 San José-Zapote-Cartago..... 8-20
Figura 8.4 Puente No. 4 San José-Zapote-Cartago..... 8-21
Figura 8.4A Puente No. 4 San José-Zapote-Cartago..... 8-22
Figura 8.5 Puente No. 5 San José-Zapote-Cartago..... 8-23
Figura 8.5A Puente No. 5 San José-Zapote-Cartago..... 8-24
Figura 8.6 Puente No. 6 San José-Zapote-Cartago..... 8-25
Figura 8.6A Puente No. 6 San José-Zapote-Cartago..... 8-26
Figura 8.7 Puente No. 7 San José-Zapote-Cartago..... 8-27
Figura 8.7A Puente No. 7 San José-Zapote-Cartago..... 8-28
Figura 8.8 Ubicación de pasos peatonales..... 8-29

Figura 12.1 Carretera de Peaje San José-Zapote-Cartago / Mapa del Corredor de la Via..... 12-5
Figura 12.2 Carretera de Peaje San José-Zapote-Cartago / Comparación de Tiempos de Viaje y Distancias..... 12-6

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE PRELIMINAR

ESTUDIO DE INGENIERIA

URS

SECCION 1

SUMARIO EJECUTIVO

1.1 Justificación y Antecedentes

La firma URS fue seleccionada en el mes de Agosto del 2000, para realizar el diseño preliminar y estudio de factibilidad para la concesión de obra con servicio público del corredor vial San José-Zapote-Cartago. El mapa de localización del proyecto se muestra en la Figura 1.1

La congestión existente en la infraestructura de la red vial de la Gran Area Metropolitana de San José y en particular del corredor vial antes mencionado, muestra la necesidad de implementar mejoras para el transporte urbano que ofrezcan una distribución adecuada de los flujos vehiculares, al mismo tiempo que disminuya la saturación de la retícula vial, el exceso de demanda y la falta de capacidad. Dentro de este contexto, el presente estudio fue contratado con el propósito de determinar las medidas a largo plazo necesarias para llevar a cabo dicho objetivo.

La compleja situación vial originada principalmente por el crecimiento de la demanda existente entre San José-Zapote-Curridabat-Cartago ha provocado un fuerte deterioro de estas importantes arterias, lo cual conlleva a un consumo innecesario de combustible, un aumento significativo en los tiempos de traslado entre las diferentes ciudades y el subsecuente aumento de la polución ambiental, factor directamente proporcional a la condición antes mencionada.

También es necesario destacar el análisis de la viabilidad ambiental como un componente importante dentro de este proceso, ya que los proyectos de infraestructura normalmente generan altos impactos sobre el medio físico natural, de hecho; esta evaluación es de gran peso sobre las decisiones finales en términos del diseño del proyecto ya que podrían surgir cambios producto de la evaluación ambiental, que ayuden a mitigar los impactos asociados.

El objetivo de este estudio preliminar de ingeniería radica en implementar mejoras a largo plazo y de alcance significativo para el corredor actual, al igual que desarrollar las soluciones que permitan corregir las deficiencias existentes y futuras debido a las condiciones substandarizadas que presenta esta red vial hoy día. El diagnóstico y evaluación de este proyecto de vialidad técnica y económica está directamente influenciado por el rápido crecimiento del flujo automotor a través del corredor, la limitada capacidad vial disponible, los altos niveles de congestión en las horas pico y el acelerado desarrollo comercial y residencial en determinadas áreas adyacentes y servidas por dicho corredor.

El estudio preliminar de ingeniería comienza con un análisis exhaustivo de la red vial existente, las deficiencias geométricas, condiciones operacionales y funcionales, necesidad de mejorar el drenaje en las zonas urbanas, los efectos del corredor en el área de influencia, el nivel de servicio, la capacidad y seguridad de la vía incluyendo accesos locales, peatonales y transporte público, el funcionamiento de las intersecciones principales a lo largo de la carretera, mantenimiento del tráfico durante la construcción y los aspectos generales medioambientales.

Entre las alternativas consideradas para el proyecto se tomó en consideración otros corredores alternos existentes, diferentes conceptos de secciones típicas, diferentes alineamientos horizontales y verticales, mejoramiento de las intersecciones afectadas por la propuesta, diferentes tipos de estructuras, mantenimiento de tráfico durante el periodo de construcción, drenaje, servicios públicos, suelos y geotecnia, diseño de pavimentos, aspectos constructivos, aspectos socio-económicos y medioambientales y adquisición del derecho de vía.

Las alternativas estudiadas enfatizaron la factibilidad técnica, medioambiental, social y los aspectos económicos/financieros del proyecto. Entre estos factores se encuentran los resultados del análisis de demanda, ubicación y definición de las mejoras, estimado de costos constructivos, estaciones de peaje, definición del sistema de cobros y otros servicios básicos y funcionales del proyecto.

La preparación y presentación de los documentos de este estudio preliminar de ingeniería es consistente con los términos de referencia preparados por el Consejo Nacional de Concesiones y que anteceden la evaluación de la factibilidad del proyecto dentro del marco legal que la Ley General de Concesiones de Obras Públicas establece. En ese sentido el Gobierno de Costa Rica se ha interesado en promover la realización, los diseños y el estudio que permita determinar la factibilidad de desarrollar, bajo la modalidad de concesión de obra pública y servicios públicos, el mejoramiento, rehabilitación y construcción del corredor vial San José-Cartago, el cual abarca las rutas de Radial Zapote o Autopista Estado de Israel, Nueva Radial Zapote-Curridabat y la Autopista Florencio del Castillo.

1.2 Alternativas estudiadas

El actual corredor San José-Zapote-Curridabat-Cartago está compuesto de dos enlaces primarios con características de arterias urbanas para llegar a San José, estos son la Radial San Pedro y la Radial Zapote-Curridabat. Teniendo en consideración que el comienzo del proyecto esta fijado en Plaza González Víquez, la Radial Zapote-Curridabat brinda una continuidad directa a través de la Autopista Estado de Israel. En el caso de la Radial San Pedro la conexión a la Autopista Estado de Israel sería a través de Circunvalación. También existe un enlace secundario alterno que es Hacienda Vieja-San Francisco-Zapote, el cual no ofrece una conexión aceptable dadas sus características intrínsecas.

La localización de dos corredores alternos existentes (Radial San Pedro y Radial Zapote-Curridabat) fueron consideradas durante este estudio preliminar de ingeniería. Se concluyó que la localización del corredor Nueva Radial Zapote-Curridabat ofrece un mayor potencial para alcanzar los objetivos relacionados a las necesidades del proyecto. Esta decisión fue basada en los siguientes puntos:

- Los dos corredores paralelos, sufren de la misma congestión extrema de tráfico y sirven un gran número de desarrollos comerciales y residenciales a todo lo largo del corredor. Esto hace que los puntos de conflicto en las intersecciones al igual que el potencial de accidentes sea más alto que la Nueva Radial Zapote-Curridabat,
- Las restricciones del derecho de vía existente en ambas carreteras haría mas difícil el incrementar la capacidad de los corredores al proponer la adición de carriles en ambas direcciones.

- La construcción de la Nueva Autopista Zapote-Curridabat sería trazada como una continuación de la Autopista Florencio del Castillo para conectarse con la Autopista Estado de Israel, ofreciendo así la ruta más directa y rápida al transporte automotor. La operación de esta nueva vía con el enlace de las dos vías antes mencionadas proveerá la capacidad, seguridad y funcionalidad necesaria de un corredor de acceso restringido.
- Ambas rutas alternas continuarían congestionadas en las horas pico debido al incremento de la demanda, incluso una vez que se implementaran las mejoras de ampliación a cuatro carriles.
- La construcción de este nuevo tramo de autopista sería de gran importancia en la red vial del sector este de San José, ya que permitiría una mejor distribución de los flujos de tráfico y ayudaría a disminuir la congestión actual existente.

Se estudiaron diferentes alternativas para el mejoramiento del corredor San José-Zapote-Cartago, las cuales mantienen las siguientes características:

La sección 1, Autopista Estado de Israel presenta un derecho de vía restringido por lo cual se tratará de minimizar la expropiación de terrenos para la ampliación.

La sección 2, Nueva Radial Zapote- Curridabat sigue el alineamiento establecido con mínimas modificaciones, ya que existen cierta cantidad de terrenos reservados para el desarrollo de esta carretera.

La seccion 3, ampliación de la Autopista Florencio del Castillo se proyecta hacia el centro de la carretera donde el terreno necesario para la adición de los dos carriles propuestos está disponible a través de gran parte del corredor. En esta sección se analizaron cuatro segmentos diferentes, cada uno con sus alternativas especificas, llegándose a la conclusión de que la Alternativa 1 ofrecía el mayor número de ventajas y el menor costo de construcción. Este análisis se explica en detalle en la Sección 7 de este estudio.

A continuación se explican las diferentes alternativas consideradas y su división por secciones:

- ***Alternativa No-Proyecto*** – Esta alternativa asume que no se realizará ningún mejoramiento del corredor vial, por lo que las condiciones existentes se deterioran más allá de lo previsto. Esta alternativa sirve de comparación a las otras aquí propuestas.
- ***Alternativa de Mejoramiento mínimo*** – Esta alternativa incluye el mejoramiento de intersecciones, semaforización, control de accesos, seguridad vial, etc. No incluye ensanchamiento.

Seccion 1- Autopista Estado de Israel

- ***Alternativa 1*** - Esta alternativa se refiere al ensanchamiento de la vía a seis carriles, tres en cada dirección, donde la expansión en la Autopista Estado de Israel ocurre hacia ambos lados del derecho de vía existente ó sus respectivas modificaciones a los lados Norte ó Sur del corredor. Esta alternativa considera el mantener las marginales bajo su funcionamiento actual.

- ***Alternativa 2*** – Esta alternativa es similar a la anterior en cuanto al objetivo de la expansión a seis carriles, sin embargo se propone usar parte del derecho de vía que ocupan las marginales para lograr dicho propósito y así minimizar la adquisición de derecho de vía adicional. Esta variación propone modificar el funcionamiento actual de las marginales.

Seccion 2- Nueva Radial Zapote-Curridabat

- ***Alternativa 1*** - Esta alternativa se refiere a la construcción de una nueva vía de seis carriles, tres en cada dirección, ésta carretera se construirá elevada y con acceso limitado. Esta nueva vía servirá para unir la Autopista Estado de Israel con la Autopista Florencio del Castillo.

Seccion 3- Autopista Florencio del Castillo

Segmento 1

- ***Alternativa 1*** - Esta alternativa mantiene el concepto de seis carrileras de transito, tres an cada dirección y se subdivide en dos partes: **Hacienda Vieja-La Galera**, con un ensanchamiento de 4 metros hacia el centro y 1 metro hacia el exterior en cada dirección de la carretera. **La Galera-Tres Rios**, con un ensanchamiento de 5 metros de cada lado, hacia el centro de la vía existente. La ampliación propuesta se mantiene dentro de los limites del derecho de vía existente.

- ***Alternativa 2*** - Esta alternativa va de **Hacienda Vieja-Tres Rios**, con un ensanchamiento de 5.45 metros a cada lado, hacia el exterior de la vía existente. La ampliación propuesta se mantiene dentro de los limites del derecho de vía existente.

- ***Alternativa 3-*** Esta alternativa igualmente cubre el área de **Hacienda Vieja-Tres Rios**, con un ensanchamiento interior que varía de 4 – 5 metros, y ensanchamiento exterior que varía de 0.75 – 1.75 metros a cada lado de la vía existente.

Segmento 2

- ***Alternativa 1*** - Esta alternativa **Tres Rios-Taras**, mantiene la continuidad del concepto de seis carrileras de transito, tres an cada dirección con un ensanchamiento de 5.45 metros hacia el centro de la vía existente.

Segmento 3

- ***Alternativa 1*** - **Taras-La Lima**, con un ensanchamiento variable hacia el exterior de la vía existente, manteniendo la continuidad de tres carrileras de tránsito en cada dirección. La ampliación propuesta se mantiene dentro de los limites del derecho de vía existente.

Segmento 4

- ***Alternativa 1*** – **La Lima-Cartago**, mantiene la seccion tipica existente, no se propone ensanchamiento alguno, solo rehabilitar el pavimento y realizar otras mejoras de la vía que se estimen necesarias.

Un sumario de los costos de construcción y derecho de vía de las alternativas estudiadas es presentado en el cuadro 1.1 a continuación:

Cuadro 1.1 – Estimados de Costos del Proyecto (Dólares - 2001)

Alternativa	Costo de construcción	Costo de derecho de vía	Estimado de costo total
No-Proyecto	$0	$0	$0
Mejoramiento Mínimo	$0,000,000	$0,000,000	$0,000,000
Seccion 1 Alternativa 2	$0,000,000	$0,000,000	$0,000,000
Seccion 2 Alternativa 1	$0,000,000	$0,000,000	$0,000,000
Seccion 3 Seg.1- Alt. 1	$0,000,000	$0,000,000	$0,000,000
Seccion 3 Seg.2- Alt. 1	$0,000,000	$0,000,000	$0,000,000
Seccion 3 Seg.3- Alt. 1	$0,000,000	$0,000,000	$0,000,000
Seccion 3 Seg.4- Alt. 1	$0,000,000	$0,000,000	$0,000,000
Total			

Las tres secciones estudiadas fueron comparadas y evaluadas teniendo en consideración diferentes parámetros, entre los que se incluyeron: costo de construcción, costo de la adquisición de derecho de vía, impactos socioeconómicos y medioambientales, nivel de servicio a lo largo del corredor vial, seguridad vial y mantenimiento de tráfico durante la construcción entre otras cosas. Basado en el análisis presentado en este reporte se propone como la "Alternativa Preferida":

Seccion 1-Alternativa 2,
Seccion 2-Alternativa 1,
Seccion 3-Segmento 1, Alternativa 1
Seccion 3-Segmento 2, Alternativa 1
Seccion 3-Segmento 3, Alternativa 1
Seccion 3-Segmento 4, Alternativa 1

Esta recomendación se propone por las razones siguientes:

- Alternativas No Proyecto y Mejoramiento Mínimo no proveen la capacidad adecuada para acomodar la demanda existente ni la demanda futura.

- Seccion 1-Alternativa 1 y sus variantes resultaron en un costo de adquisición de derecho de vía que incrementaría el costo del proyecto sustancialmente, al mismo tiempo que presenta los

mayores impactos socioeconómicos debido al desplazamiento de viviendas y negocios necesaria para acomodar la nueva sección típica propuesta.

- Seccion 1-Alternativa 2 es la única alternativa que ofrece un balance en cuanto a lo que a capacidad vial se refiere al mismo tiempo que minimiza la expropiación de terrenos para la ampliación necesaria al utilizar el derecho de via existente.

- Seccion 3-Alternativa 1 (Segmentos 1-4) ofrece mas ventajas en lo que se refiere a la construcción de las nuevas carrileras, ya que no hay que modificar las rampas de los intercambios existentes. También minimiza el potencial de adquirir derecho de vía para la ampliación.

Existen cuatro intersecciones que requieren la adquisición de derecho de vía para acomodar la demanda futura y la funcionalidad de las mismas. Estas intersecciones son: Rotonda Zapote, Hacienda Vieja, Taras y La Lima.

Basado en la selección de la Alternativa Preferida, se desarrolló en más detalle el estudio preliminar de ingeniería, concentrándose el mismo en el diseño horizontal y vertical, drenaje, impactos socioeconómicos y medioambientales, impactos por adquisición de derechos de vía, factibilidad económica y financiera, etc.

1.3 Recomendaciones

La selección de la Alternativa Preferida fué fundada en la evaluación de todos los aspectos importantes del proyecto. El estimado total del costo de construcción para la Alternativa preferida, basado en un análisis más detallado de ingeniería preliminar, es $0,000,000 (dólares-2001).

La sección típica de la Alternativa Preferida, dependiendo de la Sección en que se encuentre (Seccion 1, 2 ó 3), requiere de un mínimo de 25.30 metros a un máximo de 34.0 metros de ancho; incluye seis carriles: tres en cada dirección, de un ancho que varía de 3.0 a 3.65 metros cada uno; una isla divisoria central de ancho variable ó en algunos casos una barrera de parapeto divisoria tipo New Jersey de 0.6 metros de ancho, cordón y cuneta de 0.6 metros en los segmentos urbanos, y 1.80 m de acera en ambos lados del derecho de vía existente en áreas urbanas ó espaldones de 1.80 metros de ancho en áreas rurales.

La implementación de las mejoras propuestas para el corredor vial San José-Zapote-Cartago depende directamente de las normas que rige el concesionamiento de infraestructura al sector privado y la disponibilidad de los fondos monetarios necesarios para llevarlos a cabo.

Se sugiere que las siguientes recomendaciones sean estrictamente observadas durante la implementación y/o construcción del proyecto:

- ***Mantenimiento de tránsito durante el período de construcción*** – El proyecto propuesto incluye estrategias que consideran mantener la circulación de tránsito existente aún durante los períodos de construcción, siguiendo las especificaciones de 1) proveer seguridad vial a través del corredor durante la construcción, 2) minimizar la cantidad de tiempo que cada segmento en específico se mantenga bajo construcción, 3) minimizar el número de cambio de líneas a través de la zona de

trabajo para así facilitar el movimiento del flujo de tráfico, 4) reducir la velocidad de circulación a través de las zonas en construcción para así evitar la posibilidad de accidentes vehiculares, peatonales y brindarles seguridad a los obreros de la construcción.

- ***Protección del manto acuífero*** – Se recomienda que los desechos que resulten de las labores y materiales propios de la construcción sean cuidadosamente removidos, especialmente aceites y otros líquidos que puedan penetrar hasta el manto acuífero.

- ***Protección de la fauna*** – Se deben tomar medidas de protección y conservación con respecto a las especies que habitan ó pasan a través del área donde se desarrollara este proyecto, como lo habilitan las normas ambientales establecidas en la Ley Orgánica del Medio Ambiental y el Reglamento de Procedimientos de la SETENA.

- ***Limitar los impactos de polución durante el período de construcción*** – Se debe realizar el mayor esfuerzo por controlar y/ó minimizar los impactos producidos por la contaminación de ruidos y gases durante el período de construcción, al igual que mitigar los levantamientos innecesarios de polvo, especialmente cuando se esté construyendo en áreas colindantes a hospitales, guarderías infantiles y escuelas.

- ***Monitoreo permanente de sitios arqueológicos*** – Se recomienda la coordinación y monitoreo de sitios arqueológicos identificados a lo largo del corredor vial para garantizar su seguridad e integridad durante y después del período de construcción, al igual que durante la adquisición de propiedades que serán utilizadas con el propósito de el ensanchamiento del corredor.

1.4 Sumario


Este Diseño Preliminar y Estudio de Factibilidad para la concesión de Obra con Servicios Públicos documenta las condiciones existentes a lo largo del corredor vial, sumariza la necesidad de construir el proyecto y presenta un análisis de las posibles alternativas a considerar. El análisis de las condiciones existentes provee la información pertinente, que junto a las deficiencias del corredor fueron utilizadas para desarrollar y evaluar las alternativas para el proyecto. El estudio está compuesto de diferentes aspectos que profundizan y dan el apoyo necesario a los principales tópicos de análisis que sirven de guía para las recomendaciones finales aquí presentadas.

- Estudio Preliminar de Ingeniería
- Estudio de Impacto Ambiental
- Estudio de Tránsito
- Estudio Geotécnico-Geológico
- Estudio de Evaluación y Diseños de Pavimentos
- Planos Preliminares de Ingeniería
- Estudio de Factibilidad Económica y Financiera

El sumario de los costos totales del proyecto basados en la "Alternativa Preferida", incluyendo el estudio preliminar de ingeniería, el diseño final de los planos de construcción, el costo de construcción y consideraciones para la adquisición del derecho de vía, es presentado en el Cuadro 1.2 que se muestra a continuación.

Cuadro 1.2
Sumario de los Costos del Proyecto
Alternativa Preferida

Categoría de Costo	Alternativa Preferida
Estudio preliminar	$0,000,000
Diseño	$0,000,000
Construcción	$0,000,000
Adquisición del derecho de vía	$0,000,000
TOTAL	**$0,000,000**



DISEÑADO POR:	
DIBUJADO POR:	
REVISADO POR:	
DIRECTOR:	
FECHA:	

REV | FECHA | POR | DESCRIPCION

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

URS

URS Corporation
5805 NW 11th Street, Suite 340
Miami, FL 33126-2053
Tel: (305) 262-7466

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

FIGURR 1.1
LOCALIZATION DEL PROJECTO

ESCALA:
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE PRELIMINAR

ESTUDIO DE INGENIERIA

URS

SECCION 2

INTRODUCCION

2.1 Objetivos del Estudio

El objetivo de este estudio es determinar, desde el punto de vista de análisis funcional vial, la mejor configuración geométrica y mejoras requeridas del corredor San José-Zapote-Cartago, y al mismo tiempo establecer los parámetros de factibilidad económica y financiera para realizar dicha concesión de obra pública. Este estudio preliminar de ingeniería y factibilidad técnica, social, ambiental y financiera debe garantizar un nivel de operación adecuado, nivel de servicio aceptable y seguridad vial a través del corredor.

2.2 Descripción del Proyecto

El corredor vial San José-Zapote-Cartago consta de tres segmentos claramente diferenciados, los cuales han sido estudiados cuidadosamente como componentes entrelazados para el proyecto propuesto para concesionamiento de obra y servicios públicos. Estos segmentos son: Radial Zapote ó Autopista Estado de Israel, Nueva Radial Zapote-Curridabat y Autopista Florencio del Castillo. A continuación se presenta la descripción y ubicación del proyecto por sección.

Las Figuras 2.1 y 2.2 muestran el trazado del proyecto en su totalidad, con distinción de los tres segmentos de que está comprendido el corredor vial.

a) **Seccion 1 (Autopista Estado de Israel ó Radial Zapote):** Con una longitud de 2.0 Km, cuenta con 4 carriles divididos y se extiende desde la Plaza González Víquez (costado este) hasta la Rotonda Zapote, cerca de la futura conexión con la Nueva Radial Zapote-Curridabat, que también es parte de este estudio (ver Figura 2.1). Este tramo se caracteriza por tener numerosos accesos a ambos lados de la vía, así como cruces con la retícula urbana del entorno. Las principales intersecciones corresponden al entronque con el dispersador de Plaza González Víquez, la intersección El Cerrito (ambas intersecciones controladas con semáforo) y la intersección Zapote, que es de tipo rotonda y en ella se erige el monumento de las Garantías Sociales. El tramo comprendido entre la Intersección El Cerrito y la Rotonda Zapote tiene calles marginales a ambos lados. En este segmento se puede observar que se cuenta con aceras a los lados del proyecto salvo en pequeños tramos; existen varias paradas de autobuses a lo largo de la vía que dan servicio a la red de transporte urbano.

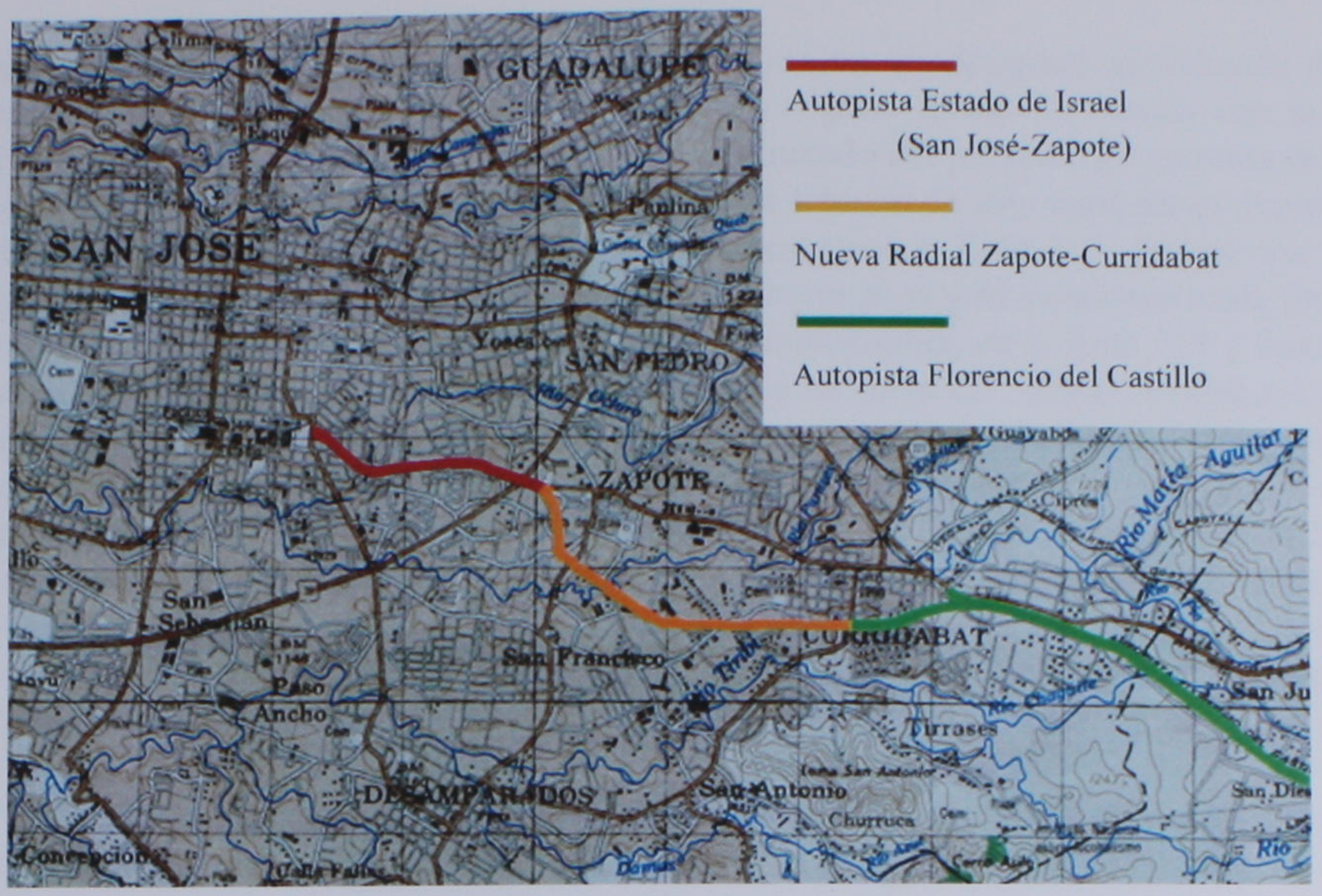


Figura 2.1
Trazado del Corredor San José-Zapote-Tres Ríos-Cartago, Tramos Sector-Oeste



Figura 2.2 Trazado del Corredor San José-Zapote-Tres Ríos-Cartago, Tramos Sector-Este

b) **Seccion 2 (Nueva Radial Zapote-Curridabat):** Con una longitud aproximada de 2.9 Km, servirá de conexión entre la Radial Zapote (Autopista Estado de Israel) con la Autopista Florencio del Castillo (Curridabat-Cartago). El trazado del proyecto se presenta en detalle en las Figuras 2.3 y 2.4, actualmente la demanda de tránsito de este corredor es servida en parte por la Radial San Pedro (Ruta 2) y principalmente por la Ruta 215, que es una vía de dos carriles que opera en congestión extrema en las horas pico y en ocasiones hasta fuera de esta. La nueva radial se inicia a 200 metros de la rotonda Zapote, en la Ruta 215 y finaliza al lado sur de la ciudad de Curridabat, en el entronque de las rutas 221, 252 (Curridabat-La Galera) y la Ruta 2, Autopista Florencio del Castillo, interseccion Hacienda Vieja. Se tiene prevista una autopista de seis carriles, tres en cada sentido, con barrera divisoria tipo New Jersey, pendiente lateral promedio de 3%, de acceso restringido, ya que únicamente se contemplan accesos a través de marginales. Se prevé la necesidad de construir intercambios en los puntos extremos del proyecto, que corresponden a la intersección Zapote en su entronque con la Autopista Estado de Israel, así como en la intersección Hacienda Vieja, al conectarse con la Autopista Florencio del Castillo.

Por tratarse de la construcción de una nueva vía y debido a que en todo su recorrido se atraviesan zonas residenciales e industriales, para la conceptualización del proyecto se han tomado en cuenta los impactos ambientales que tendrá la nueva carretera, en particular los relativos a la calidad de vida, la disrupción del ambiente social y la contaminación por ruido y gases emitidos por los vehículos. El estudio de este tramo analiza las condiciones operativas de los peatones y del sistema de transporte público modalidad autobús. También se toma en cuenta las obras de infraestructura necesarias para proporcionar mejores condiciones de seguridad a los usuarios, tales como pasos peatonales a desnivel, bahías para autobuses, etc.



Figura 2.3 Trazado del Proyecto Zapote-Curridabat, Sección-Noroeste



Figura 2.4 Trazado del Proyecto Zapote-Curridabat, Sección-Este, Conexión con Autopista Florencio del Castillo, en Curridabat

c) **Seccion 3 (Autopista Florencio del Castillo):** con una longitud aproximada de 17.6 Km, esta autopista de cuatro carriles, conecta las ciudades de San Pedro y Curridabat con el Area Metropolitana de Cartago. Tiene dos secciones de características operativas distintas. El primer tramo corresponde a la sección Curridabat–Tres Ríos-San Rafael de La Unión, el cual abarca una longitud aproximada de 8 Km. Esta sección cuenta con cuatro carriles, dos en cada sentido, separados por una isla central ancha que tiene una zona verde, y es de acceso restringido. Esta sección cuenta con tres intercambios: La Galera, Lomas de Ayarco y Tres Ríos. Además, en la práctica existen varios accesos ilegales. Estas entradas no autorizadas originan problemas de seguridad vial, ya que en muchos casos incentivan la realización de giros en U sobre la isla central; o bien se habilitaron algunas rampas improvisadas, con estándares muy bajos, sin longitudes suficientes para acelerar o desacelerar, lo que provoca una operación insegura para los usuarios.

En esta sección está ubicada la única estación de peaje de esta autopista, en la cual se cobra únicamente a los usuarios en el sentido San José–Cartago. Otra característica importante de esta sección es que la superficie de ruedo es una carpeta asfáltica.

La otra sección, comprendida entre San Rafael de La Unión y Cartago, tiene una longitud de 9.6 Km, también cuenta con cuatro carriles, dos en cada sentido. En la Figura 2.2 se muestra el detalle de esta sección. Es importante notar que para la construcción de este tramo se aprovechó la calzada existente. De este modo, entre San Rafael de Tres Ríos y Taras de Cartago (5.6 Km) únicamente se construyó la calzada nueva en el sentido San José–Cartago hasta el Plantel de RECOPE, y de ahí hasta Taras, se construyó en la dirección Cartago-San José. En consecuencia, en ambos casos el sentido contrario se habilitó sobre carretera existente. Por las características topográficas de este tramo la isla divisoria central tiene un ancho variable y la rasante de las calzadas tienen elevaciones distintas. Además, el uso de la vía existente provocó que el alineamiento en algunos sectores en la dirección Cartago-San José no esté acorde con la velocidad de diseño del resto del proyecto, lo cual ha resultado en accidentes de tránsito, incluyendo colisiones múltiples (en el sector de Quebrada Fierro).

Por otra parte, a lo largo de la vía antigua existen varias comunidades e industrias cuya única vía de acceso es a través de esta autopista. También se considera para efectos del estudio de impacto ambiental, lo que se refiere a la seguridad de los peatones, escolares, así como los conflictos que producen los movimientos de entrada y salida de vehículos en esta zona. En este tramo también se ubica la Estación de Pesaje del MOPT, la cual está siendo reconstruída en estos momentos y ahora permitirá el control de vehículos pesados en ambas direcciones.

El siguiente tramo de esta sección (2 Km), Taras-La Lima cuenta con cuatro carriles divididos por un carril central de giro, el cual se habilitó en lugar de la isla medianera originalmente diseñada, debido al desarrollo comercial e industrial que tiene este tramo. El acceso a la Cuidad de Cartago es a través de la Radial La Lima, que cuenta con cuatro carriles, separados por una isla medianera y tiene una longitud de aproximadamente 2 kilometros.

En el último kilómetro de este tramo existe un gran desarrollo comercial y residencial, y como no cuenta con calles marginales, existen múltiples accesos directos a la autopista. En este caso también se presenta un problema de seguridad vial.

La sección Tres Ríos-Cartago cuenta sólo con intersecciones a nivel y la mayoría de ellas corresponde a retornos para hacer maniobras de giro en U, ya que no dispone de vías marginales. El tramo cuenta con cuatro retornos y dos importantes intersecciones a nivel: Taras y La Lima. La primera corresponde a una intersección en cruz, con un complicado alineamiento que ha tenido una alta incidencia de accidentes de tránsito, que obligó a la instalación de trepidadores para forzar a los vehículos en la vía secundaria a detenerse. La segunda es una intersección en T, también con un deficiente alineamiento, tanto horizontal como vertical, por lo que no reúne las condiciones de seguridad requeridas en este tipo de intersecciones.

A lo largo de la autopista existe una cantidad importante de paradas de autobuses autorizadas, en las cuales los vehículos colectivos se detienen en parte del carril derecho de la autopista. En este tramo de vía se necesitan obras complementarias de infraestructura que proporcionen mejores condiciones de seguridad a los usuarios, tales como pasos peatonales a desnivel, bahías para autobuses, etc. La superficie de rodamiento de esta sección la conforma una losa de hormigón y se debe tomar en cuenta que en esta sección se presenta una mala calidad de la subrasante, ya que predominan los suelos arcillosos y expansivos.

2.3 Proyectos en Areas Adyacentes

Para establecer un sistema de retícula vial apropiado debe de tenerse en cuenta los proyectos presentes y futuros en el área impactada por el corredor bajo estudio. La investigación que se hizo al respecto muestra dos proyectos adyacentes y con influencia directa sobre el corredor San José-Zapote-Cartago:

El "Estudio de Factibilidad Técnica, Económica, Financiera y Ambiental para la Concesión de Obra con Servicio Público de Tres Viaductos Urbanos en la ciudad de San José". Este contrato comenzó en el mes de Junio del 2000 y está siendo desarrollado por la firma consultora Getinsa-Novotecni.

El otro proyecto es el estudio para realizar el Diseño Preliminar y Estudio de Factibilidad Técnica, Ambiental, Económica y Financiera para la Concesión de Obra con Servicio Público de las Secciones A y D del Anillo Periférico.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE PRELIMINAR
ESTUDIO DE INGENIERIA

URS

BIBLIOTECA MOPT.

SECCIÓN 3

CONDICIONES EXISTENTES

La metodoloía empleada para evaluar las condiciones existentes a través del corredor vial San José-Zapote-Cartago, incluye una primera etapa consistente en la recopilación y el análisis de toda la información relacionada al proyecto, tanto en lo que se refiere a estudios y trabajos previamente realizados, como al levantamiento en campo de toda la información necesaria para llegar a determinar las condiciones existentes que limitan y caracterizan al proyecto como tal.

La recolección de data se concentró en las áreas de: características geometricas de la red vial, características del tránsito, características de los puentes y pasos peatonales, características geotécnicas y condiciones del pavimento, y características medioambientales.

3.1 Características de la red vial

3.1.1 Clasificación vial

- Radial Zapote (Autopista Estado de Israel), se clasifica como arteria urbana
- Nueva Radial Zapote-Curridabat, se clasifica como vía rápida con acceso controlado
- Autopista Florencio del Castillo, se clasifica como arteria rural sin control de acceso

El límite de velocidad establecido a través del corredor varía de 40 a 80 kilometros por hora dependiendo de la zona donde se encuentre. La Sección 4, subsección 4.3.1 de este reporte, describe entre otras cosas la velocidad de marcha en los diferentes tramos de la carretera.

La Figura 3.1, muestra el trazado general del proyecto con una clasificación de los distintos tramos componentes del mismo, de acuerdo con el Decreto Nº 26176-MOPT, "Reglamento de Carreteras de Acceso Restringido y de Acceso Semirestringido". La Autopista Florencio del Castillo (Ruta 2) es clasificada como ruta nacional y de tipo primaria. Se clasifica como carretera de acceso restringido desde la Intersección Curridabat hasta la Intersección Tres Ríos (Kilómetro 7.2), lo que significa que el acceso a este tramo de vía solo puede permitirse a través de intersecciones debidamente justificadas y aprobadas por el MOPT, ó por calles marginales. Desde la Intersección Tres Ríos hasta el entronque con la Ruta 219 (ruta a Taras), se establece condiciones de acceso semirestringido, lo que significa que podrá tener accesos limitados a lo largo de su trazado, previa autorización del MOPT y bajo estricto apego a normas de seguridad vial.

En cuanto a la Carretera Estado de Israel (Ruta 215), está declarada como de acceso restringido desde la Clínica Carlos Durán hasta la Rotonda de Zapote.

El artículo 13 del citado reglamento también declara como carretera de acceso restringido al proyecto Rotonda de Zapote-San Francisco-Hacienda Vieja.

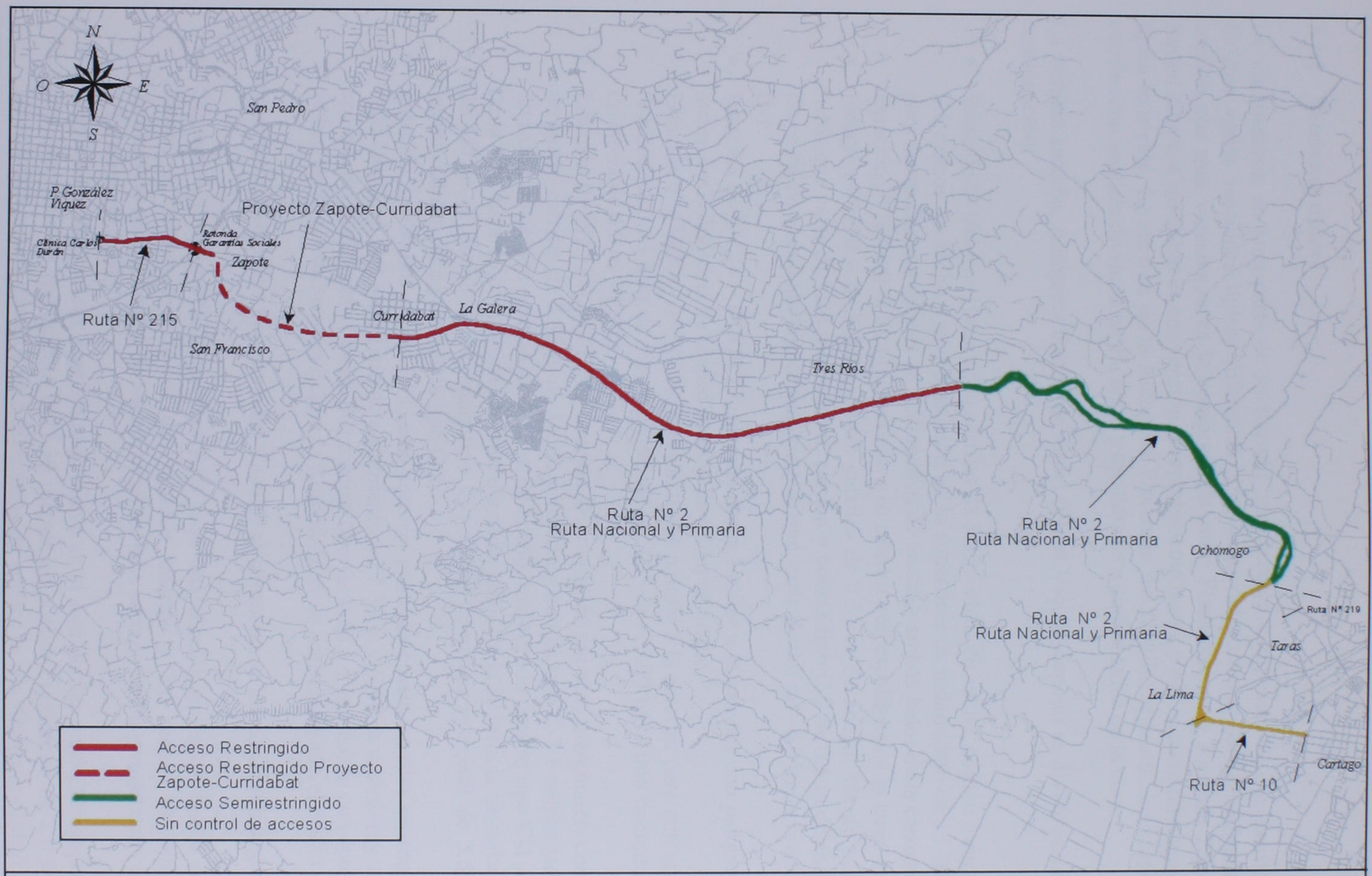


Figura 3.1 – Clasificación vial del Proyecto San José-Zapote-Cartago

3.1.2 Secciónes típicas

La vía presenta, en gran parte de su trazado, una sección compuesta de dos carriles por sentido. Existen varias secciónes típicas diferentes a lo largo del corredor San José-Zapote-Cartago. La sección con más variaciones es la comprendida entre Plaza Víquez y Rotonda Zapote. La Nueva Radial Zapote-Curridabat es una sección completamente nueva y por lo tanto no muestra una sección típica existente. La sección de la Autopista Florencio del Castillo presenta una carretera de cuatro carriles con una isla divisoria en el centro y espaldones a ambos lados de la vía.

La primera sección, Autopista Estado de Israel (Plaza Víquez-Zapote) se divide como se presenta a continuación:

- Estación 0+000 - 0+104, cuatro carriles de 3.35 metros de ancho, cordón y cuneta tipo C-2 de 0.5 metros de ancho y una transición en la superficie de rodamiento de 13.70 a 18.0 metros para acomodar espaldones de 2.30 metros de ancho a ambos lados de la carretera.
- Estación 0+104 – 0+230, típica exacta a la anterior con espaldones a lo largo de la sección.
- Estación 0+230 – 0+373.24, cuatro carriles de 3.35 m de ancho, vía de parqueo a ambos lados que varía de 2.20 m a 3.05 m, cordón y cuneta tipo C-2 de 0.5 m de ancho, isla central divisoria de transición con césped macizo que varía de 0.0 m – 6.0 m incluyendo cordón tipo C-1.
- Estación 0+373.24 – 0+679.29, seccion típica similar a la anterior con parqueo de 3.05 m de ancho é isla divisoria de césped macizo de 6.0 m de ancho.
- Estación 0+679.29 – 0+787.58, sección típica similar a la anterior pero con una transición de disminución del área de parqueo que va de 3.05 m – 0.00 m, y una disminución de la isla divisoria de 6.0 m – 1.5 m.
- Estación 0+787.58 – 1+730.00, sección de transición para las marginales, con sección típica de cuatro carriles de 3.35 m de ancho y cordón y cuneta tipo C-2 a ambos lados, isla central divisoria de césped macizo de 1.50 m de ancho, incluyendo cordón tipo C-1 a ambos bordes de la isla. Esta sección típica muestra a ambos lados de la superficie de rodamiento una isla de 1.0 m de ancho con cordón tipo C-1 y una carretera marginal de 5.50 m de ancho terminando en cordón y cuneta tipo C-2.
- Estación 1+730.00 – 1+851.91, esta sección presenta cuatro carriles en transición, dos de cada lado, con una superficie de rodamiento de 7.30 m – 9.50 m y cordón y cuneta tipo C-2, una isla divisoria central de césped macizo que varía de 1.5 m – 6.0 m con cordón tipo C-1 en ambos bordes. Esta sección llega a la Rotonda Zapote transicionando el ancho del pavimento.

La tercera sección, Autopista Florencio del Castillo se compone de los siguientes segmentos:

- Segmento 1, Hacienda Vieja-Tres Rios, con una sección típica de cuatro carriles de 3.65 metros de ancho, 0.9 metros de espaldón interior y 2.0 metros de espaldon exterior, terminando en una cuneta de ancho variable. Esta sección típica presenta una isla divisoria de 8.2 metros de ancho.
- Segmento 2, Taras-Tres Ríos, calzada nueva en el sentido San José-Cartago, dos carriles con una superficie de rodamiento de 7.30 metros de ancho; espaldones de 2.0 metros a ambos lados y una cuneta exterior de 5.20 metros de ancho; la isla divisoria central tiene un ancho

variable. La calzada existente que se reconstruyó tiene características similares en la sección típica. Es importante notar que la rasante de las calzadas tiene elevaciones diferentes.

- Segmento 3, Taras-La Lima, con una superficie de rodamiento de 7.30 metros para dos carriles en la misma dirección, espaldón exterior de 2.2 metros de ancho y una cuneta de 3.2 metros. La sección tipica se repite en el sentido contrario.
- Segmento 4, La Lima-Cartago, cuatro carriles, dos en cada dirección, con cuneta exterior de 2.2 metros de ancho y una isla divisoria central de 6 metros con cordón tipo C-1 a ambos lados.

3.1.3 Facilidades para el peatón

Las vías existentes, componentes del proyecto, presentan muy pocas facilidades para el peatón, limitándose a la existencia de un paso peatonal a nivel cerca de la Clínica Carlos Durán, sobre la vía que comunica Plaza Víquez con la Rotonda de Zapote, y otro paso peatonal a desnivel sobre la Autopista Florencio del Castillo, el cual comunica sectores residenciales importantes como Florencio del Castillo y Villas de Ayarco (Ver Figura 3.2).

El hecho de que no existan facilidades para el peatón obliga a considerar, como parte integral de este estudio, la ubicación de sitios con alta concentración de personas, así como sitios de paradas de autobuses.

La existencia de aceras continuas en la primera sección del proyecto; Radial Zapote ó Autopista Estado de Israel no possen un trazado completo, notandose en ciertas areas la discontinuidad de las aceras. Tambien es de notar que las condiciones físicas de las aceras no es óptima pues presentan roturas y rajaduras por la falta de mantenimiento.

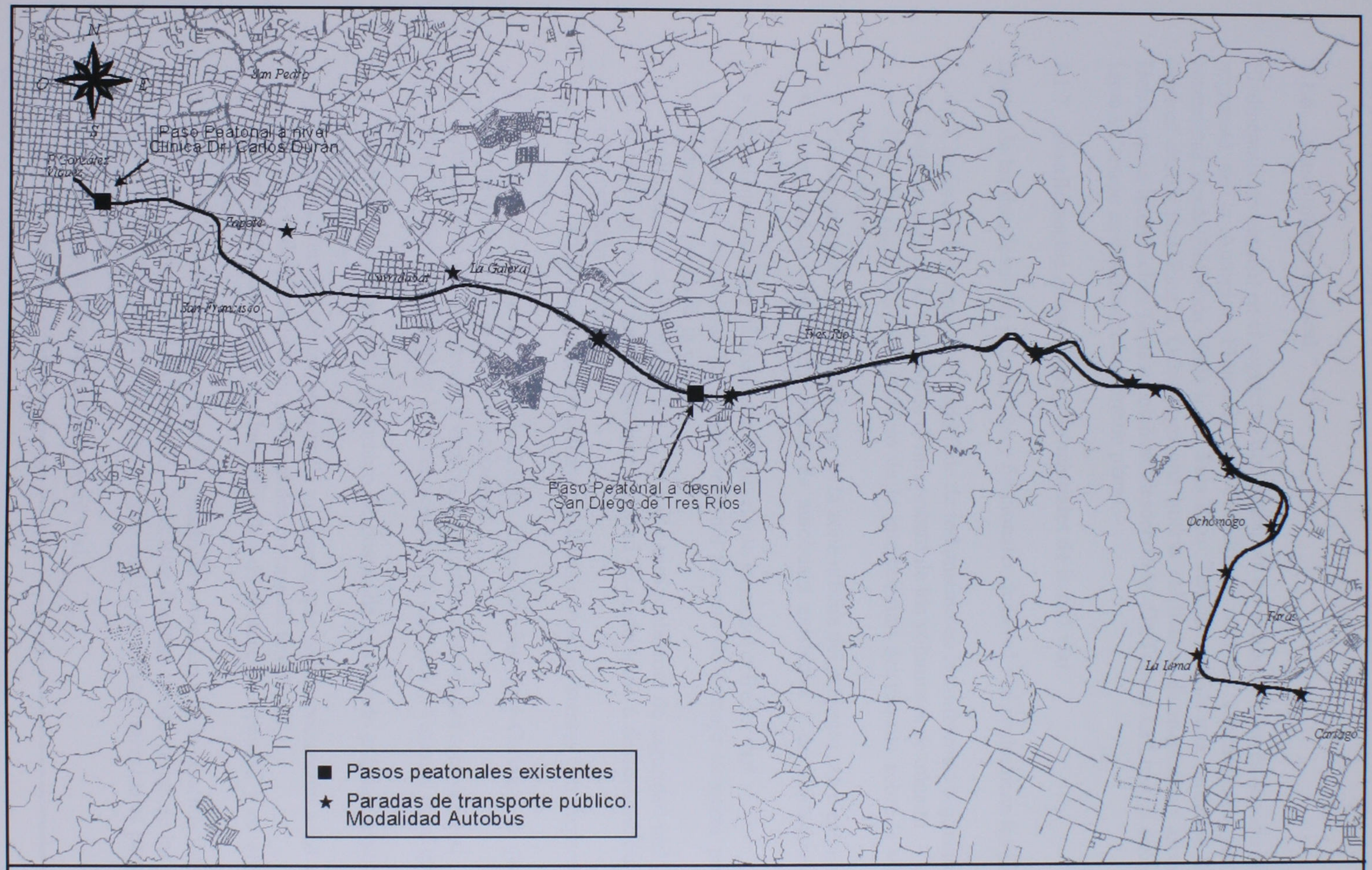
3.1.4 Derecho de vía

Los límites del derecho de via del corredor son variables en los diferentes segmentos del alineamiento del proyecto. La sección 11 de este reporte expone con mayor detalle las características de terrenos y construcciones a lo largo del corredor.

3.1.5 Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal del segmento Autopista Estado de Israel presenta curvas horizontales, dichas curvas muestran un funcionamiento eficiente de la carretera basado en la velocidad de diseño de la misma.

En lo que se refiere al segmento de la Autopista Florencio del Castillo la geometría horizontal es generalmente aceptable, presentando curvas que varían desde 126.5 metros de radio to 3026 metros de radio. Se observa una curva horizontal de 90 metros a la altura de la intersección de La Lima, la cual disminuye la visibilidad del conductor de transito con respecto a la carretera dada la velocidad de diseño existente.



] **Figura 3.2 – Características del Proyecto San José-Zapote-Cartago**

3.1.6 Alineamiento vertical

El alineamiento vertical en el segmento Radial Zapote es ondulado a través de todo el corredor. En el segmento de la Autopista Florencio del Castillo se nota un alineamiento vertical semiplano ascendente desde Hacienda Vieja hasta Tres Ríos. Tambien existe una variación del alineamiento vertical desde Tres Ríos a Ochomogo que podria calificarse de montañoso ascendente y desde Ochomogo a Intersección Taras montañoso descendente. De Taras a La Lima es descendente y de La Lima a Cartago se clasifica como terreno plano.

3.1.7 Insuficiencias geométricas y funcionales de la red vial

Dentro de las insuficiencias geometricas y funcionales de la red vial se destacan las siguientes:

- Condición deficiente de la superficie de rodamiento en los diferentes segmentos
- Falta de capacidad vial debido al incremento de los volúmenes de tránsito
- Falta de seguridad vial producto de la interrelacion del tránsito sobre la vía principal y el tránsito local
- No se cuenta con aceras contínuas en la zona urbana del proyecto salvo en pequeños tramos
- Necesidad de mejorar las bahías de autobuses existentes y de implementar otras que se necesitan
- Insuficientes pasos peatonales a desnivel a lo largo del corredor vial
- Necesidad de mejorar las condiciones del sistema de drenaje existente para garantizar la operación óptima de la vía
- Múltiples accesos ilegales a la vía, lo cual causa problemas de seguridad vial
- Rampas de acceso con insuficiente longitud de aceleración ó desaceleración lo cual provoca una operación insegura
- Superelevación incorrecta en la mayoría de las curvas existentes con respecto a la velocidad de diseño
- En la curva de la Intersección Taras, dirección San José-Cartago, la superelevación es contraria al sentido de la curva horizontal
- Señalamiento vial horizontal y vertical insuficiente a través del corredor vial
- Insuficiencia operacional en las intersecciónes de La Lima y Taras, al igual que en la Rotonda Zapote
- Necesidad de incrementar el número de postes de alumbrado público, especialmente en las intersecciones
- Las estructuras existentes carecen de un diseño que brinde protección a las vigas de soporte para prever desplazamientos horizontales en caso de temblores
- Las estructuras muestran muchas varandas de protección dañadas y en algunos casos son inexistentes
- Algunas estructuras tienen expuesto el acero de columnas y de la cimentación
- Falta de seguridad vial en la sección Tres Ríos-Cartago donde varias de las intersecciónes a nivel se usan para hacer maniobras de giro en U y no existen marginales para incorporarse al flujo de tránsito vial
- Falta de mantenimiento general de la red vial

3.1.8 Nivel de servicio de la red vial

La gran demanda de hoy día, el corredor vial San José-Zapote-Cartago no posee la capacidad adequada para acomodar los volúmenes de tránsito existentes ó los proyectados para el futuro. La limitada capacidad vial disponible produce una constante saturación de la retícula vial, lo que conlleva a una gran congestión e incremento en el tiempo de viaje y gasto de combustible. Las proyecciones de tránsito demuestran la necesidad de implementar mejoras sustanciales a lo largo del corredor vial dado el desarrollo significativo dentro del area adyacente al proyecto. La Sección 4 explica con más detalles las condiciones de tránsito existentes a lo largo del corredor vial y las intersecciones afectadas por el mismo.

3.1.9 Drenajes y alcantarillado

A todo lo largo del proyecto se puede observar que la dirección de los flujos de descarga corren generalmente del noreste hacia el suroeste. Los sistemas de drenaje existentes y los diferentes ríos aledaños al corredor vial están siendo usados para descargar los aflujos de aguas provenientes de la carretera. Existen tramos de la red vial donde el sistema de drenaje se ha expandido para incluir el aporte proveniente de mejoramientos de calles ó proyectos cercanos. Esta afluencia de aguas colindantes no ha provocado un re-diseño de el sistema de drenaje del área.

Las Condiciones existentes para el drenaje de las aguas a lo largo del corredor vial San Jose-Zapote-Cartago muestra características muy diferentes en los tres segmentos en que se ha dividido el proyecto, a continuación se explica cada sistema de drenaje por separado:

- Autopista Estado de Israel

La longitud de este segmento es aproximadamente de 2 kilometros, la carretera existente presenta una sección tipica de cuatro (4) carrileras, dos (2) en cada dirección, con una isleta divisoria de hierba de ancho variable. A ambos lados de la vía exterior existe la presencia de cordón y cuneta. El area adyacente a la carretera está completamente desarrollada con muy pocos terrenos vacíos que ofrezcan la oprtunidad de ser usados como áreas de permeabilidad.

El aflujo de aguas proveniente de la carretera es colectado por varias alcantarillas a lo largo del cordón y la cuneta, y son eliminadas por medio de cañerías de desague longitudinales paralelas a ambos lados de la carretera. Algunas de estas cañerías de desague simplemente descargan fuera del área la afluencia ó el derrame de aguas va hacia un sistema remoto positivo de percolación. Otras cañerías desaguan directamente en el Río Octoro.

- Nueva Radial Zapote-Curridabat

Este segmento del proyecto se extiende por aproximadamente 2.9 kilómetros, atravesando una zona que es primariamente residencial y comercial. El único sistema de drenaje sirviendo esta area son los pequeños sistemas locales que descargan los aflujos de aguas fuera del la vía ó directamente al Río Puruses.

- Autopista Florencio del Castillo

La autopista Florencio del Castillo representa el tramo más largo de los tres segmentos, con una longitud de aproximadamente 17.6 kilómetros. La carretera descarga los aflujos de aguas hacia la isleta central de la vía con una depresión del terreno bien definida y cubierta de hierba ó hacia las depresiones del terreno colindante a ambos lados de la vía. Dichas depresiones definidas del terreno ó bajíos eventualmente descargan los aflujos fuera del área a travéz de una serie de tuberías de drenaje transversales que conllevan las aguas desde la zona noreste hacia la zona suroeste. Se pudo observar que algunos de los sistemas de descarga lo hacen directamente en los Ríos La Cruz, Tiribí, Arriaz y Taras.

3.1.10 Suelos

Un estudio geológico y geotécnico, el cual acompaña este estudio preliminar de ingenieria ha sido preparado con el propósito de documentar todo lo relacionado con respecto a suelos a través del corredor San José-Zapote-Cartago. La Sección 14 de este volumen presenta información más detallada de todas las actividades que se realizaron con este propósito, así como los resultados obtenidos.

3.1.11 Intersecciónes y controles asociados

El proyecto, en sus tramos viales existentes, consta de las siguientes intersecciónes de relevancia:

Cuadro 3.1 Intersecciónes Existentes

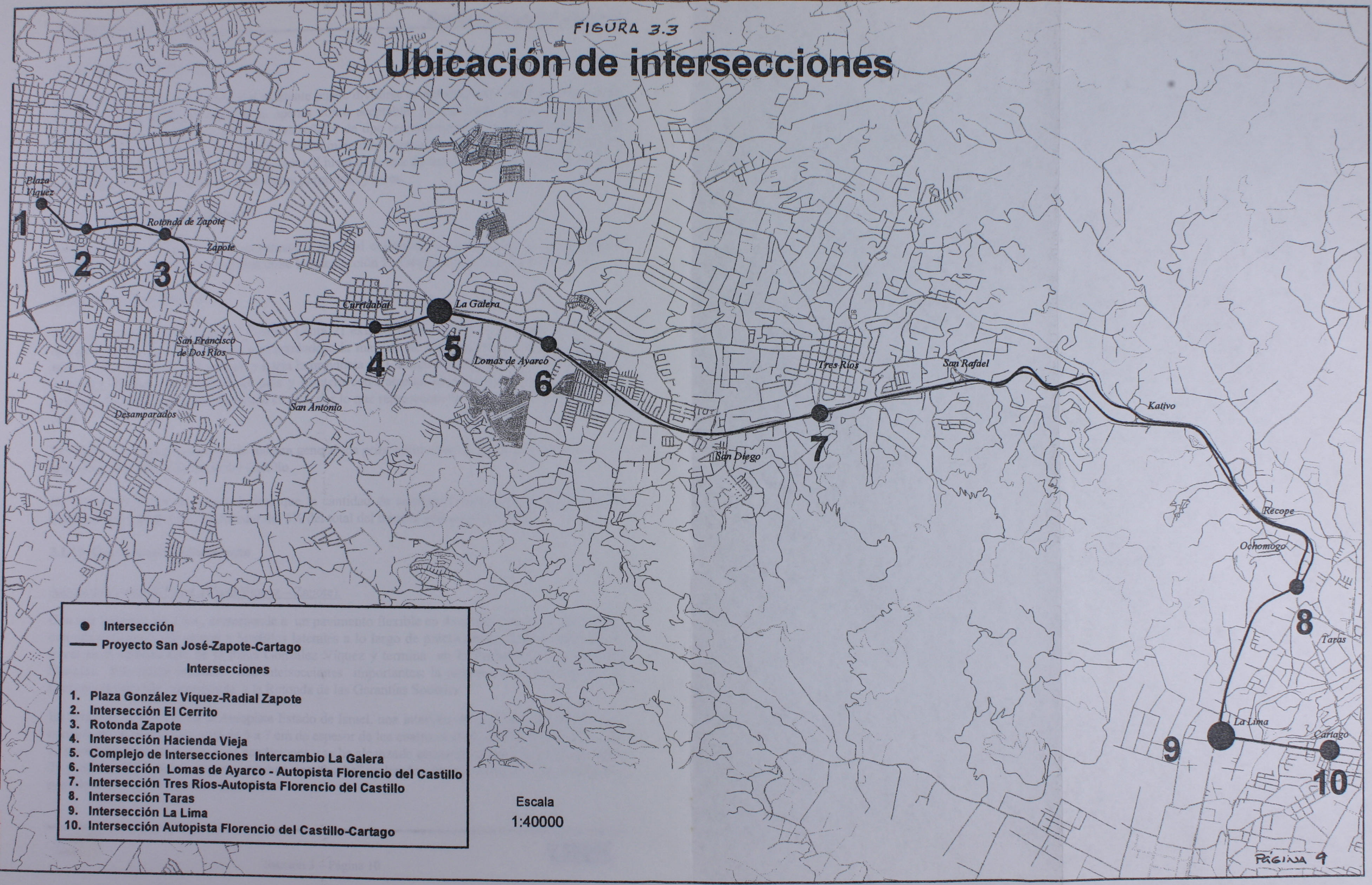
INTERSECCIÓN	TIPO DE INTERSECCIÓN	TIPO DE CONTROL
Plaza Víquez	A nivel, tipo "T".	Semáforo.
El Cerrito	A nivel, intersección en cruz.	Semáforo.
Rotonda Zapote	Tipo rotonda	Funcionamiento con rotonda.
Hacienda Vieja	A nivel, intersección en "T"	ALTO y CEDA.
La Galera	Intercambio a desnivel	ALTO y CEDA.
Lomas de Ayarco	Intercambio a nivel.	CEDA en los accesos a la autopista.
Tres Ríos	Intercambio a desnivel.	CEDA en los accesos a la autopista.
San Rafael de Tres Ríos	Intercambio a desnivel.	CEDA en los accesos a la autopista.
Taras	A nivel.	ALTO.
La Lima	A nivel, tipo "T"	ALTO y CEDA.
Ingreso a Cartago	A nivel.	Semáforo.

En el tramo comprendido entre San Rafael de Tres Ríos y la Intersección La Lima, por su condición de carretera de acceso semirestringido, se presentan algunas intersecciónes con vías secundarias, controladas con señal de ALTO (cruces a Ochomogo, Taras y La Lima).

La ubicación geográfica de estas intersecciónes a lo largo del trazado del proyecto se presenta en la Figura 3.3

FIGURA 3.3

Ubicación de intersecciones



3.1.12 Señalamiento vial

La descripción del señalamiento vial existente puede dividirse en señalamiento vertical y horizontal. El de tipo vertical puede catalogarse apenas como aceptable, ya que están ubicadas las señales estrictamente necesarias, prevaleciendo las señales de tipo reglamentario y faltando señales de tipo informativo para el usuario. En cuanto al señalamiento horizontal, son pocas las secciones con una adecuada demarcación en el pavimento, tanto al nivel de líneas de carril y de regulación, como en lo que concierne a indicaciones de velocidades permitidas y otros.

3.1.13 Iluminación de la red vial

En el trazado del proyecto, correspondiente a vialidad existente, se presenta una sección bastante extensa sin iluminación, comprendida entre la Intersección La Galera y la Intersección de Taras.

3.1.14 Transporte Público

Sobre la Autopista Florencio del Castillo (Ruta 2) existen múltiples líneas de transporte público operando hacia distintos destinos, concentrándose la mayoría de servicios hacia la ciudad de Tres Ríos y sus diferentes comunidades, y hacia la provincia de Cartago en general. Adicionalmente, las rutas con destino a la zona sur del país y frontera con Panamá, recorren también esta autopista, aunque no cuentan con sitios de parada en ella, por lo que representan un servicio exclusivamente de paso.

La Figura 3.2, página 5, muestra de manera general los principales sitios de parada de autobuses a lo largo de la Autopista Florencio del Castillo.

De manera muy general, puede decirse que la cantidad de autobuses circulando por la Autopista Florencio del Castillo oscila alrededor del 5% del total del tránsito presente en la vía.

3.1.15 Condiciones del pavimento

Autopista Estado de Israel (Plaza Víquez – Zapote).

Con una longitud de 2 km., corresponde a un pavimento flexible en 4 carriles , dos en cada sentido, con una división o isla central y bordillos laterales a lo largo de prácticamente todo el trayecto. Se inicia en el costado este de la Plaza González Víquez y termina en la Rotonda de las Garantías Sociales. Este tramo presenta dos intersecciones importantes: la primera es la denominada El Cerrito y la segunda corresponde a la Rotonda de las Garantías Sociales.

En resumen, se observa en la Autopista Estado de Israel, una intervención por parte del MOPT que consiste en un re-carpeteo total de 5 a 7 cm de espesor de los cuatro carriles, efectuados hace un año. El pavimento luce en muy buenas condiciones y se ha alcanzado espesores totales existentes de entre 25 y 32 cm. Se presentan algunos cuadros tipo "bache" realizados durante el proceso de re-carpeteo, posiblemente por defectos constructivos.

Nueva Radial Zapote – Curridabat.

La nueva Radial Zapote – Curridabat se inicia aproximadamente 200 metros al este de la Rotonda de Zapote y con una longitud aproximada de 2.9 Km., y finaliza en Hacienda Vieja de Curridabat en el dispensador que da inicio a la Autopista Florencio del Castillo. Esta sección presenta tres intersecciones importantes. La primera es la Ruta 204, la cual une Zapote con San Francisco. La segunda intersección es la Ruta 211, la cual une La Y Griega con Curridabat y la última intersección se localiza al final del tramo en Hacienda Vieja de Curridabat. En esta sección el derecho de vía en algunos sectores está despejado, libre de construcciones, no obstante algunos otros atraviesan zonas bastante urbanizadas.

Autopista Florencio del Castillo.

Esta autopista se inicia en Hacienda Vieja de Curridabat, con una longitud aproximada de 17.6 Kms.

Tramo 1: Curridabat – Tres Ríos (San Rafael de la Unión) - Esta sección de aproximadamente 8.0 km, corresponde a un pavimento semirígido en cuatro carriles, dos en cada sentido, con una isla (zona verde) central y espaldones laterales. Se extiende desde Curridabat hasta la intersección (paso a desnivel) a San Rafael de la Unión.

Presenta varios tipos de fallas en ambos sentidos: cuero de lagarto de malla ancha con bombeo de finos, que parece indicar que son causadas por el reflejo de las grietas de las base estabilizada; cuero de lagarto de malla pequeña típico de la falla por fatiga de la carpeta; presenta ahuellamientos importantes, algunos de los cuales han sido tapados con mezcla asfáltica; existen grietas transversales y otras longitudinales de alta severidad, con ramificaciones y bombeo de finos.

Se presentan algunos "cuadros" tipo "bache" realizados durante el proceso de mantenimiento rutinario aplicado por el MOPT en varias oportunidades. Se trata de zonas en donde se escarifica la carpeta asfáltica dañada y se sustituye en igual espesor por una nueva. En algunos casos esos "cuadros" cubren todo el ancho de la calzada y se extienden por varios metros.

Tramo 2: Tres Ríos – Cartago - El segundo tramo comprende el sector entre Tres Ríos y Cartago, el cual tiene una longitud aproximada de 9.6 Kms.

En el sentido de avance Tres Ríos – Cartago, este sector se compone de los siguientes tramos:

- Tres Ríos - Alto de Ochomogo, con pavimento rígido
- Alto de Ochomogo – La Lima, con pavimento flexible
- La Lima – Cartago, con pavimento rígido
-

En el sentido contrario, Cartago – Tres Ríos:

- Cartago – La Lima, en pavimento rígido
- La Lima – Taras, en pavimento flexible
- Taras – Alto de Ochomogo, en pavimento rígido.
- Alto de Ochomogo - Tres Ríos, con pavimento flexible

El pavimento asfáltico de este tramo está bastante dañado. Presenta varios tipos de fallas en ambos sentidos: cuero de lagarto de malla ancha con bombeo de finos; cuero de lagarto de malla pequeña típico de la falla por fatiga de la carpeta; presenta ahuellamientos importantes, algunos de los cuales han sido tapados con mezcla asfáltica; existen grietas transversales y otras longitudinales de alta severidad, con ramificaciones y bombeo de finos. En especial los tramos Ochomogo-La Lima (en el sentido San José-Cartago) y La Lima-Taras (en el sentido Cartago-San José) están muy dañados, con muchos baches y deformaciones que hace pensar en daños estructurales importantes.

El pavimento rígido en los tramos Tres Ríos-Ochomogo y Taras-Ochomogo, presenta un estado regular. Se presenta una evidente diferencia entre el carril interno y el externo, estando el carril externo más dañado que el interno, por razones obvias de distribución de tránsito pesado.

Aproximadamente un 25% de las losas (de 3.5m de largo por 1.75m de ancho y 21cm de espesor) del carril externo están dañadas con tres o más fracturas, mientras que en el carril interno son aproximadamente el 12-15% de las losas las dañadas. El resto de las losas en ambos carriles tiene dos o menos fracturas o están en buenas Condiciones, sin fracturas.

Aproximadamente una cuarta parte de las juntas tanto transversales como longitudinales, están obstruídas o sin sello. Hay algunas con evidente bombeo de finos, que produce descalce en las losas.

En el tramo La Lima-Cartago, ambos sentidos, el pavimento rígido se encuentra en bastante buen estado, con tan solo algunas deformaciones en los accesos al puente sobre el río Reventado, que han sido reparados con mezcla asfáltica.

3.2 Estructuras existentes

Dentro de los límites del projecto existen once (11) estructuras, todas localizadas en la Sección 3, Autopista Florencio del Castillo. A continuación se hace una descripción de dichas estructuras siguiendo el orden original en que aparecen en los planos de constructión obtenidos a traves del MOPT. La localización y sequencia se muestra en la figura 3.4, y se denominan: E2, E3, E4, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12 y E13.

3.2.1 Estructuras-Sección 1

Esta Sección que tiene como limites Plaza Viquez – Rotonda Zapote no incluye ninguna estructura existente dentro del corredor bajo estudio.

3.2.2 Estructuras-Sección 2

Esta Sección al ser de nueva constructión (Nueva Radial Zapote – Curridabat) no incluye ninguna estructura existente dentro del corredor bajo estudio.

3.2.3 Estructuras-Sección 3

- Estructura E2, es una alcantarilla tipo cajón de concreto, que sirve como paso a una carretera que cruza por debajo de la Autopista Florencio del Castillo. El ensanchamiento de la vía en

este tramo se propone hacia el centro de la carretera existente por lo que no afectaría esta estructura.

- Estructura E3, es un puente de dos luces y una superestructura consistente de vigas de concreto pretensado prefabricado tipo AASHTO. La subestructura consiste de dos bastiones apoyados en pilotes, de concreto pretensado y prefabricado. El ensanchamiento de la vía en este tramo se propone hacia el centro de la carretera existente, se pueden adicionar pines de cortante de concreto en cada uno de los bastiones para fijar la superestructura y asegurarla contra movimientos transversales ó longitudinales que podrían ocacionar las cargas sísmicas.

- Estructura E4, es un puente de dos luces y una superestructura consistente de vigas de acero. La subestructura consiste de dos bastiones y un pilar, de concreto pretensado y prefabricado. El ensanchamiento de la vía en este tramo se propone hacia el centro de la carretera existente, se pueden adicionar pines de cortante de concreto en cada uno de los bastiones para fijar la superestructura y asegurarla contra movimientos transversales ó longitudinales que podrían ocacionar las cargas sísmicas.

- Estructura E6, es un puente de tres luces, la superestructura consiste de vigas arqueadas de concreto y la subestructura de dos bastiones y dos pilares. El ensanchamiento de la vía en este tramo se propone hacia el centro de la carretera existente, se pueden adicionar pines de cortante de concreto en cada uno de los bastiones para fijar la superestructura y asegurarla contra movimientos transversales ó longitudinales que podrían ocacionar las cargas sísmicas.

- Estructura E7, es una alcantarilla tipo cajón de concreto, que sirve como paso a una carretera que cruza por debajo de la Autopista Florencio del Castillo. El ensanchamiento de la vía en este tramo se propone hacia el centro de la carretera existente por lo que no afectaría esta estructura.

- Estructura E8, es un puente peatonal de concreto. El ensanchamiento de la vía en este tramo se propone hacia el centro de la carretera existente por lo que no afectaría esta estructura.

- Estructura E9, es un puente de dos luces y una superestructura consistente de vigas de concreto pretensado prefabricado tipo AASHTO. La subestructura consiste de dos bastiones apoyados en pilotes, de concreto pretensado y prefabricado y un pilar. El ensanchamiento de la vía en este tramo se propone hacia el centro de la carretera existente y hacia el exterior de la misma, se pueden adicionar pines de cortante de concreto en cada uno de los bastiones para fijar la superestructura y asegurarla contra movimientos transversales ó longitudinales que podrían ocacionar las cargas sísmicas.

- Estructura E10, es un puente de dos luces y una superestructura consistente de vigas de concreto pretensado prefabricado tipo AASHTO. La subestructura consiste de dos bastiones apoyados en pilotes, de concreto pretensado y prefabricado y un pilar. El ensanchamiento de la vía en este tramo se propone hacia el centro de la carretera existente y hacia el exterior de la misma, se necesita reconstruír parte de los rellenos de los bastiones. Se pueden adicionar pines de cortante de concreto en cada uno de los bastiones para fijar la superestructura y

asegurarla contra movimientos transversales ó longitudinales que podrían ocacionar las cargas sísmicas.

- Estructura E11, es una alcantarilla tipo cajón de concreto, que sirve como paso a una carretera que cruza por debajo de la Autopista Florencio del Castillo. El ensanchamiento de la vía en este tramo se propone hacia el centro de la carretera existente por lo que no afectaría esta estructura.

- Estructura E12, es un puente de cuatro luces y una superestructura consistente de una loza de concreto reforzado. La subestructura consiste de dos bastiones de concreto pretensado y prefabricado y tres pilares. Dado que la carretera seguirá un nuevo alineamiento en esta área, el puente existente sera remplazado. El uso de vigas de concreto pretensado prefabricado tipo AASHTO pueden ser utilizados para remplazar esta estructura. Se pueden adicionar pines de cortante de concreto en cada uno de los bastiones para fijar la superestructura y asegurarla contra movimientos transversales ó longitudinales que podrían ocacionar las cargas sísmicas.

- Estructura E13, es un puente de cuatro luces y una superestructura consistente de una loza de concreto reforzado. La subestructura consiste de dos bastiones de concreto pretensado y prefabricado y tres pilares. Este puente muestra gran deterioro de la subestructura. Dado que la carretera necesita una expansión grande en esta área, el puente existente sera remplazado. El uso de vigas de concreto pretensado prefabricado tipo AASHTO pueden ser utilizados para remplazar esta estructura. Se pueden adicionar pines de cortante de concreto en cada uno de los bastiones para fijar la superestructura y asegurarla contra movimientos transversales ó longitudinales que podrían ocacionar las cargas sísmicas.

3.2.4 Pasos peatonales elevados

Existe un solo paso peatonal a desnivel en todo el corredor de estudio y se encuentra localizado en San Diego de Tres Rios, sobre la Autopista Florencio del Castillo. El paso peatonal comunica dos sectores residenciales importantes como lo son Florencio del Castillo y Villas de Ayarco. La figura 3.2, pagina 4 muestra la localización del mismo.

3.3 Características del Medio Ambiente

3.3.1 Uso del Suelo

El análisis de esta variable parte de la observación directa del área, utilizando como referencia los Mapas Censales de las comunidades comprendidas dentro del área de influencia del proyecto (INEC). Los resultados de esta fase permiten concluir que no existen modificaciones importantes con respecto a los registros existentes, en los que se señala el carácter mayoritariamente urbano de la zona, en concordancia con su clasificación como parte de la Gran Area Metropolitana (GAM).

El GAM representa un instrumento legal para la planificación del desarrollo urbano del sistema de ciudades y centros de población del Valle Central (INVU, 1983), que responde a la necesidad de dirigir de manera coherente el desarrollo de esta zona, la cual continuamente ve incrementarse su

población a través de procesos originados tanto en la migración interna como en el crecimiento natural de los asentamientos.

En el área de influencia del proyecto se verifican las mismas tendencias del GAM con respecto a los usos del suelo, los cuales se citan a continuación:

a. Uso urbano. En esta categoría se incluyen los componentes residencial, comercial, industrial, recreativo, así como el uso para edificios gubernamentales y otro tipo de servicios. Representa el componente predominante. Las principales concentraciones de población se verifican en los distritos de San José, acentuándose conforme se acerca a la capital.

b. Uso industrial. Como parte del uso denominado urbano, este se levanta como una tendencia importante, cuyo desarrollo ha sido más bien dirigido, concentrándose en ciertos puntos geográficos que se han especializado, como es el caso de un sector del distrito San Francisco de Dos Ríos y de Curridabat, en la provincia San José, y Coris y el Alto de Ochomogo, en la provincia de Cartago.

c. Uso agrícola. En la zona, si bien la función agrícola ha perdido mucha importancia, cediendo ante la presión de procesos urbanizadores, se comprueba el desarrollo de actividades vinculadas con el cultivo de café, papas, hortalizas y otros, así como la ganadería. Estas actividades se concentran en el sector nordeste de Curridabat, al sudoeste de Tres Ríos, específicamente en los distritos de San Diego y San Rafael, y en menor grado en el distrito San Nicolás (Cartago centro).

d. Pastos, pastos con árboles y charrales. Se caracterizan por la subutilización de su potencial pecuario, que se hace evidente a raíz del grado de relativo abandono en que se encuentran, y por el potencial existente de recuperación de cobertura vegetal. En el área de influencia del proyecto encontramos este tipo de uso sobre todo, en forma dispersa, en los alredores de la carretera Florencio del Castillo, cerca de las zonas de Ochomogo y La Unión.

e. Bosques. La zona en que se desarrollará el proyecto ha sido prácticamente desprovista de su cobertura vegetal original. Se encuentran áreas de bosque en la Zona protectora Cerros de La Carpintera, que constituye el último remanente del bosque premontano y montano bajo que queda a poca distancia de San José y Cartago. Adicionalmente, funciona como puente ecológico entre la Cordillera de Talamanca y la Cordillera Central. En la actualidad enfrenta una serie de amenazas para su adecuada conservación (invasión de terrenos, explotación minera legal o ilegal, botaderos de basura clandestinos, expansión de asentamientos, tendido eléctrico, entre otros). En el área de influencia también se encuentra un Centro Experimental del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). También se identifican plantaciones forestales en la zona de Ochomogo (ciprés y eucalipto, principalmente).

Cuadro 3.2
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Capacidad de uso del suelo por cantón

Cantón	% del Terreno	Uso	Recomendación
San José	71% al este del cantón	Cualquier uso	Selección cuidadosa de cultivos y actividades a desarrollar
	27% Márgenes de ríos Virilla y Torres y sector al norte de Pavas	Agricultura o explotación forestal	Realización de obras de infraestructura y/o prácticas muy especiales de manejo
	2% Límite oeste de la región	Usos restringidos	Selección cuidadosa de uso, ejecución de prácticas especiales de conservación o ambas a la vez
Curridabat	44% Alrededor de Curridabat centro	Cualquier uso	Selección cuidadosa de cultivos y actividades a desarrollar
	37% Sector al noroeste de San Josecito y al sur de Curridabat centro	Usos restringidos	Selección cuidadosa de uso, ejecución de prácticas especiales de conservación o ambas a la vez
	13% Parte sureste de la región	Cultivos permanentes de tipo semibosque, ganadería o utilización racional del bosque	Cuidadosas prácticas de manejo
	6% Límite sur del cantón	Únicamente para utilización racional del bosque	Técnicas especiales de extracción
La Unión	28% Sector al sur de Tres Ríos y suroeste de La Unión	Cultivos permanentes de tipo semibosque, ganadería o utilización racional de bosque	Cuidadosas prácticas de manejo
	23% Sector noreste	Todo tipo de usos	Métodos intensivos de manejo y conservación de suelos
	22% Franja al norte de Tres Ríos	Usos restringidos	Selección cuidadosa de uso, ejecución de prácticas especiales de conservación o ambas a la vez
	16% Oeste de Tres Ríos	Todo tipo de usos	Selección cuidadosa de cultivos y actividades a desarrollar
	11% Laderas Cerro La Carpintera	Utilización racional de bosque	Técnicas especiales de extracción
Cartago	25% Parte sur del distrito Corralillo y zona al oeste del poblado Coris. Nacientes de los ríos Navarro y Sombrero	Cultivos permanentes de tipo semibosque, ganadería o utilización racional de bosque	Cuidadosas prácticas de manejo
	20% Sector sureste de la región. Nacientes río Queverí	Usos restringidos	Protección de cuencas hidrográficas, vida silvestre y/o propósitos estéticos
	18% Zona próxima a naciente Río Humo y en el curso medio del río Chiquito	Todo tipo de uso	Métodos intensivos de manejo y conservación de suelos
	15% Zona aledaña a poblado Molina y Lourdes, parte norte de Taras	Usos restringidos	Selección cuidadosa de uso, ejecución de prácticas especiales de extracción o ambas a la vez
	12% Oeste de poblados Muñeco y Navarro, zona próxima a poblados San Juan Norte y San Isidro, cerros La Carpintera	Utilización racional del bosque	Técnicas especiales de extracción
	10% Sector aledaño a Cartago Centro	Cualquier uso	Selección cuidadosa de cultivos y actividades a desarrollar

Fuente: Chinchilla, 1985.

El valor de la tierra en el área se ha incrementado, debido a que constituye un área con provisión completa de servicios, con Condiciones climáticas favorables y con una amplia gama de facilidades para los residentes, factores que continuamente atraen población, lo cual determina que, ante el incremento de la demanda, los precios de la tierra suban.

En vista de que el proyecto representa, en su mayor parte, el aprovechamiento de infraestructura vial existente, tenemos que el terreno requerido para las obras es, mayoritariamente, propiedad del Estado, por lo que no se prevé una modificación drástica de los patrones actuales de uso de la tierra ni una afectación de la dinámica prevaleciente en el área de influencia del proyecto. Sin embargo en las áreas donde no existe dicha infraestructura, o donde las obras del proyecto excedan las dimensiones del derecho de vía de las existentes, será necesario expropiar los terrenos afectados. En estos casos se dará de hecho una modificación de las Condiciones actuales de uso del suelo, donde se eliminarán permanentemente áreas de uso residencial y comercial para abrir espacio a la obra de interés público.

3.3.2 Características culturales y servicios comunitarios

3.3.2.1 Desarrollo y comunidades residenciales

El área de influencia del proyecto abarca una franja de 500 metros a cada lado de la línea central del trazado de la carretera. Su disposición lineal hace que atraviese varias comunidades, las cuales pertenecen a diferentes cantones de las provincias San José y Cartago. Con respecto a la primera, el área de influencia comprende comunidades de los distritos Catedral, Zapote, San Francisco de Dos Ríos (cantón Central) y Curridabat, Sánchez y Tirrases (cantón Curridabat). En el caso de Cartago se incluyen comunidades de los distritos San Juan, San Diego, San Rafael y Tres Ríos (cantón La Unión) y San Nicolás y Occidental (cantón Cartago).

La zona se caracteriza por presentar un carácter urbano. Como parte del Valle Central, en ella se concentraron, desde la época colonial, los primeros asentamientos humanos importantes. Su desarrollo responde a una serie de ventajas con respecto a las zonas costeras del país que, tradicionalmente, han representado los puntos de mayor desarrollo en los países de la región. Estas ventajas se asocian con las favorables Condiciones climáticas, la fertilidad de las tierras, que favoreció el desarrollo de actividades agrícolas –este factor tuvo una importancia fundamental sobre todo a raíz del cultivo del café-, y la seguridad para los ocupantes, encontrándose protegidos con respecto a ataques de piratas y otros peligros vinculados con la vida en las costas.

Desde entonces en este sector se comprueba la tendencia a la concentración de núcleos de población, actividades productivas, servicios gubernamentales, equipamiento social, inversión pública y privada, e infraestructura.

La amplia disponibilidad de servicios ha determinado que en el Gran Area Metropolitana (GAM) se cuente con ventajas relativas con respecto al resto del país, lo cual se refleja en los indicadores sociales que se analizarán en este apartado.

Actualmente el GAM representa un conglomerado urbano, que constituye el principal foco de atracción de migración interna, y representa la zona con más alta densidad de población del país. Con respecto al área de influencia del proyecto, vemos que esta, en conjunto, tiene una densidad de población de 2527.8 hab/km^2, para un total de 187465 habitantes. La distribución de la población, por distrito, de acuerdo con los datos preliminares del Censo de Población del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2001), se presentan en el cuadro 3.3

Por lo general, los distritos pertenecientes a la provincia de San José son los más poblados, presentando densidades de población muy altas (más de 8000 hab/km^2, en algunos casos). Por su parte los distritos de Cartago, presentan una densidad poblacional más baja. Sin embargo en todos los casos se trata de niveles muy por encima de la densidad de población nacional, que corresponde a 74.8 hab/km^2 (INEC, 2001).

Es importante señalar que en algunos casos, previendo una posible ampliación de la carretera o la construcción de nuevas obras, se han reservado terrenos para dicho fin, ajustando el desarrollo residencial en ese sentido. Paralelo a ello, en otros casos, como en la zona industrial de San Francisco, se comprueba la existencia de varios lotes en venta, lo cual parece responder a la posibilidad del desarrollo de la carretera.

Cuadro 3.3
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Distribución de la Población por Distrito, según Sexo

Distrito	Cantón	Extensión (km^2)	Población	Hombres	Mujeres	Densidad
Catedral	Central	2.31	15,628	7,359	8269	6,765.4
Zapote	Central	2.85	20,864	9,831	11,033	7,320.7
San Francisco Dos Ríos	Central	2.68	22,005	10,293	11,712	8,210.8
Curridabat	Curridabat	6.48	30,460	14,490	15,970	4,700.6
Sánchez	Curridabat	4.17	3,130	1,439	1,691	750.6
Tirrases	Curridabat	1.89	15,929	7,968	7,961	8,428.0
Occidental	Central	1.99	10,992	5,253	5,739	5,523.6
San Nicolás	Central	28.23	22,300	11,070	11,230	789.9
Tres Ríos	La Unión	2.39	9,985	4,839	5,146	4,177.8
San Diego	La Unión	8.75	16,856	8,345	8,511	1,926.4
San Juan	La Unión	3.58	8,305	4,003	4,302	2,319.8
San Rafael	La Unión	8.84	11,011	5,412	5,599	1,245.6
Total		**74.16**	**187,465**	**90,302**	**97,163**	**2,527.8**

Fuente: INEC, 2001.

El número de miembros por hogar, a nivel nacional, es de 4.1. En la zona de influencia del proyecto este promedio varía, alcanzando niveles inferiores en las distritos de Catedral y Zapote (3.3 y 3.5 respectivamente) y superiores en el caso de Tirrases (4.5) y San Nicolás, San Diego y San Rafael (4.3 cada uno), tal y como se observa en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.4
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Número de miembros por hogar
Área de influencia del proyecto

Distrito	Total hogares	Miembros/ hogar
Catedral	4,711	3.3
Zapote	5,982	3.5
San Francisco Dos Ríos	6,112	3.6
Curridabat	8,230	3.7
Sánchez	785	4.0
Tirrases	3,550	4.5
Occidental	2,807	3.9
San Nicolás	5,130	4.3
Tres Ríos	2,439	4.1
San Diego	3,913	4.3
San Juan	2,167	3.8
San Rafael	2,532	4.3
Total	**48,358**	**3.9**

Fuente: INEC, 2001.

Es posible definir que el número de miembros por hogar aumenta en las zonas que conservan un componente rural más fuerte, como es el caso de Sánchez y Tirrases, en Curridabat, y San Nicolás, San Diego y San Rafael (estos dos últimos pertenecientes al cantón La Unión, en Cartago).

En el cuadro siguiente se presenta la lista de las principales comunidades comprendidas dentro del área de influencia del proyecto.

Cuadro 3.5
EsIA Corredor Vial San José-Zapote-Cartago
Comunidades comprendidas dentro del área de influencia del proyecto

Distrito	Comunidad
Catedral	Dos Pinos – Güell - La Cruz - Lomas de Ocloro - Barrio Luján – Milflor - Naciones Unidas - González Víquez – Vasconia - San Cayetano
Zapote	Cerrito, Calderón Muñoz, Los Mangos, Urbanización Montealegre, Yoses Sur, Barrio Córdoba, Ujarráz, Trébol, San Gerardo, Jardín, Zapote, Quesada Durán, Moreno Cañas, Gloria
San Francisco de Dos Ríos	Fátima, San Francisco de Dos Ríos, María Auxiliadora
Curridabat	Curridabat, Aromático, Miramontes, Hacienda Vieja
Sánchez	Sánchez, Lomas de Ayarco Norte, Lomas de Ayarco Sur
San Juan	Araucarias, San Juan, Villas de Ayarco
San Diego	San Diego, Tacora, Urbanización Florencio del Castillo, Jirales
Tres Ríos	Tres Ríos, Antigua, Villas
San Rafael	San Rafael, La Carpintera, Saucedo, Pilarica, San Miguel, Fierro
San Nicolás	El Alto Ochomogo, Quircot, Caracol, San Nicolás, Rosas, Ronda, Lima, Nazareth, Cruz, Joya
Occidental	Cinco Esquinas, Murillo, Molino, San Cayetano, JASEC

Fuente: DEPPAT S.A., 2001.

El perfil de estas comunidades es muy variado. Es posible encontrar barrios marginales, como es el caso de Lomas de Ocloro (Catedral) y Cruz, precarios, residenciales de alto nivel económico, áreas comerciales e industriales, las cuales coexisten en un mismo espacio físico.

Sin embargo todas las comunidades, al formar parte del GAM, son analizadas y caracterizadas como una unidad, presentando características comunes. Tenemos así que todas las comunidades cuentan con acceso a todo tipo de servicios públicos, lo cual será analizado en próximos apartados.

Con respecto a la situación económica, en las comunidades comprendidas dentro del área de influencia del proyecto, vemos que el proceso de desarrollo de la zona ha determinado el abandono progresivo de las actividades agrícolas, si bien persisten prácticas como el cultivo de café y hortalizas, así como la ganadería, que conservan cierta importancia en algunos sectores, para orientarse en la mayoría de los casos a la función residencial y, en términos productivos, hacia el sector terciario de la economía.

La fuerza de trabajo, en los cantones comprendidos dentro del área de influencia del proyecto, está distribuida de la siguiente manera, con respecto a los sectores productivos:

Cuadro 3.6
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Distribución de la Fuerza de Trabajo, según rama de actividad

Sector productivo	San José	Curridabat	La Unión	Cartago	Total
Sector primario	1.2	3.8	8.2	21.6	8.7
Sector secundario	25.6	29.7	36.5	25.6	29.3
Sector terciario	60.7	52.7	44.6	41.9	50.0
Actividades no bien especificadas	12.5	13.8	10.7	10.9	12.0

Fuente: Chinchilla, 1985

La información sobre indicadores económicos y de empleo disponible es la que recoge el Instituto Nacional de Estadística y Censos, en la publicación semestral Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples. En este documento se recogen datos regionales, de acuerdo con el sistema de clasificación del Gobierno de Costa Rica. El área de estudio pertenece a la Región Central, cuyos indicadores económicos principales se presentan a continuación.

La Población Económicamente Activa (PEA) de la región está constituida por 908404 personas, es decir, un 42.3% del total de residentes en la zona. El número de ocupados es de 769117, de los cuales 93028 se encuentran en Condiciones de subempleo visible y 80321 en subempleo invisible (ambos refieren a la condición en que la situación de empleo de una persona es inadecuada con respecto a determinadas normas, tales como el número de horas en la jornada laboral o el nivel de ingreso). El número de desocupados asciende a 55993 personas, mientras que para 77735 no se conoce su situación de ingreso, lo cual puede obedecer a que se trate de actividades vinculadas con el sector informal de la economía.

Tenemos entonces que para el sector en estudio la tasa de bruta de participación, es decir, el porcentaje de la fuerza laboral con respecto a la población total, es de 42.3%, un promedio superior al nacional que corresponde a un 40.5%. La tasa neta de participación, que refiere al porcentaje de la población ocupada con respecto a la población en edad de trabajar, es de 55.7%, situación que nuevamente la coloca por encima del promedio nacional, que corresponde a un 54.8%

Las tasas de subempleo visible e invisible corresponden a 3.9 y 2.4% de la población ocupada, respectivamente.

La tasa de desempleo abierto de la Región Central es de 6.2%, un porcentaje superior al del país, que corresponde al 6%, mientras que la tasa de subutilización total, que representa un indicador resumen del problema de subutilización de la mano de obra, donde se condensan las tasas de desempleo abierto, de subempleo visible y de subempleo invisible, alcanza el 12.5% de la fuerza de trabajo. Esta situación es, de acuerdo con los datos del INEC, inferior al promedio nacional, para el cual la tasa de subutilización total es de 13.8%.

La población inactiva, por su parte, está constituida por 1239511 personas, de las cuales 517317 son menores de 12 años y 722194 de 12 años o más. El porcentaje de población inactiva corresponde así, a un 57.7% de la población total de la Región Central, la cual es sostenida, económicamente, por los ingresos generados por la PEA. La relación de dependencia económica regional es de 1.4 con respecto a la PEA, mientras que para Costa Rica es de 1.5.

La distribución de la población ocupada por grupos ocupacionales en la Región Central muestra el predominio de las actividades vinculadas con comercio, servicios, producción artesanal y aquellas desarrolladas por profesionales y técnicos. El detalle de esta información se presenta en el Cuadro 3.7

Tal y como se analizó en el apartado anterior, vemos que el perfil anterior guarda ciertas distancias con respecto a los resultados del trabajo de campo. Esto por cuanto la información de la Región Central abarca un conglomerado de población mucho más amplio, con una mayor heterogeneidad en cuanto a perfiles demográficos. Sin embargo se mantiene la tendencia identificada con respecto al carácter mayoritariamente urbano, y con la existencia de mejores Condiciones de vida para la población comprendida dentro del sector, reflejada en la ventaja comparativa de los indicadores socioeconómicos del área con respecto a los nacionales.

Cuadro 3.7
EsIA Proyecto Radial San José-Zapote-Cartago
Población Ocupada por Grupo Ocupacional

Grupo Ocupacional	Total	%
Profesionales y técnicos	114,555	13.4
Direct. Generales y Administradores	47,009	5.5
Empleados Administrativos	78,213	9.2
Comerciantes y vendedores	124,936	14.7
Agricultores, ganaderos y trabajadores agrícolas	86,728	10.2
Ocupaciones medios de transporte	41,259	4.8
Ocupaciones Produc. Artes. 1	153,068	18.0
Ocupaciones Produc. Artes. 2	38,423	4.5
Ocupaciones Estiba, Carga, Almacenamiento	22,529	2.6
Ocupaciones de Servicios	142,635	16.7
Ocupación no especificada	3,056	0.4

Fuente: INEC, 2000.

El número promedio de personas por hogar es de 4.1 para la Región Central, mientras que en el ámbito nacional es de 4.0 miembros. El número de ocupados por hogar es de 1.7. personas, mientras que en el ámbito nacional es de 1.5 personas. Lo anterior señala que, aunque leve, hay un mayor equilibrio en cuanto a número de miembros y fuentes de ingreso en la Región Central, lo cual también incide en la posibilidad de un mejor nivel de vida.

Se trata de núcleos familiares jefeados en su mayoría por personas del sexo masculino, sin embargo el porcentaje de hogares jefeados por mujeres (24.6%) es más alto que el nacional (23.1%), lo cual generalmente se vincula con mayores niveles de vulnerabilidad en cuanto a las posibilidades de contar con un ingreso estable, pero también se vincula con el mejoramiento de las Condiciones de acceso a educación y empleo de la mujer en las zonas urbanas, situación que responde al perfil de la zona.

Continuando con el análisis de la información estadística recogida por el INEC, se observa que en la región se registran niveles de pobreza de un 15.6% con respecto al total de hogares registrados. El nivel de pobreza es definido de acuerdo con el Método Línea de Pobreza o Método del Ingreso, que se aplica únicamente a hogares con ingreso conocido, e implica calcular una línea de pobreza que representa el monto mínimo que permite a un hogar disponer de recursos suficientes para atender las necesidades básicas de sus miembros. Este porcentaje refiere a 69566 hogares pobres, de los cuales 49935 se encuentran en una situación en que no logran satisfacer las necesidades básicas (tienen un ingreso per capita superior al costo per cápita de la Canasta Básica Alimentaria pero inferior al costo de la canasta básica normativa, compuesta por las necesidades alimentarias y las necesidades no alimentarias como vivienda, educación, transporte, vestido, etc.) y 19631 se encuentran en situación

de pobreza extrema, es decir, que tienen un ingreso per cápita inferior al costo per cápita de la canasta básica alimentaria, que equivale a ₡10161 para la zona urbana y ₡8888 para la rural.

Es importante señalar que la zona, tradicionalmente, ha absorbido mano de obra, pues como parte del GAM alberga grandes cantidades de la población, centros de servicios, comercio, industria y otros. Sin embargo la capacidad de absorción no ha ido acorde con el incremento poblacional, lo cual ha redundado en la agudización de la pobreza urbana, con la conformación de anillos de miseria en los alrededores de la capital, donde se concentran grupos de familias que no logran satisfacer sus expectativas de acceder a mejores oportunidades de empleo y de desarrollo.

3.3.2.2 Facilidades recreativas y parques publicos

De acuerdo con el diagnóstico realizado por el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU) con el fin de definir los criterios a seguir en el Plan Regional Metropolitano, el territorio comprendido dentro del GAM presenta limitaciones en cuanto al acceso a facilidades recreativas y parques públicos.

Esta tendencia es fácilmente comprobable al recorrer el área de influencia del proyecto, pues en el área señalada solamente se identificó un complejo deportivo relativamente grandes, que corresponde a Plaza Gonzáles Víquez, en el distrito Catedral de la provincia San José. Otros centros deportivos, como el Polideportivo de San Francisco de Dos Ríos, quedan fuera del área de influencia del proyecto.

En buena parte de las comunidades es posible observar canchas de fútbol o plazas, y en algunos casos canchas de basquet, orientadas a la población local, y que en muchos casos denotan la falta de un adecuado mantenimiento. Otras opciones deportivas son prácticamente nulas, o bien se trata de alternativas privadas, en residenciales orientados hacia sectores de estratos medios altos y altos.

Adicionalmente se identifican una serie de parques públicos de carácter local, algunos de los cuales cuentan con juegos para la población infantil. Las áreas destinadas a este uso son pequeñas, y cuentan con un equipamiento básico que en la mayoría de los casos consta únicamente de iluminación natural, y en algunos casos, locales para vigilantes y señalización.

Otra opción recreativa importante en la zona es la Plaza de Toros de Zapote, la cual es aprovechada principalmente durante los Festejos Populares de fin de año. En la zona aledaña se llevan a cabo dichos festejos, respondiendo a una tradición que atrae población de todo el país.

No existen posibilidades reales de proveer a las comunidades de áreas recreativas de grandes dimensiones, en razón de la falta de presupuesto en las Municipalidades y el Gobierno Central de la falta de espacios disponibles. Esta situación no excluye la construcción y habilitación de centros recreativos de carácter privado, pero por lo general se encuentran más alejados de la capital.

En el cuadro siguiente se presenta el listado de las facilidades recreativas localizadas en el área de influencia del proyecto.

Cuadro 3.8
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Centros recreativos y parques públicos
Área de Influencia del Proyecto

Nombre	Distrito	Cantón
Parque Estados Unidos de Brasil	Barrio Córdoba	Zapote
Play ground		
Parque Barrio Córdoba		
Complejo Deportivo Plaza González Víquez	González Víquez	Catedral
Estadio Antonio Escarré	San Cayetano	
Plaza fútbol	Barrio Luján	
Parque con play ground		
Parque		
Parque	Zapote	Zapote
Plaza Toros		
Parque		
Plaza Nicaragua		
Parque Moreno Cañas		
Play ground Barrio La Gloria		
Parque con play ground Los Mangos		
Parque Montealegre		
Cancha basket		
Parque Montealegre		
Cancha basket	San Francisco de Dos Ríos	San Francisco de Dos Ríos
Parque República Dominicana		
Parque Sevilla		
Estadio de Curridabat	Curridabat	Curridabat
Plaza de deportes		
Parque con play ground		
Parque de Curridabat		
Parque con play ground Miramontes	Curridabat	Curridabat
Plaza Urbanización La Troja		
Play ground Urbanización La Troja		
Cancha basket	Hacienda Vieja	
Gimnasio		
Plaza fútbol Hacienda Vieja		
Parque	Lomas de Ayarco	
Plaza Urbanización La Itaba	Sánchez	
Centro Cultural Ayarco	Lomas de Ayarco	
Plaza San Diego	San Diego	La Unión
Gimnasio Tres Ríos	Tres Ríos	
Plaza fútbol		
Centro Deportivo Tres Ríos		
Play ground	San Rafael	
Cancha basket Residencial Sierras La Unión		
Planchés comunidad de Fierro		
Cancha basket Fierro		
Parque Recreativo Calzada El Encanto *	San Rafael	La Unión
Play ground San Miguel		

Nombre	Distrito	Cantón
Cancha basket San Miguel		
Plaza deportes El Alto Ochomogo	San Nicolás	Cartago
Plaza La Lima		
Cancha basket La Lima		
Play ground		
Cancha basket		
Plaza fútbol		
Plaza fútbol Quircot		
Play ground Quircot		
Plaza fútbol	Occidental	
Parque		

* En construcción.
Fuente: DEPPAT S.A., 2001.

3.3.2.3 Recursos arqueológicos e históricos

El proceso de urbanización temprano y acelerado, experimentado en el área de influencia del proyecto, ha determinado que si bien la zona representa, probablemente, un área donde se concentraron centros de población durante la época precolombina, no se conserven vestigios importantes de la misma y se cree que buena parte de los mismos, se hayan en la actualidad, sepultados bajo las estructuras construidas en el área, lo cual determina su pérdida. A pesar de lo anterior es necesario cumplir con la normativa vigente en la cual se establece como requisito el desarrollo de una evaluación arqueológica en el área del proyecto, con el fin de determinar la existencia de patrimonio arqueológico en el sitio. El resultado de la evaluación arqueológica realizada en el área se presenta en el Volúmen de Estudios del Medio Ambiente.

Con respecto a obras de valor histórico y cultural, encontramos en la zona la existencia de algunas obras calificadas como Patrimonio Histórico de Costa Rica, entre ellas la más cercana es la Iglesia de Quircot (Cartago), que sin embargo no está comprendida dentro del área de influencia del proyecto.

La zona comprende algunos monumentos importantes, como el Monumento a las Garantías Sociales, en la rotonda de Zapote, y el edificio del Liceo de Costa Rica, localizado el distrito Catedral.

3.3.2.4 Servicios comunitarios

De acuerdo con el sistema de ordenamiento administrativo del Gobierno de Costa Rica, las comunidades no cuentan, actualmente, con una función determinante en la administración de servicios o toma de decisiones relacionadas con el desarrollo comunal. Cada cantón cuenta con una Municipalidad que se encarga de cumplir las siguientes funciones: recolección de basura y administración de acueducto (en muy pocos casos), nombramiento de las Juntas de Educación, bacheo y mantenimiento de calles vecinales, otorgamiento y control de permisos de construcción y de funcionamiento para locales comerciales, y administración de partidas específicas.

Estos servicios son proyectados a los diferentes distritos, por lo que técnicamente todas las comunidades gozan de los mismos. En la práctica, sin embargo, es posible identificar

irregularidades, pues se atiende prioritariamente a las cabeceras de cantón y distrito, descuidando las necesidades de las comunidades periféricas.

Con respecto a este tema es importante anotar que la mayor aporte de los servicios con que disponen las comunidades tienen carácter gubernamental, criterio válido para servicios públicos, salud, educación y seguridad, por lo que el perfil de las comunidades en ese sentido se presenta en el apartado siguiente.

Otro servicios comunales son provistos por organizaciones privadas, siendo la más común la que se conoce como Asociaciones de Desarrollo. Estas responden a iniciativas de los vecinos que se proponen desarrollar proyectos de beneficio local, para atender problemas específicos. Tienen un carácter informal, y por lo general no cuentan con un lugar fijo de reuniones por lo que muestran un gran nivel de adptabilidad ante cambios en el espacio físico disponible.

3.3.2.5 Servicios sociales, de emergencia y gubernamentales

El área de influencia del proyecto cuenta con cobertura total de servicio de agua potable y alcantarillado, luz eléctrica, alumbrado público, telefonía y vialidad.

En ella se concentran la mayoría de los Hospitales base y gran parte de las Clínicas de Consulta, que forman parte del sistema de atención de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS). En razón de lo anterior y del carácter de universalidad del servicio de seguro social se puede afirmar que la cobertura de atención a la población es total, si bien en algunos casos la oferta del servicio es insuficiente para atender eficientemente a la población. Paralelo al sistema de salud pública se ha desarrollado una amplia red de servicios médicos de carácter privado, que capta sectores de población importantes, provenientes de estratos medios y altos. Esta situación es común sobre todo con respecto a servicios más especializados, como pediatría, ginecología, oftalmología y ortodoncia, así como laboratorios para realización de exámenes clínicos.

La cobertura educativa, referida a educación primaria y secundaria, también es de carácter universal. En gran parte de las comunidades se cuenta con escuela y acceso a colegios, que absorben población de áreas más extensas. Las instalaciones de centros educativos públicos se encuentran, en muchas ocasiones, deterioradas, y la mayoría de los mismos muestran niveles de saturación.

La oferta de centros de educación superior de carácter público es más limitada, y no logra atender la demanda creciente. En el cuadro siguiente se presenta una lista de los centros educativos localizados en el área de influencia del proyecto.

Cuadro 3.9

EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Centros educativos - Área de Influencia del Proyecto

Nombre	Distrito	Cantón
Liceo de Costa Rica	González Víquez	Catedral
Escuela República de Chile	Barrio Luján	
Escuela Ricardo Jiménez	Barrio Carit	
Kinder Naciones Unidas	Naciones Unidas	
Escuela Naciones Unidas		
Colegio Seminario		
Jardín de Niños Estrellitas Juguetonas	Barrio Luján	
Universidad de las Ciencias y el Arte de Costa Rica		
Colegio San Agustín (UNICA)		
Centro Educativo Dr. José Ma. Castro Madriz	Barrio Córdoba	Zapote
Escuela Napoleón Quesada	Zapote	
Liceo Rodrigo Facio		
Universidad Veritas		
Colegio Salesiano Don Bosco		
Colegio El Rosario	Montealegre	
Centro Infantil Quesada Durán	Quesada Durán	
Escuela República Dominicana	Fátima	San Francisco Dos Ríos
Escuela Juan Santamaría	Curridabat	Curridabat
Centro Educativo Bethabá		
Escuela La Lía	Hacienda Vieja	
Colegio de Curridabat		
Guardería Pequeños Traviesos		
Colegio Yorkin	Lomas de Ayarco	
Colegio Iribo		
Colegio Saint Peters		
Preescolar Los Olmos		
Jardín de Niños Crayolas		
Centro Educativo Josefita Jurado de Alvarado	Sánchez	
Escuela Jardín Central de Tres Ríos	Tres Ríos	La Unión
Jardín de Niños Mi Casita		
Travésuras Pre School		
Liceo Mario Quirós		
Saint Clare Primary	San Juan	La Unión
Kinder Niños Activos		
Escuela de Fierro	San Rafael	
Escuela Carolina de Malavassi		
Escuela Carlos Monge	San Nicolás	Cartago
Escuela Jorge Volio Jiménez		
Escuela de Quircot		
Centro Educativo Rafael Hernández	Occidental	
Franklin Bilingual School		
Centro Educativo Bilingüe María Auxiliadora		
Escuela San Bosco		

Fuente: DEPPAT S.A., 2001.

Una tendencia importante en el área es la reciente proliferación de centros de educación privados, principalmente para niños/as en edad preescolar y universidades. En menor grado pero también como una tendencia importante se denota el crecimiento de centros de educación primaria y secundaria privados.

Los distritos comprendidos dentro del área de estudio cuentan con una amplia provisión de servicios, los principales se citan a continuación:

a. Electricidad. La cobertura de este servicio abarca a todas las comunidades del entorno, siendo provista por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). El nivel de satisfacción de la población con respecto a este servicio es alto.
b. Agua potable. Este servicio, provisto en su mayoría por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ICAA), cuenta con un eficiente sistema de acueducto y control de calidad del agua, lo cual se refleja en la valoración positiva de la población, sobre dicho servicio.
c. Servicio telefónico. En el área se dispone de una buena cobertura para el desarrollo local, contando con centrales telefónicas y teléfonos públicos que sirven a las comunidades.
d. Servicio de correos. La zona está cubierta, en su totalidad, por este servicio, el cual cumple con los estándares nacionales.
e. Sistema de evacuación de aguas servidas. El sistema más común es el alcantarillado, y en menor grado, tanque séptico; congruente con el perfil de zonas urbanas.
f. Seguridad pública. Al igual que en los casos anteriores, este servicio cumple con los estándares nacionales, arrojando un resultado favorable en cuanto a accesibilidad y cobertura.
g. Carreteras. La zona está cubierta por una red vial que logra conectar todas las comunidades entre sí y conectar con las principales carreteras hacia otros sectores del país. Actualmente, la red vial se caracteriza por un nivel de saturación importante, que determina los congestiónamientos en horas pico y, en algunos puntos, de manera casi permanente.
h. Transporte terrestre. Toda la zona está cubierta por servicio de transporte público, con gran variedad de rutas y horarios.
i. Servicios de emergencia. En este caso también se verifica un buen nivel de acceso a estos servicios, que tienen cobertura total.

Adicionalmente a los servicios mencionados, se cuenta con la existencia de oficinas de extensión gubernamental, que facilitan la resolución de trámites a los pobladores locales. Los diferentes centros están divididos en unidades regionales u sub-regionales, que abarcan con su servicio la totalidad de las comunidades.

En cuanto a los servicios privados disponibles, es posible mencionar, entre una muy amplia gama de opciones, los siguientes:

a. Abastecedores y supermercados
b. Servicios médicos privados
c. Centros educativos privados
d. Gimnasios
e. Renta de autos y otros equipos
f. Restaurantes

g. Agencia de viajes
h. Bares y lugares de esparcimiento como salones de baile y discotecas
i. Tiendas
j. Salas de belleza
k. Servicios profesionales (legales, contables, entre otros)

La cobertura de los mismos es de carácter local, y no cubren la totalidad de las comunidades, sin embargo es posible determinar que, a nivel general, las comunidades cuentan con acceso a todo clase de servicios.

3.3.2.6 Perfil demográfico de los ocupantes actuales del área de influencia del proyecto

a. Familias residentes. Con el fin de aproximarse a las Condiciones reales de la población del área de influencia, se aplicó una encuesta, la cual permitió identificar las principales características sociodemográficas de las familias y de los/as jefes de hogar. De acuerdo con dicha información, es posible señalar las siguientes características de la población.

El jefe de hogar en el área de influencia del proyecto corresponde a una persona adulta, con 38.8 años como promedio, de sexo masculino, cuyo nivel de escolaridad es alto con respecto a la situación nacional.
Sin embargo es importante aclarar que en este ámbito hay grandes disparidades que no obedecen necesariamente a un patrón espacial –aunque si se percibe la tendencia a la disminución de la población con educación universitaria en el caso del segmento 2 (Tres Ríos – Ochomogo), que corresponde a un entorno que aún conserva espacios con un carácter más rural-, pues en un mismo espacio es posible encontrar familias con Condiciones socioeconómicas muy heterogéneas (el detalle de esta información se observa en el cuadro 3.10).

Cuadro 3.10
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Perfil Jefe de Familia
Área de influencia del proyecto

Variable	Segmento 1		Segmento 2		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Edad del jefe de familia						
Menos de 20 años	1	0.6	2	2.3	3	1.1
De 21 a 30 años	23	12.8	4	4.5	27	10.1
De 31 a 40 años	38	21.2	25	28.4	63	23.6
De 41 a 50 años	52	29.1	27	30.7	79	29.6
De 51 a 60 años	22	12.3	16	18.2	38	14.2
De 61 a 70 años	28	15.6	11	12.5	39	14.6
De 71 años o más	15	8.4	3	3.4	18	6.7
Sexo del jefe de familia						
Masculino	129	72.1	71	80.7	200	75.0
Femenino	50	27.9	17	19.3	67	25.0
Nivel de escolaridad del jefe de familia						
Primaria incompleta	23	12.8	14	15.9	37	13.9
Primaria completa	43	24.0	29	33.0	72	27.0
Secundaria incompleta	33	18.4	17	19.3	50	18.7
Secundaria completa	24	13.4	11	12.5	35	13.1
Universitaria incompleta	14	7.8	5	5.7	19	7.1
Universitaria completa	33	18.4	10	11.4	43	16.1
Otro	3	1.7	0	0.0	3	1.1
NS / NR	6	3.4	2	2.3	8	3.0
Total	**179**	**100.0**	**88**	**100.0**	**267**	**100.0**

Fuente: DEPPAT S.A., elaboración propia, 2001.

Más del 76% de los jefes de hogar corresponde a personas que trabajan. La población cubierta por la muestra presenta un elevado componente de jefes de hogar pensionados (18.4%), y un bajo nivel de desempleo (1.9% del total cubierto por la encuesta). La mayor parte de los jefes de hogar está constituida por trabajadores asalariados, alcanzando más del 66%. En la zona se cuenta con una mano de obra bastante diversificada, en relación con otras zonas del país; sin embargo y dado el carácter urbano de la misma el sector agrícola no tiene prácticamente significancia (0.5%). El componente de mano de obra calificada alcanza más de un 42%, incluyendo dentro de esta categoría profesionales, técnicos y empleados administrativos .

Un 34.6% de los jefes de hogar laboran en negocios, comercios u otros ubicados en la misma comunidad en que residen, mientras que cerca del 60% debe desplazarse hacia otras comunidades, ubicadas ya sea en otros cantones de la misma provincia o incluso en otras provincias, lo cual convierte el tema del transporte y desplazamiento en un elemento de peso para la definición de la calidad de vida de las familias.

Cuadro 3.11
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Condición de ocupación del jefe de familia
Área de influencia del proyecto

Variable	Segmento 1		Segmento 2		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Ocupación del jefe de familia						
Trabajador	131	732	70	79.5	201	75.3
Trabaja y estudia	4	2.2	0	0.0	4	1.5
Ama de casa	8	4.5	0	0.0	8	3.0
Pensionado	34	19.0	15	17.0	49	18.4
Desempleado	2	1.1	3	3.4	5	1.9
Categoría ocupacional del jefe de familia 1/						
Asalariado	90	66.7	46	65.7	136	66.3
Patrono	1	0.7	3	4.3	4	2.0
Por cuenta propia	44	32.6	21	30	65	31.7
Trabajo actual del jefe de familia 1/						
Profesionales y técnicos	44	32.6	13	18.6	57	27.8
Gerencia y administración	2	1.5	3	4.3	5	2.4
Empleados administratrativos	13	9.6	12	17.1	25	12.2
Comercio / ventas	23	17.0	10	14.3	33	16.1
Agricultura y ganadería	1	0.7	0	0.0	1	0.5
Medios de transporte	11	8.1	10	14.3	21	10.2
Ocupaciones artesanales	3	2.2	2	2.8	5	2.4
Estiba, carga, almacen.	0	0.0	1	1.4	1	0.5
Ocupaciones de servicios	15	11.1	12	17.1	27	13.2
Construcción	6	4.4	2	2.8	8	3.9
Operario industrial	11	8.1	4	5.7	15	7.3
Ocupaciones, no especific	1	0.7	1	1.4	2	1.0
NS / NR	5	3.7	0	0.0	5	2.4
Lugar de trabajo del jefe de familia 1/						
Comunidad y cercanías	40	29.6	31	44.3	71	34.6
Otro canton	62	45.9	23	32.8	85	41.5
Otra provincia	19	14.1	16	22.9	35	17.1
Indefinido	9	6.7	0	0.0	9	4.4
NS / NR	5	3.7	0	0.0	5	2.4

Variable	Segmento 1		Segmento 2		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Total	135	100.0	70	100.0	205	100.0

1/ Utiliza como total absoluto el número de jefes de hogar que trabajan, es decir, 205.
Fuente: DEPPAT S.A., elaboración propia, 2001.

Al analizar el perfil de las familias, vemos que se trata de familias nucleares, que tienen en promedio 4.4 miembros. Es importante observar que en el 53.2% de los casos estas cuentan con un único ingreso, mientras que en un 31% y un 10.9% cuentan con dos y tres ingresos, respectivamente. Esta situación señala un nivel aceptable de fortaleza ante fluctuaciones económicas, pues no se presentan (en esos casos) altos niveles de dependencia económica.

Cuadro 3.12
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Situación de empleo e ingreso económico
Área de influencia del proyecto

Variable	Segmento 1		Segmento 2		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Número de miembros de la familia						
De 1 a 2 personas	26	14.5	9	10.2	35	13.1
De 3 a 4 personas	77	43.0	38	43.2	115	43.1
De 5 a 6 personas	55	30.7	27	30.7	82	30.7
De 7 a 8 personas	15	8.4	12	13.6	27	10.1
De 9 personas o más	6	3.4	2	2.3	8	3.0
Número de personas con ingreso						
Una persona	95	53.1	47	53.4	142	53.2
Dos personas	59	33.0	24	27.3	83	31.1
Tres personas	17	9.5	12	13.6	29	10.9
Cuatro personas	5	2.8	3	3.4	8	3.0
Cinco o más personas	1	0.6	1	1.1	2	0.7
Ninguna	2	1.1	1	1.1	3	1.1
Ingreso familiar mensual						
Menos de 40 mil	8	4.5	5	5.7	13	4.9
De 41 a 80 mil	36	20.1	25	28.4	61	22.8
De 81 a 120 mil	51	28.5	22	25.0	73	27.3
De 121 a 160 mil	23	12.8	11	12.5	34	12.7
De 161 a 200 mil	14	7.8	11	12.5	25	9.4
De 201 o más	43	24.0	10	11.3	53	19.9
Sin ingreso	0	0.0	2	2.3	2	0.8
NS / NR	4	2.2	2	2.3	6	2.2
Total	179	100.0	88	100.0	267	100.0

Fuente: DEPPAT S.A., elaboración propia, 2001.

El nivel de ingreso de las familias, en promedio, es de ₡123141. Es importante señalar que el promedio salarial es más bajo en el segmento 2, donde alcanza los ₡108181, mientras que en el segmento 1 es de ₡126538. En este caso vemos que la población residente en el segmento 2 presenta una mayor concentración de familias en las categorías de ingreso relativamente más bajas, y consecuentemente la cantidad de familias que perciban ingresos correspondientes a los estratos más altos es más baja. Es posible concluir que el nivel socioeconómico es relativamente más bajo en el segmento 2, lo cual concuerda con el perfil señalado en cuanto a su carácter un poco más rural (sin embargo es necesario recordar que en ambos casos se trata de zonas urbanas, lo que varía es el grado de urbanización evidente).

Con respecto a la percepción de los entrevistados sobre su nivel de vida, vemos que solamente un 15% lo definen como bajo o muy bajo. Por su parte un 75% considera que presentan un nivel de vida medio, situación común en ambos segmentos.

En general, en los dos casos se considera que la situación socioeconómica es estable, pues no se percibe la existencia de dificultades para sostenerlo. En los casos en que se considera que existen dificultades, estas se asocian con problemas generales como el costo de la vida, que parece obedecer más bien a una dinámica nacional, por lo que no se puede asociar con elementos propios del entorno espacial directo.

Cuadro 3.13
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Nivel de vida familias residentes
Área de influencia del proyecto

Variable	Segmento 1		Segmento 2		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Nivel de vida						
Muy alto	5	2.8	0	0	5	1.9
Alto	14	7.8	5	5.7	19	7.1
Medio	138	77.1	64	72.7	202	75.7
Bajo	17	9.5	17	19.3	34	12.7
Muy bajo	5	2.8	2	2.3	7	2.6
Dificultades para mantener nivel de vida actual						
Sí	49	27.4	29	33.0	79	29.6
No	130	72.6	51	67.0	188	70.4
Total	**179**	**100.0**	**88**	**100.0**	**267**	**100.0**

Fuente: DEPPAT S.A.; elaboración propia, 2001.

a. Perfil de los ocupantes de negocios, oficinas y centros educativos

El componente denominado como "negocios", y que engloba comercios, industrias, oficinas y centros educativos, resulta de particular importancia en el área de influencia del proyecto.

En algunos sectores se identifica un elevado nivel de actividad comercial, así como una serie de servicios para residentes y visitantes, como es el caso de la zona de Curridabat. En otros sectores se

cuenta con una oferta más bien orientada a la demanda local, o bien se encuentran sectores con desarrollo industrial, como en el caso de San Francisco de Dos Ríos y El Alto de Ochomogo.

La mayor parte de edificaciones de uso no residencial corresponden a comercios (cerca del 80%), y como es de suponer hay una mayor concentración de los mismos en aquellas comunidades con una mayor densidad de población (Curridabat, Zapote y San Nicolás).

Por otra parte, la mayor parte de los locales son alquilados (57.6%) y el resto son propiedad de la misma persona que lo explota. Más del 50% de los ocupantes de dichas construcciones afirman tener un período mayor a 5 años de aprovechar el local, lo cual denota que se trata de actividades consolidadas (Cuadro 3.14).

De acuerdo con los resultados del estudio, vemos que en la zona predomina la pequeña empresa, es decir, aquella en la que laboran 5 personas o menos, situación que se verifica en un 78% de los casos cubiertos por la encuesta.

La información relacionada con el tamaño de la construcción no permite determinar con certeza las tendencias de la zona, pues casi un 40% de las personas entrevistadas desconocía el área de la misma. Sin embargo es posible señalar que el tamaño corresponde con el carácter del local y que se trata, en su mayoría, de edificaciones medianas y pequeñas, acorde con el número de personas que trabajan en ella. En ese sentido, encontramos un 18% con construcciones de 50 m^2 o menos, y un porcentaje igual para construcciones de 100 m^2 o menos (esta información será retomada en el apartado Tenencia de la tierra).

Cuadro 3.14
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Características de los negocios
Área de influencia del proyecto

Variable	Segmento 1		Segmento 2		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Lugar de ubicación						
Zapote	6	28.6	0	0.0	6	18.2
San Francisco	2	9.5	0	0.0	2	6.1
Curridabat	12	57.1	0	0.0	12	36.4
Tirrases	1	4.8	0	0.0	1	3.0
Tres Ríos	0	0.0	2	16.7	2	6.1
San Rafael	0	0.0	2	16.7	2	6.1
San Nicolás	0	0.0	8	66.6	8	24.2
Uso de la construcción						
Comercio	17	80.9	10	83.4	27	81.8
Industria	3	14.3	0	0.0	3	9.1
Centro educativo	1	4.8	1	8.3	2	6.1
Otros	0	0.0	1	8.3	1	3.0
Tenencia de la construcción						
Propio	9	42.9	5	41.7	14	42.4
Alquilado	12	57.1	7	58.3	19	57.6

Variable	Segmento 1		Segmento 2		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Tiempo de ubicación en el lugar						
Menos de 1 año	0	0.0	2	16.7	2	6.1
De 1 a 2 años	2	9.6	2	16.7	4	12.1
De 2 a 5 años	7	33.3	3	25.0	10	30.3
De 5 a 10 años	7	33.3	1	8.3	8	24.2
Más de 10 años	5	23.8	4	33.3	9	27.3
Total	**21**	**100.0**	**12**	**100.0**	**33**	**100.0**

Fuente: DEPPAT S.A., elaboración propia, 2001.

3.3.2.7. Percepción local del proyecto

a. Percepción de los habitantes del entorno.

Con respecto a este tema, se interrogó a los residentes acerca de su opinión sobre el proyecto Corredor Vial San José – Zapote – Cartago. Las respuestas manifestadas fueron calificadas en términos de si denotan una actitud negativa, positiva o neutra ante el mismo.

Las diversas respuestas brindadas por la población permiten concluir que la valoración del proyecto es positiva en los dos segmentos, arrojando como resultado casi un 87% de respuestas positivas, y solamente un 9% negativas. El restante 4% mostró una actitud neutral, pues consideran que el proyecto tiene tanto aspectos buenos como aspectos negativos.

La mayor parte de la población (80.5% de los entrevistados) está consciente de que el desarrollo del proyecto va a representar efectos positivos sobre las comunidades en que residen. Por su parte, cerca del 30% considera que el proyecto representará efectos negativos para la población.

El detalle de estos resultados se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro 3.15
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Percepción del proyecto, residentes
Área de influencia del proyecto

Variable	Segmento 1		Segmento 2		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Opinión sobre el proyecto						
Positiva	145	81.0	87	98.9	232	86.9
Neutra	11	6.1	0	0.0	11	4.1
Negativa	23	12.8	1	1.1	24	9.0
El proyecto traerá efectos positivos sobre la comunidad						
Sí	163	91.1	82	93.2	215	80.5
No	16	8.9	6	6.8	52	19.5

Variable	Segmento 1		Segmento 2		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
El proyecto traerá efectos negativos sobre la comunidad						
Sí	68	38.0	9	10.2	77	28.8
No	111	62.0	79	89.8	190	71.2
Total	**179**	**100.0**	**88**	**100.0**	**267**	**100.0**

Fuente: DEPPAT S.A.; elaboración propia, 2001.

Los efectos positivos previstos por la población se citan a continuación:

- Agilización del tránsito. La mayor parte de las personas (42.3%) señaló como un posible efecto del proyecto la disminución de presas, fenómeno frecuente en la zona, sobre todo durante las "horas pico", tanto por la ampliación de carriles como por la disponibilidad de nuevas vías para el tránsito que consideran excesivo.
- Facilita desplazamiento. El 12.7% de las personas que atribuyeron posibles efectos positivos mencionaron la mejoría en las condiciones de desplazamiento y acceso a comunidades cercanas, factor estrechamente vinculado con el anterior.
- Seguridad vial. El 8.2% considera que la implementación del proyecto va a representar un incremento en la seguridad para el tránsito vehicular y peatonal, lo cual va a redundar, de acuerdo con su opinión, en la disminución de accidentes y, por lo tanto, en una mayor tranquilidad para los vecinos.
- Progreso. Con respecto a este punto, un 6.4% de las personas entrevistadas considera que la implementación del proyecto representa un progreso general, pues mejora las Condiciones de vida de la población.
- Mejoría en el servicio de transporte. Las obras previstas por el proyecto posibilitan, de acuerdo con la opinión del 4.1% de los entrevistados, una mayor eficiencia del servicio de transporte público, que actualmente presenta atrasos en los horarios y otros problemas vinculados con la saturación de vías.
- Otros efectos señalados se vinculan con la mejoría de las vías (1.5%) y la reactivación económica de la zona, gracias al incremento de la actividad comercial (1.9%).

Como vemos, se trata en su mayoría de factores relacionados directamente con las condiciones de desplazamiento, más que de posibles cambios en la dinámica interna de las comunidades.

Con respecto a los efectos negativos, es posible observar que la mayoría son los mismos que los anteriores, aunque se agregan otros componentes relacionados con ambiente físico y humano, como se observa a continuación:

- Contaminación: El 10.5% de la población considera posible que a partir de la implementación del proyecto se incrementen los niveles de contaminación ambiental.

- Ruido. La implementación del proyecto, de acuerdo con el criterio del 3.7% de la población, en el incremento de los niveles de ruido, factor valorado en términos de la molestia que implica para los residentes.

- Desalojo de familias. Un 5.2% de las personas entrevistadas considera posible, si bien aún no existe certeza al respecto, de que se deban expropiar terrenos a algunos de los ocupantes actuales, lo cual consideran injusto, si bien la percepción responde a consideraciones individuales, sobre las dificultades acarreadas para las familias desalojadas, y no con respecto a la alteración de la dinámica social en la comunidad donde esto ocurra.
- Incremento del tránsito. Un 3% considera que con el desarrollo y la posterior operación del proyecto se va a experimentar un incremento en el flujo vehicular, que redundará en presas y otros problemas asociados.
- Dificultades para el tránsito peatonal. Este elemento es previsto por el 2.6% de las personas cubiertas por la encuesta, en tanto la existencia de la carretera, si no contempla las necesidades peatonales, va a obstaculizar la movilización de personas.
- Otros elementos citados son la inseguridad ciudadana, por la afluencia de personas ajenas a la comunidad (1.5%); alza en los impuestos territoriales (1.1%); entorpecimiento del transporte público (0.4%) y eliminación de zonas verdes (0.4%).
- El 71% restante de la población no atribuye ningún efecto negativo al proyecto.

Con el fin de conocer las posibles reacciones de la población ante la expropiación de los actuales ocupantes, se incluyeron en el formulario una serie de variables que permiten medir la actitud ante dicha situación, aplicando la metodología de indicador resumen, donde se atribuye un valor numérico a criterios cualitativos con el fin de obtener un resultado ponderado.

En promedio, valorando de 1 (total desacuerdo) a 10 (total acuerdo) el grado de aceptación ante la expropiación de los ocupantes actuales, tenemos un nivel de 5.33; situación similar a la que se observa al promediar la actitud ante la expropiación de la familia propia, que alcanza el 5.03.

Es evidente que el componente de expropiación es el que genera mayor grado de inquietud en la población, si bien por el carácter del proyecto se espera que esto ocurra en muy baja escala, y es posible prever que manejándose la información de manera clara y oportuna la población va a mostrar un mayor nivel de aceptación del mismo. Los resultados se muestran a continuación:

Cuadro 3.16
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Actitud ante la expropiación, residentes
Área de influencia del proyecto

Variable	Segmento 1		Segmento 2		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Actitud ante expropiación de actuales ocupantes						
Muy de acuerdo	25	14.0	5	5.7	30	11.2
De acuerdo	67	37.4	33	37.5	100	37.5
En desacuerdo	49	27.4	47	53.4	96	35.9
Muy en desacuerdo	38	21.2	3	3.4	41	15.4
Actitud ante expropiación de la familia						
Muy de acuerdo	27	15.1	4	4.5	31	11.6
De acuerdo	60	33.5	30	34.1	90	33.7
En desacuerdo	42	23.5	44	50.0	86	32.2
Muy en desacuerdo	50	27.9	10	11.4	60	22.5
Total	**179**	**100.0**	**88**	**100.0**	**267**	**100.0**

Fuente: DEPPAT S.A., elaboración propia, 2001.

Las razones citadas con respecto al acuerdo se vinculan con el bienestar público y el progreso tanto de la comunidad como del país. Adicionalmente, gran cantidad de la población, a pesar de mostrarse en desacuerdo, sostiene que eso va a depender del acuerdo al cual se llegue, del cual guardan cierto recelo tanto por la lentitud del trámite como por la creencia de que el Gobierno no va a pagar el precio justo a los expropiados.

Finalmente, y para obtener una visión más puntual sobre la opinión de los residentes acerca del proyecto, se incluyó en el Formulario un cuadro sobre posibles efectos, para cuya medición se aplicó nuevamente la metodología de indicador resumen. El objetivo de este apartado fue el de valorar la importancia relativa atribuida por los residentes a ciertas variables sensibles, que podrían no haber sido contempladas inicialmente por el entrevistado, y que permiten establecer un perfil bastante específico sobre la valoración local. Por otra parte, su consideración representa un mecanismo de control para determinar el grado de confiabilidad de las respuestas anteriores, ya que permiten analizar la correspondencia entre las mismas. El resultado se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 3.17
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Atribución de efectos ante desarrollo del proyecto, residentes
Área de influencia del proyecto

Variable	Calificación		
	Segmento 1	Segmento 2	Total
Disminución del tiempo de desplazamiento	8.3	8.3	8.3
Disminución de los embotellamientos	8.3	8.2	8.2
Aumento del valor de la propiedad	8.1	8.1	8.1
Mejoría en el tranporte público	7.8	7.9	7.8
Mejoría de acceso y transporte a las comunidades	7.8	7.7	7.8
Aumento de la contaminación	6.8	6.0	6.5
Disminución de la seguridad vial	6.7	5.3	6.2
Incremento del empleo	5.3	6.6	5.7
Disminución de calidad de vida de la comunidad	5.4	4.6	5.1
Cambio en los patrones de uso del suelo	5.2	4.8	5.1
Perjudica el paisaje	5.1	4.9	5.0
Afectación de la economía local	4.7	4.6	4.6

Fuente: DEPPAT S.A., elaboración propia, 2001.

Se comprueba la tendencia a dar mayor importancia a factores relacionados con desplazamiento y circulación vehicular y peatonal. Los entrevistados perciben una relación alta entre la ejecución del proyecto y la disminución de presas, las mejoras en las condiciones de acceso a otras comunidades, entre otros.

También se interrogó a los residentes sobre las condiciones en que creían que se encontraría, posteriormente, tanto la comunidad como su familia, en caso de que el proyecto fuera desarrollado. El 69.3% respondió que la comunidad se encontraría mejor, situación que varía al analizar que solo el 40.8% considera que la familia estaría mejor. Esta diferencia responde al hecho de que, si bien al proyecto se le atribuyen, mayoritariamente, efectos positivos, estos son de carácter general, y los residentes consideran que los mismos benefician poco o nada las condiciones de vida de las familias, analizadas individualmente. En este sentido, se evidencia la distinción entre el carácter público de la obra y la importancia que se le atribuye en el ámbito privado.

Cuadro 3.18
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Proyección estado de comunidad y familia, residentes
Área de influencia del proyecto

Variable	Segmento 1		Segmento 2		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Condiciones de la comunidad en caso de desarrollarse el proyecto						
Mejor que antes	114	63.7	71	80.7	185	69.3
Igual que antes	25	14.0	14	15.9	39	14.6
Peor que antes	40	22.3	3	3.4	43	16.1
Condiciones de la familia en caso de desarrollarse el proyecto						
Mejor que antes	59	33.0	50	56.8	109	40.8
Igual que antes	81	45.2	37	42.0	118	15.0
Peor que antes	39	21.8	1	1.1	40	44.2
Total	**179**	**100.0**	**88**	**100.0**	**267**	**100.0**

Fuente: DEPPAT S.A., elaboración propia, 2001.

b. Percepción de los ocupantes de negocios.

En este caso la percepción es también mayoritariamente positiva (un 87.9% de las personas encuestadas manifestó opiniones positivas con respecto al desarrollo del proyecto). Un porcentaje semejante (85%) atribuye algún tipo de efecto positivo a partir de la implementación del mismo, vinculados sobre todo con descongestiónamiento y facilidades para el desplazamiento. Solamente un 6% le atribuye posibles efectos negativos, relacionados con el incremento del tránsito y del ruido y la contaminación. El resumen de esta información se presenta en el cuadro siguiente:

Cuadro 3.19
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Percepción del proyecto, ocupantes de negocios
Área de influencia del proyecto

Variable	Segmento 1		Segmento 2		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Opinión sobre el proyecto						
Positiva	17	80.9	12	100.0	29	87.9
Neutra	1	4.8	0	0.0	1	3.0
Negativa	3	14.3	0	0.0	3	9.1
El proyecto traerá efectos positivos sobre la comunidad						
Sí	17	80.9	11	91.7	28	84.8
No	4	19.1	1	8.3	5	15.2

Variable	Segmento 1		Segmento 2		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
El proyecto traerá efectos negativos sobre la comunidad						
Sí	2	9.5	0	0.0	2	6.1
No	19	90.5	12	100.0	31	93.9
Total	**21**	**100.0**	**12**	**100.0**	**33**	**100.0**

Fuente: DEPPAT S.A.; elaboración propia, 2001.

Al evaluar la actitud ante la expropiación de los ocupantes actuales, encontramos que, siguiendo el sistema de escala de 1 a 10 aplicado en el análisis de percepción de las familias, ante la posible expropiación de ocupantes la población entrevistada asignó un 4.9 como grado promedio de aceptación, mientras que ante la posibilidad de ser expropiados ellos mismos, la evaluación promedio fue de un 4.4. En ambos casos se muestra un grado de aceptación más bajo que en el caso de las familias residentes.

Cuadro 3.20
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Actitud ante la expropiación, ocupantes de negocios
Área de influencia del proyecto

Varible	Segmento 1		Segmento 2		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Actitud ante expropiación de actuales ocupantes						
Muy de acuerdo	3	14.3	0	0.0	3	9.1
De acuerdo	5	23.8	4	33.3	9	27.3
En desacuerdo	8	38.1	8	66.7	16	48.5
Muy en desacuerdo	5	23.8	0	0.0	5	15.2
Actitud ante expropiación de su propio negocio						
Muy de acuerdo	1	4.7	0	0.0	1	3.0
De acuerdo	7	33.3	4	33.3	11	33.3
En desacuerdo	7	33.3	5	41.7	12	36.4
Muy en desacuerdo	6	28.7	3	25.0	9	27.3
Total	**21**	**100.0**	**12**	**100.0**	**33**	**100.0**

Fuente: DEPPAT S.A., elaboración propia, 2001.

En ambos casos la actitud mostrada se justifica en razón de las complicaciones que se asocian con la necesidad de reubicarse, y con la pérdida de las ventajas de localización que según su opinión solo el tiempo de establecimiento permite consolidar.

Las personas entrevistadas consideran que los efectos más importantes, atribuibles al proyecto, se asociarán con factores como desplazamiento, sobre todo con respecto a la disminución de presas. Otro elemento importante es el del incremento del valor de la tierra.

Al igual que en el caso anterior, presentamos un cuadro con el resumen de las opiniones expresadas por la población sobre la posibilidad de que se presenten los siguientes efectos ante el desarrollo del proyecto:

Cuadro 3.21
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Atribución de efectos ante desarrollo del proyecto, ocupantes de negocios
Área de influencia del proyecto

Variable	Calificación		
	Segmento 1	Segmento 2	Total
Disminución del tiempo de desplazamiento	8.4	8.0	8.3
Disminución de los embotellamientos	8.3	8.0	8.2
Mejoría de acceso y transporte a las comunidades	8.1	7.8	8.0
Aumento del valor de la propiedad	8.6	6.8	7.9
Mejoría en el transporte público	8.0	6.9	7.6
Aumento de la contaminación	6.8	5.8	6.4
Disminución de la seguridad vial	6.7	4.8	6.0
Perjudica el paisaje	5.6	6.5	5.9
Incremento del empleo	5.2	5.8	5.7
Cambio en los patrones de uso del suelo	5.4	4.5	5.1
Disminución de calidad de vida de la comunidad	4.7	5.0	4.8
Afectación de la economía local	4.6	4.7	4.6

Fuente: DEPPAT S.A., elaboración propia, 2001.

Al analizar los impactos del proyecto sobre las condiciones actuales, tanto del área como de su propio negocio, la población entrevistada supone que el proyecto va a permitir que mejore la comunidad, y que el efecto sobre su negocio va a ser positivo. Nuevamente se comprueba que, si bien la percepción del proyecto es positiva, responde a consideraciones de bienestar general. Sin embargo los ocupantes reconocen que una mejoría en la comunidad va a dinamizar su propio negocio. En el cuadro siguiente podemos observar el detalle sobre la información señalada:

Cuadro 3.22
EsIA Radial San José-Zapote-Cartago
Proyección estado de comunidad y negocio, ocupantes de negocios
Área de influencia del proyecto

Variable	Segmento 1		Segmento 2		Total	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Condiciones de la comunidad en caso de desarrollarse el proyecto						
Mejor que antes	14	66.7	10	83.3	24	72.7
Igual que antes	4	19.0	2	16.7	6	18.2
Peor que antes	3	14.3	0	0.0	3	9.1
Condiciones del negocio en caso de desarrollarse el proyecto						
Mejor que antes	13	61.9	9	75.0	22	66.7
Igual que antes	5	23.8	3	25.0	8	24.2
Peor que antes	3	14.3	0	0.0	3	9.1
Total	**21**	**100.0**	**12**	**100.0**	**33**	**100.0**

Fuente: DEPPAT S.A., elaboración propia, 2001.

Estas consideraciones se basan en criterios como los siguientes:

a. La posibilidad de mejoría se asocia con el incremento en la afluencia de personas y vehículos, lo cual repercute en las ventas, un factor de particular interés para este grupo de población.
b. Una parte importante de la población cree que el proyecto mejora las condiciones de la comunidad y eso, indirectamente, beneficia a todos.
c. Factores que inciden en la percepción negativa son la movilización de familias, y el aumento del tránsito y la contaminación.

3.3.3 Características naturales y biológicas

Recursos aquíferos

Hidrología Regional

- Red Hídrica Regional

Al respecto se tiene que el Corredor Vial San José–Zapote–Cartago forma parte de 2 sistemas fluviales muy importantes del país como son el sistema fluvial del Río Grande de Tárcoles, el cual drena el Valle Central Occidental (vertiente del Pacífico) y el sistema fluvial del Río Reventazón que drena el Valle Central Oriental (vertiente del Atlántico). El Alto de Ochomogo se constituye en la línea divisoria de aguas continental.

En el primer caso, las aguas involucradas pertenecen a la gran cuenca del Río Virilla y de manera específica a las subcuencas de los ríos Tiribí y María Aguilar. En el caso del sector de Cartago, las

aguas pertenecen a la cuenca del Río Aguacaliente, específicamente al Río Reventado, el cual atraviesa la autopista ya muy cerca de su final.

El estudio detallado de la red hidrográfica muestra que la misma no es muy densa. Además, se observa que la mayoría de los componentes de esa red son flujos permanentes, siendo muy escasos los que califican como estacionales, como sí sucede en otras áreas del país, inclusive del Valle Central. En los mapas correspondientes, la red hídrica permanente se complementa con la presentación de canales naturales de escorrentía, o sea depresiones topográficas donde se concentran y drenan las aguas de lluvia.

La red de canales de escorrentía es siempre fácil de determinar en los terrenos montañosos, no así en las área planas donde a veces no están bien definidos. Sin embargo, en este caso las áreas planas presentan un problema adicional, y es que, por tratarse de áreas de gran desarrollo urbano (San José, Curridabat, Tres Ríos, Cartago), la red hídrica menor ha sido muy modificada, sobre todo la red natural de escorrentía, adaptada a las necesidades del desarrollo urbanístico.

Se han dado acciones como el relleno de depresiones, rectificación de cauces y canales de escorrentía y el entubamiento de las aguas. Esto último es el caso del Río Ocloro en la parte oeste del área en estudio. Por lo tanto, muchas veces las aguas pluviales ya no siguen los canales naturales, sino que se ajustan a los sistemas de recolección y conducción previamente diseñados.

Para completar esta sección es importante señalar que la parte oeste del corredor de estudio presenta como principales componentes hídricos los ríos María Aguilar y Tiribí, los cuales discurren de noreste a suroeste. El primero atraviesa el área en el sector de San Francisco de Dos Ríos, mientras que el Tiribí lo hace en el sector de la ciudad de Tres Ríos. Otros componentes de menor importancia son los ríos Chagüite, Chiquito, La Cruz y las quebradas Tabaco, Pío, Carpintera y San Vicente.

En la parte este, o sea el sector de Cartago, los principales componentes de la red hidrográfica son los ríos Reventado, Arriaz y Taras. En el sector montañoso de Ochomogo, la red hídrica es menos densa, destacando las quebradas Fierro, Quirazú y los ríos Arriaz y Taras (sector montañoso).

- Río Reventado

Dentro de la red de drenaje que involucra este proyecto, conviene destacar el caso del Río Reventado en la periferia oeste de la ciudad de Cartago. Este es un río con características especiales dentro de la dinámica fluvial de la zona.

Se trata de un río que nace muy cerca del cráter del Volcán Irazú y discurre por el sector oeste de la ciudad de Cartago con poco caudal. No obstante, en 1963 fue el responsible de una avalancha de lodo (Lajar) que provocó varias víctimas humanas y cuantiosos daños materiales, específicamente en el sector de Taras.

Hoy día, el riesgo de un evento similar es muy alto, debido a la existencia de varios deslizamientos en la cuenca alta y media, principalmente el deslizamiento de San Blas, que podrían ocasionar represamientos en el cauce de este río y generar nuevas avalanchas que afectarían nuevamente el

sector de Taras y posiblemente la parte oeste de la ciudad de Cartago, esta vez con mayores consecuencias socioeconómicas y en la infraestructura, dado el crecimiento permanente en esa área.

- Estacionalidad de las Aguas

Aunque en el apartado de clima se señala que el área de estudio presenta una época seca de varios meses, la red hídrica local no refleja esa condición. Aparte de no ser una red hídrica muy densa, casi la totalidad de los componentes representados son de tipo permanente.

De tal manera, los ríos y quebradas incluídos en el Corredor Vial San José–Zapote–Cartago se caracterizan por tener caudal todo el año. Esto tiene explicación si se considera que muchos de esos ríos y quebradas nacen en las partes altas del área de estudio o fuera de ella, sobre todo en las faldas del Volcán Irazú, áreas con Condiciones climáticas que garantizan la permanencia de los caudales. Este es el caso, por ejemplo, de los ríos Tiribí, María Aguilar y Reventado.

Sin embargo, es importante señalar que pese a su carácter de permanentes, todos esos ríos y quebradas disminuyen considerablemente su caudal, en algunos casos reduciéndose al mínimo, sobre todo en el caso de las quebradas menores.

- Calidad de las Aguas

Es importante hacer algunas consideraciones sobre la calidad de las aguas en los ríos y quebradas involucrados en el corredor en estudio.

Un ligero análisis de la situación espacial permite señalar que la calidad de las aguas de esos ríos y quebradas tiene problemas por contaminación física y química.

Por una parte, la gran mayoría de esos ríos y quebradas nacen y discurren por terrenos de origen volcánico y en muchos casos de uso agrícola intensivo, donde los suelos generalmente son muy erosionables. Por lo tanto, durante los períodos de lluvias las aguas de escorrentía acarrean hasta los cauces principales grandes cantidades de sedimentos que provocan gran turbidez (contaminación física) en el momento de las lluvias y hasta varias horas después.

Por otra parte se encuentra el problema de la contaminación química, cuyas causas son variadas. Principalmente las partes altas de las cuencas que tienen relación con este proyecto, son áreas de uso agrícola intensivo, principalmente hortícola y ganadería. Por lo tanto, en menor o mayor cantidad, las aguas de esos ríos y quebradas son afectadas por la materia fecal del ganado y sobre todo por las diversas sustancias agroquímicas que requiere ese tipo de agricultura.

Finalmente, muchos de esos ríos y quebradas al paso por el área de estudio ya han discurrido por áreas pobladas, a veces muy pobladas, o bien dentro de la zona corren por zonas de gran desarrollo urbano como Tres Ríos, Curridabat, Zapote, Taras. Consecuencia de esto, como se puede observar en el campo, es que la gran mayoría de esos flujos hídricos presentan aguas muy contaminadas por desechos sólidos diversos, a lo que podemos agregar residuos líquidos igualmente variados de origen industrial, comercial y domésticos.

b. Hidrología Subterránea

A lo largo del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, existen se encuentran en profundidad acuíferos importantes para el abastecimiento de agua de parte de la población de San José, Tres Ríos y Cartago. Los acuíferos presentes se relacionan con formaciones volcánicas y coluvio aluviales sin consolidar. Las formaciones sedimentarias presentan potencial acuífero limitado.

La realización del estudio se basó en información obtenida del inventario de pozos de las Hojas Topográficas Istarú y Abra, escala 1:50000 que se encuentra en el SENARA. Para cada pozo analizado se consideró la estratigrafía, profundidad del nivel estático, nivel dinámico, el caudal de bombeo y parámetros hidrogeológicos.

El análisis de los acuíferos se realizó considerando en forma particular los rellenos laháricos que se encuentran al oeste del Alto de Ochomogo y los depósitos que se encuentran al este del Alto de Ochomogo.

- Sección al Oeste del Alto de Ochomogo

Existe un acuífero albergado en el relleno lahárico, en el cual se han reportado producciones de hasta 10 l/s por pozo de agua químicamente potable y origina grupos de manantiales capaces de descargar hasta 30 l/s en forma conjunta. El nivel freático de este acuífero se encuentra a profundidades que varían entre 10 m hacia el este, hasta 60 m hacia el oeste. La recarga del acuífero se da por infiltración de agua desde la superficie y por recarga lateral de ríos y quebradas con régimen influente.

El acuífero es libre y se caracteriza porque el agua fluye en dirección preferencial sur y suroeste con pequeñas variaciones en la dirección locales tendientes tanto al sur franco como al oeste franco.

En la sección al oeste del Alto de Ochomogo, las isofreáticas del acuífero presentan gradiente hidráulica (*i*) de 5%, por lo que se estima que la tabla de agua se presenta como un cuerpo subhorizontal sin variaciones abruptas.

El acuífero presenta una transmisividad estimada de 91 m^2/día, espesor saturado en el rango de 10 a 35 m, capacidad específica de 6.78 l/s/m y coeficiente de almacenamiento (S) 4.5 x 10^{-4}. Tales características determinan que el acuífero se comporta como un cuerpo almacenador y transmisor de agua, con capacidad limitada.

- Sección al Este del Alto de Ochomogo

En la sección existen 2 acuíferos. El acuífero inferior se alberga en flujos lávicos (SENARA, 2000), mientras que el acuífero superior se alberga en depósitos coluvio aluviales y laháricos.

El acuífero inferior se alberga en lavas que se estima provienen del Volcán Irazú debido a una actividad fisural (SENARA, 2000). El acuífero es confinado y se han reportado producciones entre 5 y 10 l/s por pozo de agua químicamente potable. El nivel freático de este acuífero se encuentra a

profundidades en el rango de 50 m. La recarga del acuífero se da en el Volcán Irazú, así como en los cerros que se encuentran alrededor del acuífero, al norte en los Cerros La Carpintera, al oeste en Alto Quebradillas, Azahar, Alto de Caña, Patio de Agua, así como por percolación vertical a través de los depósitos coluvio aluviales y laháricos.

Con información de los pozos que captan el acuífero, se determina que el agua fluye en dirección preferencial sur con pequeñas variaciones en la dirección locales tendientes tanto al este como al oeste.

Las isofreáticas del acuífero presentan gradiente hidráulica (*i*) de 3%, por lo que se estima que la tabla de agua se presenta como un cuerpo subhorizontal sin variaciones abruptas. El acuífero presenta una transmisividad estimada entre 19 y 102 m^2/día, espesor saturado entre 35 y 45 m y coeficiente de almacenamiento (S) 1.4 x 10^{-1}. Tales características determinan que el acuífero se comporta como un cuerpo almacenador y transmisor de agua (SENARA, 2000).

El acuífero superior se alberga en depósitos coluvio aluviales y laháricos, provenientes del Volcán Irazú. Es un acuífero que presenta comportamiento de confinado y semiconfinado; asimismo, es un acuífero estratificado y discontínuo (SENARA, 2000), capaz de producir entre 0.5 y 5.0 l/s por pozo; el agua que produce este acuífero presenta concentraciones de hierro que la hacen no potable desde la fuente. Presenta una transmisividad entre 2 y 4 m^2/día (SENARA, 2000). El nivel freático se encuentra entre 5 y 15 m de profundidad. La recarga del acuífero se da por infiltración de agua de lluvia y en el Volcán Irazú, así como por recarga lateral desde quebradas y ríos con régimen influente. La descarga del acuífero se da en los ríos Purires y Coris.

3.3.3.2 Fauna

El Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, comprende hábitats entre 1100 y 1 500 m.s.n.m. de la Región Central del país; se puede notar que está en gran parte deforestada, debido principalmente al desarrollo de grandes centros urbanos, extensas áreas de cafetales y pastizales y en menor grado otras actividades productivas e industriales.

En una época, el lugar estuvo totalmente cubierto de bosque con un extenso hábitat ribereño, condición de suma importancia para el mantenimiento de la vida silvestre de la región. Luego, con el pasar del tiempo y la colonización del territorio, dichos bosques fueron desapareciendo y convirtiéndose, principalmente en extensas áreas de cultivo y pastos, favoreciendo la desaparición y salida de la fauna silvestres de esta región del país.

La fauna que frecuenta el sitio, se apreció mediante varias visitas al campo en el mes de enero y febrero. Para observar las especies de fauna terrestres se recorrió el área de estudio durante el día; desplazándose por los caminos existentes. Además, se entrevistaron algunos vecinos a quienes se les preguntó sobre los animales que frecuentan la zona, así como consultas bibliográficas, para completar la información sobre la fauna migratoria, residente y visitante de la zona (Acuña, 1998; Carrillo, 1999; Janzen, 1991; Norman, 1998; Rodríguez & Wilson, 1999; Stiles & Skutch, 1994).

La vegetación presente en toda el área que ocupará este proyecto es importante para el traslado y encuentro de las aves observadas en el sitio, además de que brinda áreas de refugio, anidación y alimentación a la fauna silvestre que suele frecuentar áreas antropizadas en busca de flores, frutos, semillas o para capturar arácnidos, insectos u otros animales que constituyen su dieta.

La fauna silvestre observada y esperada en el área de estudio ha logrado adaptarse muy bien al ambiente humano, con espacios abiertos donde escasean los bosques. A pesar de esto, se observa que no es muy diversa y abundante. En el recorrido solo se observaron las especies de aves *Zonotrichia capensis* (comemaíz), *Crotophaga sulcirostris* (tijo), *Quiscalus mexicanus* (zanate), *Egretta thula* (garceta nivosa), *Psarocolius montezuma* (oropéndola), *Pitangus sulfuratus* (Pecho amarillo), *Tyrannus melancholicus* (pecho amarillo) y *Turdus grayi* (yigüirro), frecuentes merodeadoras de poblados, cultivos, charrales y tacotales (cuadro 3.23). Es importante resaltar que durante la visita no se detectó la presencia de aves migratorias las cuales se pueden espera en este sitio, únicamente en determinadas épocas del año.

Los anfibios, reptiles y mamíferos citados en los cuadros 3.24, 3.25 y 3.26, no se detectaron durante el recorrido. Algunos de ellos se refugian durante el día en montículos de troncos o desechos acumulados por el ser humano, en huecos de árboles, en orificios entre rocas o en desvanes de las casas, lo que dificulta su observación. Sin embargo, se conoce sobre su presencia porque los mencionan las personas entrevistadas y porque además existen árboles con frutos que son utilizados en la dieta de muchos de los vertebrados referidos.

Cuadro 3.23
Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Concesión de Obra con Servicio Público del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago
Especies de Aves Observadas y Esperadas. Febrero, 2001

Familia /Nombre Científico	Nombre Común
ARDEIDAE	Garceta nivosa
Egretta thula	
CATHARTIDAE	Zopilote
Coragyps atratus	
COLUMBIDAE	
ACCIPITRIDAE	Gavilán bailarín
Elanus caeruleus	
Leptotila verreauxi	Paloma
MOMOTIDAE	Pájaro bobo
Momotus momota	
PSITTACIDAE	Perico frentirojo
*Aratinga finschi**	
CUCULIDAE	Tijo
Crotophaga sulcirostris	
STRIGIDAE	Sorococa
Otus choliba	
Glaucidium brasilianum	Mochuelo común

Familia /Nombre Científico	Nombre Común
TROCHILIDAE	Colibrí
Amazilia tzacatl	
TYRANNIDAE	Pecho amarillo
Tyrannus melancholicus	
Pitangus sulphuratus	
TURDIDAE	Yiguirro
Turdus grayi	
ICTERIDAE	Pius
Molothrus aeneus	
Psarocolius Montezuma	Oropéndola
Quiscalus mexicanus	Zanate
THRAUPIDAE	Viuda
Thraupis episcopus	
EMBERIZIDAE	Comemaíz
Zonotrichia capensis	

* Especie con poblaciones reducidas o amenazadas para efectos del artículo 25 de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre (LCVS) Nº 7317 y el Reglamento a la LCVS publicado en el Decreto Ejecutivo N° 26435–MINAE.

Cuadro 3.24
Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Concesión de Obra con Servicio Público del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago
Especies de Anfibios Esperados. Febrero, 2001

Familia / Nombre Científico	Nombre Común
PLETHODONTIDAE	
Chiropterotriton picadoi	
LEPTODACTYLIDAE	
Eleutherodactylus fleischmanni	
BUFONIDAE	
Bufo coccifer	Sapo
Bufo marinus	Sapo
HYLIDAE	
Smilisca sordida	
CENTROLENIDAE	
Centronella prosoblepon	
RANIDAE	
Rana pipiens	

Cuadro 3.25
Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Concesión de Obra con Servicio Público del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago
Especies de Reptiles Esperados. Febrero, 2001

Familia / Nombre Científico	Nombre Común
IGUANIDAE	
Sceloporus mamachiticus	
Norops intermedius	
ANOMALEPIDAE	
Helminthophis frontalis	
COLUBRIDAE	
Geophis brachycephalus	
Hydromorphus concolor	
Lampropeltis triangulum	Falsa coral
MICRURIDAE	
Micrurus nigrocinctus	Coral macho
EMYDIDAE	
Kinostermon scorpioides cruentatum	Tortuga candado

Cuadro 3.26
Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Concesión de Obra con Servicio Público del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago
Especies de Mamíferos Esperados

Familia / Nombre Científico	Nombre Común
Didelphidae	
Didelphis marsupialis	Zarigüella
PHYLLOSTOMIDAE	
Glossophaga comissarisi	Murciélago
Glossophaga soricina	Murciélago
Carollia perspicillata	Murciélago
Uroderma bilobatum	Murciélago
Artibeus jamaicensis	Murciélago
Sturnira lilium	Murciélago
Desmodus rotundus	Vampiro
VESPERTILIONIDAE	
Myotis nigricans	Murciélago
Leporidae	
Sylvilagus brasiliensis	Conejo
Sciuridae	
Sciurus granatensis	Ardilla
Muridae	
Oryzomys caliginosus	Ratón
Sigmodon hispidus	Rata

3.3.3.3. Flora

a. Generalidades

En el espacio que ocupará el Corredor Vial San José–Zapote–Cartago se encuentran varias Zonas de Vida, entre ellas:

- Bosque Húmedo Premontano que se distribuye desde la Plaza González Víquez hasta Curridabat, así como en Cartago y sus inmediaciones.

- Bosque Muy Húmedo Premontano que ocupa una porción de terreno entre Curridabat y Tres Ríos.

- Bosque Muy Húmedo Montano Bajo que se extiende por una franja angosta que atraviesa la carretera entre Tres Ríos y Ochomogo.

- Bosque Húmedo Montano Bajo, que ocupa una faja estrecha que pasa sobre la red vial en las inmediaciones de Ochomogo.

En el Valle Central, las actividades humanas transformaron y degradaron el paisaje natural al convertirse ésta en la región más atractiva del país para el asentamiento humano y más apreciada debido a su clima.

En esta área predomina un patrón de núcleos urbanos, cultivos comerciales y ganadería. La vegetación nativa aparece intercalada en fragmentos de tamaño variable y aislados entre sí, concentrándose en 2 áreas restauradas y protegidas, así como en algunos sectores en los bordes de los cauces de ríos y quebradas.

Los parches significativos de bosque con diferentes grados de regeneración más cercanos al Corredor Vial San José–Zapote–Cartago son la Zona Protectora del Tiribí y la Zona Protectora Cerros de la Carpintera. En estos sitios existe bosque secundario, que al instaurarse la categoría de manejo que actualmente conservan se permitió con el paso del tiempo, que se restableciera la recuperación de las áreas degradadas.

La Zona Protectora del Tiribí se estableció por medio del Decreto Ejecutivo N° 6112–A, del 23 de junio, 1976. Su extensión es de 650 Ha. Con su designación se pretendió proteger las nacientes que abastecen un alto porcentaje del agua potable de la ciudad de San José y proporciona energía a varios pueblos de los cantones La Unión y Goicoechea.

Esta zona protegida presenta en sus terrenos grandes fincas ganaderas y cafetaleras. También se encuentran algunas áreas con cultivos anuales. A pesar de ello existe un sector de 300 ha con bosque secundario en una finca que pertenece a la Municipalidad del cantón de La Unión.

La Zona Protectora Cerros de la Carpintera, también se estableció mediante el decreto mencionado anteriormente. Este sitio destaca por ser el área protegida más cercana a los principales centros urbanos, con un agradable paisaje. El agua es uno de los productos más importantes que produce La Carpintera. En este sitio nacen unas 30 quebradas intermitentes y permanentes, entre las que destacan las quebradas Carpintera, Fierro y Aurazú, así como los ríos Chiquito, Bosque y Chaguite. Las aguas de estos afluentes confluyen hacia el norte de la zona para formar el Río Tiribí. Además, hacia el oeste y al sur desaguan otras quebradas y ríos.

La vegetación forestal que existe en las partes más altas es el último remanente de lo que otrora fue la cubierta boscosa del bosque Premontano y Montano Bajo de la región central del país. Aunque la flora que albergaba el Cerro La Carpintera dio docenas de especies nuevas para la ciencia, esto no impidió que sus laderas inferiores fueran deforestadas y desmontadas para el pastoreo desde principios del siglo XX. Actualmente se observan varios tugurios en el pie de monte con dirección norte, que se establecieron en el pasado, como producto de la invasión de precaristas a la zona de La Carpintera.

b. Asociaciones Vegetales

A continuación se describe la distribución y composición florística de la vegetación que está presente en el Área de Influencia Directa del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago.

– Áreas con Construcciones (Residencial, Comercial, Industrial y de Servicios Urbanos)

La cobertura vegetal que predomina en estos sitios, por lo general cubre espacios descubiertos ubicados en el contorno de las construcciones; incluye los jardines que varían de tamaño según la magnitud de la propiedad, así como las zonas verdes que aparecen en las aceras.

Las plantas que predominan en estos espacios son generalmente aquellas que tienen un uso ornamental. Cabe resaltar que muchas de las especies utilizadas son introducidas y un reducido número lo constituyen unas pocas especies nativas principalmente arbóreas como roble sabana (*Tabebuia rosea*), corteza amarillo (*Tabebuia ochracea*) y guachipelín (*Diphysa americana*), que destacan por tener una floración muy colorida y espectacular.

Algunas especies introducidas que sobresalen por esta misma característica son llama del bosque *(Spathodea campanulata*), orgullo de la india (*Largerstroemia indica*) y poró extranjero (*Erythrina poeppigiana*) (cuadro 26).

Destacan otros que por su forma y tipo de hoja, tales como almendro de playa (*Terminalia catappa*), laurel de la india (*Ficus cunninghami*), casuarina (*Casuarina sp.*), ciprés (*Cupressus lucitanica.*) y araucaria (*Araucaria excelsa*). En este grupo de especies arbóreas son frecuentes algunos árboles frutales como mango (*Manguifera indica*), níspero (*Eriobotrya japonica*) y varias especies de cítricos (*Citrus spp.*) (cuadro 26).

Algunos arbustos tales como orquídea de palo (*Bauhinia purpurea*), Chicasquil (*Cnidoscolus aconitifolius*), crotón (*Codiaeum variegatum*), *Callistemom lanceolatun*, pastora (*Euphorbia pulcherrima*), mirto (*Murraya paniculata*) y uruca (*Trichilia havanensis*), son cultivados como plantas ornamentales en estas zonas verdes.

– Áreas de Uso Recreativo (Parques, Zonas Verdes, Polideportivos)

En estos terrenos se hallan varias especies de árboles que se plantaron para establecer en el menor tiempo posible una cobertura vegetal, que llenara de verdor estos sitios, para embellecerlos y crear espacios con sombra que sirvan a las personas para realizar distintas actividades recreativas.

La mayoría de las plantas seleccionadas para estos espacios se emplean para la ornamentación de las ciudades. Entre las especies plantadas en estos sitios están varias especies de eucaliptos *Eucaliptus spp.*, *Grevillea banksii*, *casuarina sp.*, Llama del Bosque (*Spathodea campanulata)*, poró extranjero *(Erythrina poeppigiana)*, roble de sabana *(Tabebuia rosea)* y *Callistemom lanceolatun* (cuadro 26).

El suelo de estas áreas está cubierto con varias especies de gramíneas, en ocasiones invadido por hierbas invasoras que pueden desmejorar el aspecto del lugar.

– Cultivos de Café

Existen áreas de diferentes dimensiones inmersas en las áreas residenciales o rodeando los poblados, en las que el cafetal está libre de malezas, con árboles de sombra (Poró extranjero-*Erythrina poeppigiana*-) bien recortados y cercas vivas en buen estado. También hay otros cultivos de café que no reciben mantenimiento, donde las cercas están en mal estado, presentan gran cantidad de hierbas, gramíneas y arbustos invasores creciendo debajo o en medio de las plantas de café, dándole un aspecto de abandono al cafetal.

Es frecuente observar árboles de jocote (*Spondias purpurea*), poró cimarrón (*Erythrina costaricensis*), cirrí (*Mauria heterophylla*), poró (*Erythrina fusca*), *Casuarina sp*., ciprés (*Cupressus lucitanica*), colpachí (*Croton niveus*), targuá (*Croton gossypifolius*), manzana de rosa (*Zyzygium jambos*) e itabo (Y*ucca guatemalensis*), formando las cercas vivas que rodean los cafetales (cuadro 26).

En los cafetales abandonados, entremezcladas con las plantas de café se observan especies como güitite (*Acnistus arborescens*), huevos de caballo (*Stenmadenia donnell–smithii*), guarumo (*Cecropia obtusifolia*), manzana de agua (*Syzygium sp*.), *Casuarina sp*., mango (*Manguifera indica*), higuerón (*Ficus jimenezii.*), higuerilla (*Ricinus communis*), *Hamelia patens*, y tora (*Montanoa hibiscifolia*).

Algunas hierbas que con frecuencia están en estos sitios son *Emilia fosbergii*, *Delilea biflora*, *Ludwigia sp*., *Spermacoce assurgens*., *Sida rhombifolia*, *Argeratum sp*., jaragua (*Hyparrhenia rufa*) y zacate gigante (*Pennissetum purpureum*)

– Pastizal

Aquellos sitios destinados para que paste el ganado se caracterizan por presentar una continua cobertura de gramíneas y cercas vivas donde destacan las especies poró (*Erythrina fusca*), poró cimarón (*Erythrina costaricensis*), *Euphorbia cotinifolia* y sauce (*Salix sp*.).

En estos sitios es frecuente encontrar algunas especies de hierbas mezcladas con los pastos como *Verbena littoralis*, dormilona (*Mimosa pudica*), *Cyperus tenuis* y escobilla (*Sida rhombifolia*).

Dispersos por el área de pastos se pueden encontrar arbustos de la especie *Bernonia patens* (Tuete), *Randia karstenii*, *Psidium sp*. (Güísaro), guayaba (Psidium guajaba), carboncillo (A*cacia angustissima*) y algunos árboles de *Grevillea banksii* y eucalipto *(Eucaliptus sp*. (cuadro 26).

– Charrales

El zacate gigante (*Pennissetum purpureum*) es la especie dominante. En forma intercalada aparecen algunas especies invasoras o que se establecen en los primeros estadíos del proceso de restauración

vegetal de sitios baldíos, en los que por lo general se abandonaron las actividades agrícolas o ganaderas.

La vegetación que se observa en estos sitios se compone tanto de formas herbáceas como de arbustos y árboles, cuya presencia y abundancia dependerá del tiempo que tenga el desarrollo de dicha cobertura.

Las especies que frecuentemente se observan en este tipo de asociación vegetal son muriseco (*Bidens pilosa*), Phytolacca icosandra (Jaboncillo), cinco negritos (*Lantana camara*), *Crotalaria sp.*, *Ludwigia sp.*, *Solanum lanceifolium*, *Solanum hispidum*, carboncillo (*Acacia angustissima*), mirasol (*Tithonia diversifolia*), tuete (*Bernonia patens*), higuerilla (R*icinus communis*), targuá (*Croton gossypifolius*), jaúl (*Alnus acuminata*) y sauce (*Salix sp.*) (cuadro 26).

– Vegetación Riparia

La vegetación riparia, se localiza a lo largo de las márgenes de los ríos y quebradas que atraviesan el Corredor Vial San José–Zapote–Cartago. Esta cobertura, en algunas ocasiones constituye una franja de vegetación de al menos 10 m de ancho, que se amplía cuando aumenta la pendiente del terreno. Sin embargo, existen lugares en el trayecto de los cauces, donde este tipo de vegetación está ausente y en su lugar aparece una cobertura propia de un charral.

En algunos puntos de las márgenes de estos cuerpos de agua existe cierto grado de perturbación antrópica, ocasionado por la utilización del terreno para establecer los patios de las viviendas, o para ampliar el área de construcción.

Este tipo de vegetación reúne a las siguientes especies: muñeco (*Cordia eriostigma*), jaúl (*Alnus acuminata*), poró extranjero (*Erythrina poeppigiana*), poró cimarrón (*Erythrina costaricensis*), sauce (*Salix sp.*), itabo (*Yucca guatemalensis*), ciprés (*Cupressus sp.*), *Casuarina sp.*, güitite (*Acnistus arborescens*), bambú (*Bambusa sp.*), zacate gigante (*Pennissetum purpureum*), higuerilla (R*icinus communis*) y banano (*Musa sapientum*), entre otras (cuadro 26).

– Plantaciones Forestales

En las áreas cercanas a la carretera que comunica Tres Ríos con Cartago, existen algunas plantaciones forestales de ciprés (*Cupressus sp.*) y *Eucaliptus sp.* (cuadro 26).

– Agrupación de árboles

A lo largo del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, esporádicamente suelen encontrarse pequeños espacios rodeados por potreros, donde se permitió el desarrollo de árboles y arbustos que tienen la apariencia de un paraje boscoso. En este lugar el componente florístico está constituido por varias especies de plantas como higuerones (*Ficus sp.*), cirrí (*Mauria heterophylla*), colpachí (*Croton niveus*), *Inga sp.*, *Annona reticulata*, güitite (*Acnistus arborescens*), orquetilla *(Randia karstenii*), poró extranjero (*Erythina poeppegiana*), *Grevillea banksii* y jaúl (*Alnus acuminata*), (cuadro 3.27).

Cuadro 3.27
Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Concesión de Obra con Servicio Público del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago
Especies de Plantas Observadas. Febrero, 2001

Familia / Nombre Científico	Nombre Común
AGAVACEAE	
Yucca guatemalensis	Itabo
ANACARDIACEAE	
Manguifera indica	Mango
Mauria heterophylla	Cirrí
Spondias purpurea	Jocote
ANNONACEAE	
Annona reticulata	
APOCYNACEAE	
Stenmadenia donnell–smithii	Huevos de caballo
ARAUCARIACEAE	
Araucaria excelsa	Araucaria
ASTERACEAE	
Argeratum sp.	
Bernonia patens	Tuete
Bidens pilosa	Muriseco
Delilea biflora	
Emilia fosbergii	
Montanoa hibiscifolia	Tora
Tithonia diversifolia	Mirasol
BETULACEAE	
Alnus acuminata	Jaúl
BIGNONIACEAE	
Spathodea campanulata	Llama del bosque
Tabebuia ochraceae	Corteza amarillo
Tabebuia rosea	Roble sabana
BORAGINACEAE	
Cordia eriostigma	Muñeco
CASUARINACEAE	
Casuarina sp.	Casuarina
CECROPIACEAE	
Cecropia obtusifolia	Guarumo
COMBRETACEAE	
Terminalia catappa	Almendro de playa
CUPRESSACEAE	
Cupressus lucitanica	Ciprés
CYPERACEAE	
Cyperus tenuis	
EUPHORBIACEAE	
Cnidoscolus aconitifolius	Chicasquil
Codiaeum variegatum	Croto
Croton gossypifolius	Targúa
Croton niveus	Colpachí
Euphorbia cotinifolia	
Euphorbia pulcherrima	Pastora
Ricinus communis	Higuerilla

Familia / Nombre Científico	Nombre Común
FABACEAE/CAESALPINIACEAE	
Bauhinia purpurea	Orquidea de palo
FABACEAE/MIMOSACEAE	
Acacia angustissima	Carboncillo
Inga sp.	
Mimosa púdica	Dormilona
FABACEAE/PAPILIONACEAE	
Crotalaria sp.	
Diphysa americana	Guachipelín
Erythrina costaricensis	Poró cimarrón
Erythrina poeppigiana	Poró extranjero
Erythrina fusca	Poró
LAURACEAE	
Persea caerulea	
MALVACEAE	
Sida rhombifolia	Escobilla
MELIACEAE	
Trichilia havanensis	Uruca
MORACEAE	
Ficus sp.	Higuerón
Ficus cunninghami	Laurel de la india
Ficus jimenezii	Higuerón
MUSACEAE	
Musa sapientum	Banano
Musa paradisiaca	Plátano
MYRTACEAE	
Callistemom lanceolatum	
Eucaliptus spp.	Eucalipto
Psidium sp.	Güísaro
Psidium guajaba	Guayaba
Syzygium sp.	Manzana de agua
Syzygium jambos	Manzana rosa
ONAGRACEAE	
Ludwigia sp.	
PHYTOLACCACEAE	
Phytolacca icosandra	Jaboncillo
POACEAE	
Bambusa sp.	Bambú
Hyparrhenia rufa	Jaragua
Pennissetum purpureum	
PROTEACEAE	
Grevillea robusta	Gravilea
ROSACEAE	
Eriobotrya japónica	Níspero
RUBIACEAE	
Hamelia patens	
Randia karstenii	Horquetilla
Spermacoce assurgens	
RUTACEAE	
Citrus spp.	Cítricos
Murraya paniculata	Mirto
SOLANACEAE	

Familia / Nombre Científico	Nombre Común
Acnistus arborescens	Güitite
Solanum hispidum	
Solanum lanceifolium	
VERBENACEAE	
Lantana camara	Cinco negritos
Verbena littoralis	

3.3.4 Características Físicas

3.3.4.1. Geología

a. Geología Regional

– Marco Tectónico

Costa Rica se encuentra en la margen oeste de la Placa Caribe. Aquí, la Placa Cocos la subduce a lo largo de la Fosa Mesoamericana (MAT). La dirección de convergencia de estas dos placas es N25–30E y su velocidad relativa es de 95±4 mm/año frente a la Península de Osa.

Al sur de la frontera entre Costa Rica y Panamá, se encuentra la Zona de Fractura de Panamá, que representa el límite entre las placas Cocos y Nazca. Al oeste del Punto Triple Cocos–Nazca–Caribe, la Dorsal Asísmica de Cocos está siendo subducida bajo la Placa Caribe.

La Dorsal Asísmica de Cocos es una traza del Punto Caliente de las Galápagos, cuya orientación es N45E e indica la dirección del movimiento de la Placa Cocos con respecto al manto. Al este de Costa Rica, se encuentra el Bloque de Panamá. El límite norte del Bloque de Panamá con la Placa Caribe es el Cinturón Deformado del Norte de Panamá (NPDB), el cual se extiende desde la costa caribe de Colombia hasta Limón. El límite oeste del NPDB con la Placa Caribe en Costa Rica puede estar correlacionado con la zona de ruptura que generó el sismo del 22 de abril, 1991 (Protti et al., 1995; Montero, 1994; Rojas & Sibaja, 1997).

La corteza de la Placa Cocos es generada en dos sitios, a saber el Centro de Dispersión del Pacífico del Este y el Punto Caliente de las Galápagos. La corteza generada en el centro de Dispersión del Pacífico del este se caracteriza por presentar una batimetría suave y regular, mientras que la corteza generada en el Punto Caliente de las Galápagos se caracteriza por presentar batimetría irregular. La interacción de las cortezas se da en el "Límite Suave–Rugoso" (Montero, 1994; Rojas & Sibaja, 1997).

– Subducción de la Dorsal Asísmica de Cocos

Considerando anomalías magnéticas, se ha determinado que la Dorsal Asísmica de Cocos inició su subducción bajo la Placa Caribe hace 1 m.a. (Protti et al., 1995).

La Dorsal Asísmica de Cocos es considerada como un alto batimétrico con batimetrías en el rango de 2000m sobre el fondo marino y que subduce frente a la Península de Osa. Su buoyancia y características batimétricas son responsables de abruptos levantamientos corticales en la Península de Osa y Punta Burica (Protti et al., 1995); otro efecto de la subducción de la Dorsal Asísmica de Cocos es un incremento en el acople entre las placas Cocos y Caribe.

Debido al efecto buoyante, la Zona de Wadati–Benioff es más superficial en el sur de Costa Rica, con profundidades de focos de sismos máximas de 50 km. Como efecto directo de la subducción superficial, la actividad volcánica del Arco–Volcánico de Costa Rica es inhibida aproximadamente a partir de 83°30´ longitud oeste.

Por lo tanto, la Dorsal Asísmica de Cocos se comporta como un cuerpo indentador que comprime desde la parte sur de Costa Rica hasta la costa Atlántica y produce control tectónico en el territorio nacional (Montero, 1994), desviando la trayectoria de los esfuerzos máximos horizontales hacia el norte. Las fallas de desplazamiento de rumbo, tienden a ser paralelas al esfuerzo máximo de cizalle y perpendicular a la Fosa Mesoamericana. El campo de esfuerzos del área indentada (en el caso del plano de deformación horizontal), tiene esfuerzo máxima de cizalle correspondiente con el fallamiento de desplazamiento de rumbo (Rojas & Sibaja, 1997).

– Rasgos Morfotectónicos

El área del proyecto se encuentra afectada por los siguientes rasgos morfotectónicos.

Fosa Mesoamericana

Constituye el margen convergente entre la Placa Cocos y la Placa Caribe y donde se inicia la subducción de la Placa Cocos bajo la Placa Caribe, incluyendo la subducción somera de la corteza oceánica engrosada conformada por la Dorsal Asísmica de Cocos bajo el área del Pacífico Sur de Costa Rica (Londsdale & Klitgord, 1978).

Arco Volcánico

La Cordillera Volcánica Central, constituye un segmento del Arco Volcánico Andesítico–Basáltico hasta Andesítico de América Central, relacionado con la subducción de la Placa Cocos bajo la Placa Caribe. Los macizos del Arco Volcánico actual, presentan una alineación con sentido noroeste–sureste, paralelo al trazo de la Fosa Mesoamericana.

Sistema de Falla Transcurrente de Costa Rica y Zona de Deformación Central de Costa Rica

Es un sistema de falla de desplazamiento de rumbo siniestral, transversal al Arco Volcánico y responsable de la formación del Sistema de Cuencas Transtensivas (Pull–Apart) de Costa Rica

(Astorga et al., 1991). Cambia de dirección en Limón, transformándose en el sistema de fallas inversas que conforman el Cinturón Deformado del Norte de Panamá (NPDB), (Astorga et al., 1991).

Fernández (1996/1997), considerando criterios geológicos, estructurales, distribución de sismos y sus mecanismos focales y Condiciones gravimétricas, establece que no existen evidencias que apoyen y caractericen el Sistema de Falla Transcurrente de Costa Rica.

– Distribución de Esfuerzos

Montero (1994), evaluando información estructural, sismológica y geomorfológica, formula un modelo de Dirección de Esfuerzos Máximos Compresivos Horizontales (MHCSD), para explicar la neotectónica de Costa Rica. Propone que en el Tras–Arco, el MHCSD tiene una dirección N–S. El modelo propone que el Levantamiento de Cocos se comporta como un cuerpo indentador rígido (Rojas & Sibaja, 1997).

Por otro lado, Montero (1994), relaciona los esfuerzos neotectónicos con la covergencia oblicua entre las placas Cocos y Caribe. La reinterpretación del origen de esos esfuerzos, incluye la rotación observada en las trayectorias de los esfuerzos neotectónicos desde el Ante–Arco al Arco Interno (Arco Volcánico y Arco Magmático) y el Tras–Arco. En ambos rasgos morfotectónicos, los esfuerzos máximos compresivos horizontales, tienen una dirección de flujo N–S (Denyer & Arias, 1991; Montero, 1994; Rojas & Sibaja, 1997).

– Estratigrafía Regional

Formación Coris

Corresponde con depósitos sedimentarios del Mioceno Medio a Superior del Valle Central de Costa Rica (Obando et al., 1991), compuestos por lutitas, lutitas arenosas calcáreas, areniscas líticas y cuarzosas y conglomerados finos con estructuras sedimentarias que obedecen a ambientes marinos someros (Obando et al., 1991).

Obando et al. (1991), determinaron que una secuencia de 500 m de espesor analizada entre San José y Cartago y localidades hacia el sur, se compone de ciclos progradantes que se relacionan con depósitos de strand–plain (*sensu* Reison, 1984) en los que definieron 4 facies, a saber facies de plataforma silicoclástica, bahía abierta, frente de barra y facies arenosas costeras.

Según Denyer & Arias (1991), la Formación Coris aflora en Loma San Antonio, al sur de Curridabat, así como en las localidades de Quesadas, Quebrada Honda y Alto Coris.

La Formación Coris sobreyace a la Formación Peña Negra (Denyer & Arias, 1991) y se encuentra intercalada por la Formación San Miguel.

Formación La Cruz

Consiste de basaltos, andesitas y tobas soldadas (Denyer & Arias, 1991), con edad Mioceno Superior, que afloran en los Cerros de la Carpintera.

Formación Sapper?

Consiste de flujos de lava, lahares y capas de ceniza (Krushensky, 1972) que afloran en el Río Reventado, por debajo de la confluencia de Quebrada Pavas, Río Retes, entre los ríos Blanco y Sucio al norte del Cerro Retes.

Según Sprechmann (1984), la Formación Sapper sobreyace discordantemente a la Formación Reventado y es sobreyacida de manera discordante por la Formación Birris, al oeste del Cerro Noche Buena.

Depósitos Laháricos

Consisten de corrientes de lodos provenientes desde el Cerro Zurquí y Volcán Irazú y que se extienden al oeste y sur de San José. Los depósitos laháricos se componen de archillas, limos y arenas que engloban fragmentos líticos en disposición caótica. Entre los componentes, destacan lavas, cristales de cuarzo, vidrio y pedernal.

Los depósitos laháricos se encuentran expuestos en los caños de los ríos Tibás, Tiribí, Torres y Virilla (Echandi, 1981).

Depósitos Coluvio–Aluviales

Consisten de depósitos aluviales y coluviales constituidos por bloques de andesita, gabros y cornubianitas con forma desde angular hasta redondeado que presentan incipiente meteorización. Los componentes se encuentran dispuestos caóticamente en una matriz que va desde arcillosa hasta arenosa–gravosa sin cementar.

Los depósitos coluvio–aluviales afloran en Tres Ríos, Tirrases, Desamparados.

b. Geología Local

En el campo se realizó un cartografiado geológico con el fin de determinar las unidades geológicas locales que afloran en el sitio, las cuales son correlacionables con las formaciones Coris (Mioceno Medio–Superior) (Obando et al., 1991), La Cruz (Mioceno Medio–Mioceno Superior), (Denyer & Arias, 1991), Depósitos Laháricos y Piroclásticos y Depósitos Coluivo–Aluviales.

Las unidades geológicas locales que afloran se definieron con criterios litológicos de campo. Se describen las unidades desde la más antigua a la más joven.

– Areniscas Silíceas

Unidad sedimentaria depositada en ambiente transicional continental–litoral, litoral y plataforma marina de poca profundidad. La litología se define con criterios observacionales.

Las areniscas silíceas afloran en Loma San Antonio y Parque Ecológico La Colina, al sur de Tirrases; asimismo, aflora en el frente noroeste de los Cerros de La Carpintera en la localidad de Rincón Mesén. Ambos sitios se encuentran fuera del área de influencia directa del proyecto.

Las areniscas silíceas consisten de un conjunto de rocas con coloraciones que varían entre blanco y rojizo, dependiendo del contenido de minerales como óxidos de hierro y sílice en superficie sana. En superficie alterada, las rocas presentan coloraciones grises y blancas hasta pardas.

Se compone de sedimentos de textura granular, con granulometría que varía entre arenisca fina y arenisca gruesa; los granos se presentan bien sorteados. En la muestra de mano, se determina que los granos se encuentran en contacto por grano y ocasionalmente se presenta una matriz arcillosa blanca de composición silícea.

Se presenta en paquetes sin alternancias y con dimensiones que varían entre 0.1 m hasta paquetes decimétricos y ocasionalmente, se encuentran secciónes masivas en las que no es posible observar los límites inferior y superior.

En los afloramientos de Loma San Antonio, no se observan estructuras sedimentarias; sin embargo, en los afloramientos en el frente noroeste de los Cerros de la Carpintera, se observan paquetes con ripples asimétricos y paquetes con laminación tanto paralela como cruzada. En ambos afloramientos, no se observan ciclos ni gradación.

La presencia de estructuras biogénicas es escasa y el contenido fosilífero se encuentra ausente.

Las areniscas silíceas se presentan como paquetes que conforman un cuerpo tabular, al que no es posible establecer alguna asociación con las rocas de los alrededores.

Según las observaciones de campo, el mecanismo de depositación es un flujo de granos en ambiente depositacional litoral.

Según observaciones de campo, las areniscas silíceas presentan un espesor máximo observado de 220 m, medidos en Loma San Antonio.

En el campo no es posible determinar el contacto inferior de las areniscas silíceas, por lo que se le considera el basamento para el área de estudio. Las areniscas se encuentran sobreyacidas en forma discordante por los basaltos (Formación La Cruz), depósitos lahári cos y depósitos coluvio–aluviales sin diferenciar.

Las areniscas silíceas se correlacionan con la Formación Coris.

Debido a que en el campo, el contenido fosilífero se encuentra ausente, se consideran las dataciones de Obando et al. (1991) y Denyer & Arias (1991), se determinan que en general la edad de las rocas de la Formación Coris es Mioceno Medio a Superior.

– Basaltos

Unidad volcánica que aflora en los Cerros de la Carpintera al sur de San Diego, Ochomogo y Alto Ochomogo, en los terrenos localizados al sur y oeste del área del proyecto.

La muestra de mano se compone de basalto masivo con textura afanítica–porfirítica, con cristales de plagioclasa (10%) de hasta 2 mm de longitud dispuestos en una mesostaza masiva color negro en superficie sana. No hay presencia de vacuolas en la mesostaza. Según observaciones de campo y análisis petrográfico de secciónes delgadas, se determina que los basaltos corresponden con cuerpos intrusivos hipoabisales.

Los basaltos se encuentran mejor expuestos en Alto Ochomogo.

Los basaltos sobreyacen en contacto discordante a las areniscas silíceas. El contacto se presenta al sur de Rincón Mesén, donde se le observa como un cambio brusco de areniscas con coloraciones claras a lavas masivas con coloraciones oscuras. En Ochomogo, los basaltos se encuentran sobreyacidas en contacto discordante por los depósitos lacustres; se infiere que los depósitos volcánicos caóticos sobreyacen a los basaltos, ya que en el campo no es posible establecer la relación estratigráfica.

Con observaciones de campo, se estima que el espesor de los basaltos es de 150 m.

Los basaltos se correlacionan con la Formación La Cruz (Denyer & Arias, 1991).

En el área no existen dataciones que determinen la edad de los basaltos; sin embargo Denyer & Arias (1991) le asignan una edad Mioceno Superior.

– Depósitos Laháricos

Unidad volcánica continental de formación endógena con componentes silíceos de origen volcánico. Aflora en el área comprendida entre González Víquez y San Rafael, donde se encuentra en contacto con los depósitos volcánicos caóticos; hacia el sur de la Autopista Florencio del Castillo, los depósitos laháricos limitan se encuentran en contacto con depósitos aluviales del Río Tiribí.

Litológicamente, es una brecha con textura piroclástica que se compone de fragmentos pre–existenets (30%) angulares, sanos, de composición andesítica y basáltica, con tamaño entre 0.1 m y 4 m, junto con cristales de plagioclasa y piroxeno. La unidad no presenta materia orgánica, así como material alóctono y framentos líticos hidrotermalizados.

Los componentes se encuentran mal seleccionados y englobados por una matriz cenicienta compacta que en superficie sana tiene color gris y en superficie alterada se presenta parda. No se observa la presencia de vesículas ni fracturas.

El espesor máximo de los depósitos laháricos observado en cortes es de 60–80 m.

El depósito se presenta como un cuerpo masivo sin estratificación ni gradación, además de que no existen estructuras de impacto. Asimismo, no se observan estructuras tales como fallamiento sindepositacional, grietas de desecación o plegamiento sin/post depositacional.

El proceso primario del depósito está caracterizado por un flujo lahárico (*sensu latu*) en ambiente sub–aérico debido a un mecanismo de fragmentación húmedo. En el campo no se observa la ocurrencia de procesos secundarios, tales como diagénesis, paleosuelos, contactos quemados o alteración hidrotermal. En la parte superior del depósito, se ha generado un suelo residual limoso, producto de la meteorización de la matriz cenicienta.

En el campo no se observa el contacto inferior de los depósitos laháricos, aunque Denyer & Arias (1991) determinan que sobreyace en contacto discordante a las rocas de la Formación Coris. Los depósitos laháricos se encuentran sobreyacidos por los depósitos volcánicos caóticos y por los depósitos aluviales en contacto discordante.

Los depósitos laháricos se correlacionan con los Lahares y Cenizas según Denyer & Arias (1991).

La edad de los depósitos laháricos es Cuaternario.

– Depósitos Volcánicos Caóticos

Unidad volcánica continental de formación endógena con componentes silíceos de origen volcánico. Aflora en el norte de San Rafael y el área al norte comprendida hasta Solano.

Litológicamente, es una brecha con textura piroclástica que se compone de fragmentos pre–existentes (20%) con varias coloraciones, sanos, de composición principalmente basáltica con tamaño entre 0.2 m y 1 m. La materia orgánica está presente en menor cantidad (<5%) y consiste de troncos calcinados. No se observan fragmentos líticos hidrotermalizados.

La totalidad de los componentes presentan una disposición caótica dentro de la matriz cenicienta gris, sin vesículas y parcialmente soldada. La estructura interna del depósito no presenta gradación; asimismo, no muestra fracturas y se presenta como un cuerpo masivo subhorizontal sin estructuras de impacto, deslizamiento y/o fallamiento sindepositacional.

El proceso primario está caracterizado por la depositación en un ambiente sub–aérico debido a un mecanismo de fragmentación piroclástico que produjo un debris avalanche proveniente de la ladera sur del Volcán Irazú. Asimismo, el depósito se presenta compacto y con procesos de meteorización que han generado un suelo limo–arenoso. En el campo se observa la presencia de fallamiento cerca de la Zona Industrial de Ochomogo, en el que ocurre alteración hidrotermal que deriva en silicificación de los fragmentos líticos y la matriz y que genera arcillas.

Con observaciones de campo, no es posible determinar la facies del depósito. Asimismo, no se observan variaciones laterales ni verticales en el depósito, así como inclinación.

Debido a la presencia geográfica, se estima que sobreyace a los depósitos lahári cos y a los basaltos. En la Zona Industrial de Ochomogo, se encuentra sobreyacido en contacto discordante por los depósitos lacustres. Se estima que su edad es Cuaternario, menor que la de los depósitos lahári cos.

Considerando características litológicas y distribución geográfica, los depósitos volcánicos caóticos se correlacionan con la Formación Sapper? (Krushensky, 1972; Sprechmann, 1984).

– Depósitos Lacustres

Unidad sedimentaria depositada en ambiente continental sub–acuático, con componentes silíceos de origen volcánico. La litología se define con criterios observacionales.

Los depósitos lacustres afloran en los terrenos planos de la Zona Industrial de Ochomogo.

Consisten de un conjunto de depósitos con coloraciones blancas y amarillentas en superficie sana. En superficie alterada, los depósitos presentan coloraciones pardas.

Se compone de sedimentos de textura granular y cohesiva, con granulometría que varía entre limo a arenisca fina; los granos se presentan bien sorteados. En la muestra de mano, se determina que los granos se encuentran tanto en contacto por grano como englobados en una matriz arcillosa blanca.

Se presenta en paquetes sin alternancias y con dimensiones que varían entre 0.1 y 0.5 m.

En los afloramientos no se observan estructuras sedimentarias, ciclos ni gradación.

La presencia de estructuras biogénicas es escasa y el contenido fosilífero se encuentra ausente.

Los depósitos lacustres se presentan como paquetes que conforman un cuerpo tabular, al que no es posible establecer alguna asociación con las rocas de los alrededores.

Según las observaciones de campo, el mecanismo de depositación es un flujo de granos en ambiente depositacional lacustre.

Según observaciones de campo, las areniscas silíceas presentan un espesor máximo observado de 20 m, obtenido de información litológica de pozos perforados en la Zona Industrial de Ochomogo.

En la Zona Industrial de Ochomogo, los depósitos lacustres se encuentran al pie de los basaltos y de los depósitos volcánicos caóticos. Sobreyace en contacto discordante a ambas litologías. Asimismo, se encuentra en contacto por falla con los depósitos coluvio–aluviales con influencia lahárica.
El contenido fosilífero se encuentra ausente y los depósitos aún no han sido correlacionados con las formaciones rocosas. Se estima que los depósitos lacustres tienen edad Cuaternario.

– Depósitos Coluvio–Aluviales sin Diferenciar

Unidad sedimentaria depositada en ambiente continental. La litología se define con criterios observacionales.

Los depósitos afloran en las comunidades de Fierro, Saucedo, Pilarica, Carpintera, Jirales, Lomas de San Pancracio, Tirrases, Pueblo Nuevo y Huetares, al sur del área del proyecto. El límite norte de los depósitos lo constituyen lo depósitos aluviales del Río Tiribí, el límite sur está dado por las rocas las formaciones Coris y La Cruz; el límite este lo constituye constituye el trazo inferido de la Falla Tablazo definida por Denyer & Arias (1991); Arias & Denyer (1991), que los pone en contacto con los basaltos y los depósitos volcánicos caóticos.

Consisten de un conjunto de rocas con varias coloraciones y compuestas por areniscas, andesitas y basaltos. En superficie alterada, las rocas presentan coloraciones pardas.

El depósito presenta textura granular, con granulometría que varía entre grava y bloques; los granos se presentan mal sorteados. En la muestra de mano, se determina que los granos se encuentran tanto en contacto por grano, como englobados en una matriz que varía entre arcilla y arena gruesa de composición generalmente silícea.

El depósito se presenta como un cuerpo tabular masivo, que no presenta estructuras sedimentarias, ciclos o gradación

La presencia de estructuras biogénicas es escasa y el contenido fosilífero se encuentra ausente.

Las areniscas silíceas se presentan como paquetes que conforman un cuerpo tabular, al que no es posible establecer alguna asociación con las rocas de los alrededores.

Según las observaciones de campo, el mecanismo de depositación es un flujo de detritos y flujo turbulento en ambiente depositacional continental.

Según observaciones de campo y posición geográfica, los depósitos presentan un espesor máximo de 40 m.

Debido a que en el campo no es posible determinar los contactos inferiores de los depósitos, se infiere que sobreyace en contacto discordante a las areniscas silíceas (Formación Coris) y a los basaltos (Formación La Cruz). Se estima que la edad de los depósitos coluvio–aluviales sin diferenciar es Cuaternario.

– Depósitos Coluvio–Aluviales con Influencia Lahárica

Unidad sedimentaria depositada en ambiente continental, con influencia volcánica debido a la ocurrencia de lahares.

Estos depósitos afloran en Quircot, Lima, Caracol y Molino, hacia el este del área del proyecto. Los depósitos se encuentran al pie de los depósitos volcánicos caóticos (hacia el norte) y los basaltos (hacia el oeste); hacia el noroeste, los depósitos se encuentran en contacto por falla con los depósitos lacustres y hacia el extremo este del área del proyecto, se encuentran intercalados por los depósitos lahári cos de Taras.

Consisten de un conjunto de rocas con varias coloraciones y compuestas por andesitas y basaltos. En superficie alterada, las rocas presentan coloraciones pardas.

El depósito presenta textura granular, con granulometría que varía entre grava y bloques; los granos se presentan mal sorteados. En la muestra de mano, se determina que los granos se encuentran tanto en contacto por grano, como englobados en una matriz que varía entre arena fina y arena gruesa.

El depósito se presenta como un cuerpo compuesto por al meno 8 lóbulos cuyos vértices apuntan hacia el norte; los depósitos no presentan estructuras sedimentarias, ciclos o gradación. La presencia de estructuras biogénicas es escasa y el contenido fosilífero se encuentra ausente.

Según las observaciones de campo, el mecanismo de depositación es un flujo de detritos y flujo turbulento en ambiente depositacional continental.

Según observaciones de campo, posición geográfica y la información de pozos perforados en el área, los depósitos presentan un espesor aproximado de 40 m.

Según la información de pozos perforados hacia las cercanías de los Cerros de la Carpintera, los depósitos sobreyacen en contacto discordante a basaltos provenientes del Volcán Irazú (no mencionado en el texto). La edad de los depósitos coluvio–aluviales con influencia lahárica es Cuaternario.

– Depósitos Laháricos de Taras

Unidad volcánica continental de formación endógena con componentes silíceos de origen volcánico. Afloran a lo largo del Río Reventado, Diques, Taras, Nazareth, Arenilla.

Litológicamente, es una brecha con textura piroclástica que se compone de fragmentos pre–existentes de forma angular, sanos, de composición andesítica y basáltica, con tamaño entre 0.1 m y 4 m. La unidad no presenta materia orgánica, así como material alóctono y framentos líticos hidrotermalizados.

Los componentes se encuentran mal seleccionados y englobados por una matriz cenicienta compacta que en superficie sana tiene color gris y en superficie alterada se presenta parda. No se observa la presencia de vesículas ni fracturas.

El espesor máximo de los depósitos laháricos observado en cortes es de aproximadamente 40 m.

El depósito se presenta como un cuerpo masivo sin estratificación ni gradación, además de que no existen estructuras de impacto. Asimismo, no se observan estructuras tales como fallamiento sindepositacional, grietas de desecación o plegamiento sin/post depositacional.

El proceso primario del depósito está caracterizado por un flujo lahárico (*sensu latu*) en ambiente sub–aérico debido a un mecanismo de fragmentación húmedo. En el campo no se observa la ocurrencia de procesos secundarios, tales como diagénesis, paleosuelos, contactos quemados o alteración hidrotermal. El depósito genera un incipiente suelo limoso cargado de rocas.

Sobreyace en contacto discordante a los depósitos coluvio–aluviales con influencia lahárica. Se encuentra sobreyacido discordantemente por depósitos aluviales del Río Reventado.

La edad de los depósitos laháricos de Taras es Cuaternario.

– Depósitos Aluviales

Unidad sedimentaria conglomerática inconsolidada, depositada en ambiente continental. La litología se define con criterios observacionales.

Los depósitos afloran en los cauces de los ríos principales y quebradas que drenan el área del proyecto, a saber Río Tiribí, Río Reventado, Río María Aguilar.

Consisten de un conjunto de rocas con varias coloraciones y compuestas por areniscas, andesitas y basaltos. En superficie alterada, las rocas presentan coloraciones pardas.

El depósito presenta textura granular, con granulometría que varía entre grava y bloques; los granos se presentan mal sorteados. En la muestra de mano, se determina que en algunas secciónes de los ríos, los granos se encuentran tanto en contacto por grano, como englobados en una matriz que varía entre arcilla y arena gruesa.

Los depósitos se presentan como cuerpos lenticulares, que presentan estructuras sedimentarias tales como ripples. La presencia de estructuras biogénicas es escasa y el contenido fosilífero se encuentra ausente.

Según las observaciones de campo, el mecanismo de depositación es un flujo de detritos y flujo turbulento en ambiente depositacional continental sub–acuático.

Según observaciones de campo y posición geográfica, los depósitos presentan un espesor máximo de 10 m. La edad de los depósitos aluviales es Cuaternario.

c. Estructuras

El análisis estructural se realizó considerando el modelo de Dirección de Esfuerzos Máximos Compresivos Horizontales (MHCSD), propuesto por Montero (1994), así como los resultados de Denyer & Arias (1991) y Arias & Denyer (1991). Asimismo, se realizó una interpretación de

fotografía aérea a escala 1:50000 y 1:10000 para observar estructuras llamativas tales como alineamientos y cambios bruscos en el curso de los cuerpos de agua superficial. Posteriormente, se realizó una visita al campo para observar la existencia de criterios para determinar los patrones estructurales que afectan el Corredor Vial San José–Zapote–Cartago.

Plegamiento

Si bien en el Corredor Vial San José–Zapote–Cartago predominan rocas volcánicas jóvenes, existen rocas de la Formación Coris (Mioceno Medio a Superior) que fueron basculadas producto del arribo de la Dorsal Asísmica de Cocos a la Fosa Mesoamericana hace aproximadamente 1 m.a.

Se determina que las rocas de la Formación Coris presentan un basculamiento con dirección preferencial al norte, con ángulos de buzamiento entre 25° y 45°. Se establece una relación existente entre los resultados de Arias & Denyer (1991); Denyer & Arias (1991); Montero (1994); Rojas & Sibaja (1997) con los basculamientos observados.

Fallamiento

Con los resultados del análisis de fotografías aéreas y comprobación de campo, se trazan fallas que afectan tanto las rocas del Mioceno como a las más jóvenes del Cuaternario. Se determina la existencia de conjuntos de fallas que forman pares conjugados que responden a esfuerzos tectónicos verticales con dirección norte–sur (Arias & Denyer, 1991; Denyer & Arias, 1991; Montero, 1994; Rojas & Sibaja, 1997).

Destacan las fallas que se encuentran hacia el este del Alto de Ochomogo, las cuales tienen evidencias de campo (alteración hidrotermal). Se determina el siguiente comportamiento de las fallas cartografiadas:

- Fallas con rumbo preferencial noreste–suroeste y noroeste–sureste, son fallas de desplazamiento de rumbo con componente vertical, ya sea normal (fallas transtensivas) o inverso (fallas transcompresivas).

- Fallas con rumbo preferencial norte–sur, son fallas inversas debido a esfuerzos compresivos.

- Fallas con rumbo preferencial este–oeste, son fallas normales debido a esfuerzos tensivos.

Del análisis estructural, se deriva que los pares conjugados y el basculamiento de las rocas sedimentarias son respuesta a la presencia de esfuerzos tectónicos horizontales compresivos con dirección preferencial hacia el norte, concordando de esta manera con Arias & Denyer (1991); Denyer & Arias (1991); Montero (1994) y más recientemente Rojas & Sibaja (1997).

3.3.4.2. Geomorfología

Desde el punto de vista geomorfológico, en el Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, se pueden distinguir tres diferentes formas del relieve, las cuales se describen seguidamente.

a. Relleno Volcánico

Esta unidad geomorfológica caracteriza el sector comprendido entre el inicio del corredor en estudio en el sector de Plaza González Víquez en la ciudad de San José y el sector de la ciudad de Tres Ríos, siendo parte de la gran unidad denominada Relleno Volcánico del Valle Central.

Se trata de una unidad de origen volcánico, ya que es producto de la acumulación de materiales eyectados por los volcanes de la Cordillera Central, principalmente el volcán Irazú. Esta unidad está formada en superficie por rocas volcánicas, principalmente lavas, tobas e ignimbritas cubiertas por ceniza en un espesor variable.

A lo largo del proyecto el relieve pareciera ser plano y por lo tanto con pendientes suaves. Sin embargo, el estudio detallado del relieve muestra que se trata de terrenos plano ondulados debido a la presencia de varias depresiones fluviales poco profundas y lomas de baja altura.. El terreno como unidad muestra una ligera inclinación en sentido oeste–este, o sea que la altitud se incrementa uniformemente conforme se avanza hacia el sector de Tres Ríos.

Esta unidad se presenta como la de mayor desarrollo urbano, donde una de las consecuencias de ese desarrollo es la modificación de la forma del terreno. La construcción de infraestructura vial y edificaciones en general, muchas veces a manera de medianos y grandes desarrollos residenciales, implica en algunos casos importantes nivelaciones del terreno (cortes y rellenos).

Finalmente se señala que debido a la topografía plana dominante, se trata de terrenos bastante estables sin mayores riesgos de movimientos en masa, y a la vez sin mayores amenazas de inundaciones.

b. Terreno Montañoso Bajo

Entre la ciudad de Tres Ríos y la entrada al poblado de Taras, el terreno en estudio se caracteriza por ser un relieve de tipo montañoso bajo. No obstante, en la parte más alta la autopista Florencio del Castillo está trazada sobre terrenos subhorizontales. Ese relieve corresponde a una pequeña depresión que representa la zona de transición entre dos sectores montañosos de diferente génesis.

Al lado norte de la autopista, los terrenos son de origen volcánico asociados al volcán Irazú, mientras que al sur el relieve forma parte de los cerros de La Carpintera, una unidad de origen tectónico y erosivo, asociado a la Cordillera de Talamanca.

Como se indicó, el sector norte son terrenos asociados al volcán Irazú, específicamente a las estribaciones suroeste de dicho macizo volcánico, formados en gran parte por depósitos lahári cos. En la parte sur, los cerros de La carpintera se caracterizan por ser terrenos más antiguos de origen sedimentario.

En ambos casos, son terrenos de pendientes medias y fuertes, lo que unido a suelos con un importante contenido de arcillas y las Condiciones climáticas imperantes, favorecen la inestabilidad de las formaciones superficiales. En muchos sitios de esas laderas se observan pequeños

deslizamientos, derrumbes y otras manifestaciones erosivas menores. Los cortes del terreno de la actual autopista evidencian la problemática, por lo que en la parte oeste fue necesario la construcción de gaviones para la estabilización del talud.

Es importante destacar que en la parte alta de ese sector de Ochomogo, en la franja de terreno plano antes señalada, existen áreas muy planas semicerradas, geomorfológicamente denominadas como áreas de depositación fluvio lacustre. Superficialmente esta subunidad está formada por una mezcla de materiales de diferente origen, como se señaló anteriormente, provenientes de las laderas aledañas.

c. Abanico Aluvial del Río Reventado

El último tramo del corredor en estudio comprendido entre Taras y el final de la autopista en la ciudad de Cartago, se caracteriza por ser parte de una formación de origen aluvial, específicamente el abanico aluvial del Río Reventado.

Por lo tanto, se trata de terrenos de origen aluvial, específicamente formada por los materiales aportados de manera sucesiva por el Río Reventado desde épocas remotas. Al respecto, las últimas avenidas importantes de ese río datan de 1949, 1963 y 1964.

En su superficie abundan los fragmentos subangulares de lava andesítica, producto de las corrientes de lodo y lahares. Todo esto dentro de una matriz muy piroclástica.

La pendiente de los terrenos en estudio es muy suave, generalmente inferior a 5%, con algunas irregularidades menores producto de la erosión fluvial. En esas Condiciones, son terrenos sin amenazas por movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes), pero con un alto riesgo de eventos hidrometeorológicos como en el pasado, principalmente flujos de lodo.

3.3.4.3. Caracterización de Suelos

a. Inceptisoles

– Typic Dystrandept

El tramo San José–Tres Ríos presenta suelos del orden de los Inceptisoles, los cuales pueden definirse como Typic Dystrandept. Por lo tanto, se trata de suelos de moderado desarrollo y derivados de materiales volcánicos.

Son suelos que se han desarrollado sobre relieve plano a ligeramente ondulado, presentan generalmente bastante profundidad, observándose en algunos cortes de caminos profundidades mayores a los 2 metros. Predominan las texturas de moderadamente gruesas a moderadamente finas y finas, debido a un importante contenido de limos y cenizas. En cuanto al color, son suelos generalmente negros a pardo grisáceo oscuros y pardo oscuro en el subsuelo. Por otra parte, son suelos con drenaje generalmente bueno, siendo además permeables y de relativa buena fertilidad.

Estos suelos permanecen secos alrededor de 90 días consecutivos al año, generalmente no presentan mayores problemas de pedregosidad y son de fácil laboreo. Por ser suelos planos no presentan problemas de erosión en masa, aunque sí presentan riesgo de erosión laminar en los sectores de pendiente ligeramente más fuerte.

Hasta hace pocas décadas, esos suelos fueron de gran importancia agrícola, donde las Condiciones climáticas y topográficas complementarias, favorecieron el desarrollo de la actividad cafetalera, principalmente. Hoy día, los cafetales y otras actividades agropecuarias menores han cedido ante la expansión urbana (residencial, comercio, industria), por lo que grandes extensiones de suelo se encuentran recubiertos por cemento y asfalto, y en el mejor de los casos, por áreas verdes asociadas a ese desarrollo urbano.

Por su parte, en el sector montañoso de Ochomogo (Tres Ríos–Taras), se distinguen tres diferentes tipos de suelos, como se presenta de inmediato.

– Typic Dystrandept

El sector montañoso al norte de la autopista Florencio del Castillo se caracteriza por presentar suelos del orden de los Inceptisoles, y al igual que en el caso anterior, Typic Dystrandept. En consecuencia, son suelos de moderado desarrollo y derivados de materiales volcánicos, en este caso del volcán Irazú. A diferencia de los suelos del caso anterior, estos son suelos desarrollados sobre un relieve montañoso.

Son suelos bastante profundos como lo evidencian los cortes de caminos, con texturas moderadamente finas con un importante contenido de arcillas y con presencia de bloques de diferentes tamaños en algunos sectores. El color de estos suelos es variable, desde negro y pardo oscuro hasta colores amarillentos y rojizos.

Son suelos con drenaje de bueno a algo excesivo, muy permeables, con fertilidad de moderada a buena, susceptibles a la erosión laminar y en masa. Actualmente son suelos de uso básicamente agropecuario.

– Typic Dystropept

Este tipo de suelo Inceptisol caracteriza los terrenos montañosos al sur de la autopista Florencio del Castillo. Se trata de suelos de poco desarrollo pero bastante profundos, de texturas generalmente arcillo–limosas con presencia de bloques generalmente finos y medios. Predominan los colores claros (rojizos y amarillentos), aunque no dejan de ser importantes los suelos de color oscuro y pardo.

Son suelos con drenaje de muy bueno a excesivo, actualmente de uso principalmente ganadero. Debido a la pendiente del terreno, son suelos con problemas de erosión en muchos sectores, siendo frecuente observar pequeños deslizamientos y derrumbes, así como erosión laminar y concentrada.

– Typic Tropaquept

La parte plana a orillas de la autopista Florencio del castillo en el sector de Ochomogo, presenta suelos siempre Inceptisoles, específicamente Typic Tropaquept. Son suelos siempre de poco a moderado desarrollo, aunque bastante profundos. Tiene texturas generalmente medias y finas, con bloques de diferente tamaño, y colores por lo general oscuro y pardo.

Por la topografía en que se ubican, son suelos con problemas de drenaje en muchos sectores, aunque no inundación fluvial, ya que no existen corrientes de agua importantes. Esa misma característica hace que sean suelos sin problemas de erosión. Finalmente se puede señalar que son suelos de uso restringido, sobre todo desde el punto de vista productivo, actualmente con cobertura principalmente de pastos.

– Fluventic Dystropept

Finalmente, en el sector Taras–Cartago los suelos son igualmente Inceptisoles, pero en este caso Fluventic Dystropept.

Como tal, son suelos de moderado desarrollo, formados a partir de depósitos aluviales, en este caso del río Reventado. Presentan un relieve plano con pendientes muy suaves, tienen de poca a moderada profundidad, y las texturas son generalmente de medias a pesadas, con presencia de bloques de diferentes tamaños. Suele encontrarse de manera intercalada capas de material fino y material grueso. Son de color pardo y oscuro en la superficie y con la profundidad tienden a cambiar a colores más claros (pardo amarillento oscuro a pardo amarillento con moteos pardo grisáceo a grisáceo y pardo fuerte en el subsuelo).

La permeabilidad es moderada y la fertilidad es de baja a moderada. Son suelos de drenaje moderadamente bueno, ya que en algunos sectores se presentan problemas al respecto. Al encontrase

en un abanico aluvial, son suelos con riesgo de inundación, sobre todo corrientes de lodo, dadas las características hidrodinámicas de la zona.

3.3.4.4 Clima

El trazo preliminar del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago se encuentra tanto en el Valle Central Occidental (San José–Alto de Ochomogo) como en el Valle Central Oriental (Alto de Ochomogo–Cartago). Por lo tanto, presenta características climáticas del régimen Pacífico y del régimen Atlántico, respectivamente.

En este apartado se hace mención a los principales parámetros climáticos y sus características. La caracterización del clima corresponde a una extrapolación de los datos de la estación San José, la que permite extrapolar, además de la precipitación, otros datos como temperatura, vientos, brillo solar y humedad relativa, así como datos de precipitación de la estación Cartago.

a. Precipitación

La precipitación presenta una importante variación. El sector comprendido entre San José y Tres Ríos presenta una precipitación promedio aproximada de 1900 mm anuales, por lo que el clima califica como húmedo. Entre Tres Ríos y Taras, equivalente al sector montañoso, el clima es igualmente húmedo, pero con un promedio de precipitación ligeramente mayor, alrededor de 2200 mm al año. En el último tramo del corredor, o sea lo que es propiamente la ciudad de Cartago, la precipitación disminuye considerablemente, aproximadamente 1400 mm, siendo un clima sub-húmedo seco.

En todos los casos, la precipitación es aportada básicamente por los vientos Oestes Ecuatoriales, o sea vientos provenientes del Océano Pacífico. El total de precipitación se distribuye de manera desigual durante el año, ya que una de las características climáticas del Valle Central es la existencia de dos épocas bastante bien definidas, sobre todo en la parte oeste.

La época lluviosa, en todos los casos, se inicia en mayo y la cantidad de lluvia aumenta ligeramente en el mes de junio. Generalmente en el mes de julio se da un descenso importante de las lluvias, cuando suelen presentarse varios días consecutivos sin lluvia. En agosto la lluvia se incrementa nuevamente y llega a ser máxima en setiembre y octubre, cuando los promedios de lluvia superan 300 mm en la parte oeste (San José–Ochomogo) y 200 mm en el sector este (Ochomogo–Cartago). Un cambio significativo se presenta en el mes de noviembre cuando la precipitación disminuye considerablemente, marcando el fin de la época de lluvias (mes de transición).

Además, en cuanto a lo que es propiamente el comportamiento de la lluvia, durante este período suelen presentarse muchas horas de lluvia consecutivas y hasta varios días, sobre todo en los meses de setiembre y de octubre. Asimismo, son comunes las lluvias a partir de la media tarde y primeras horas de la noche, siendo frecuentes las lluvias de gran intensidad.

Por su parte, la época seca abarca de diciembre a abril, período en que se presenta la incursión de los vientos Alisios del noreste, los cuales desplazan los vientos Oestes Ecuatoriales e impiden la

convección en la zona. Sin embargo, durante esos meses se presentan lluvias de cierta intensidad, sobre todo en el sector montañoso de Ochomogo y en Cartago, donde en los meses de diciembre y enero se presentan lluvias frecuentes, aunque de baja intensidad, influencia directa de los vientos Alisios provenientes del Caribe.

b. Temperatura

En cuanto al elemento temperatura, se tiene que las diferencias de altitud a lo largo del trayecto, permiten hacer referencia a variaciones en el régimen térmico. Entre San José y Tres Ríos, el régimen térmico califica como caliente, donde la temperatura media se estima alrededor de los 21°C. El sector montañoso de Ochomogo es la parte más fría del corredor en estudio con un clima templado, donde la temperatura media se estima alrededor de los 18 °C. Ya en el sector de Taras y Cartago, la temperatura media asciende nuevamente alrededor de 20 °C, para un régimen térmico caliente.

Un análisis más detallado de los registros de temperatura para la zona permiten hacer una estimación de este elemento. Al respecto se considera que las temperaturas máximas presentan un promedio aproximado de 25 °C, esto en el sector San José–Tres Ríos. Los meses más calientes coinciden con la época seca, alcanzando valores máximos en marzo y abril cuando la temperatura promedio es de casi 27 °C.

En cuanto a las temperaturas mínimas se tiene que el promedio mensual es de aproximadamente 14 °C, esto en el área de Ochomogo, siendo importante señalar que los promedios mensuales no presentan diferencias significativas. No obstante, la temperatura disminuye un poco más en los meses de diciembre y enero, consecuencia de una mayor presencia de los vientos Alisios. Es importante agregar que los anteriores son valores obtenidos en campo abierto, por lo que bajo techo o sombra la temperaturas, sobre todo las máximas, suelen disminuir entre 2 y 3 °C (factor microclimático).

La escasa o ninguna nubosidad durante la época seca explica el comportamiento de la temperatura. Durante el día la ausencia de nubes permite una mayor insolación elevando la temperatura sobre todo en horas del mediodía, mientras que por la noche facilita el enfriamiento de la tierra provocando temperaturas bajas, principalmente en horas de la madrugada.

c. Vientos

En el Valle Central, un sistema de vientos importantes son los Alisios del noreste. Son vientos que traspasan el sistema montañoso al norte, específicamente por el sector del paso de La Palma y el sector del Volcán Irazú y se desplazan hasta los terrenos planos del Valle Central, donde se manifiestan dominantes y con mayor velocidad durante los meses de la época seca (diciembre–abril), alcanzando velocidades de hasta 30 km/hora. Además, son vientos con dirección predominante del este y frescos que provocan una disminución significativa de la temperatura.

Otro sistema de vientos con influencia son los Oestes Ecuatoriales que ingresan por el Pacífico. Estos vientos tienen dirección predominante del suroeste, son calientes, húmedos y menos fuertes

que los Alisios, dominantes en el período mayo–noviembre, siendo los mayores responsables de la época lluviosa.

Finalmente, los vientos Sinópticos del Oeste que se presentan ocasionalmente en el área durante la estación lluviosa, provocando generalmente mal tiempo.

d. Brillo Solar

Aunque en general el Valle Central se caracteriza por presenta valores altos en cuanto a horas de sol al día, existen ligeras diferencias al respecto a lo largo del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago.

De acuerdo con los registros de la estación San José, se considera que el promedio anual en el tramo San José–Tres Ríos es de aproximadamente 5.5 horas de brillo solar al día. Por su parte la distribución mensual de este parámetro establece que los meses con mayor brillo solar coinciden con la época seca, cuando la condición nubosa es disminuye considerablemente. Los meses con más brillo solar son febrero y marzo con valores superiores a las 7 horas al día.

Durante la época lluviosa la existencia de una mayor cantidad de nubosidad, principalmente durante las tardes, reduce el brillo solar a promedios alrededor de las 4 horas al día, valores que pueden considerarse siempre buenos a nivel nacional. Para el sector Ochomogo–Cartago, los promedios correspondientes son un poco inferiores a los anteriores, considerando que la nubosidad es bastante más frecuente.

e. Humedad Atmosférica

La humedad atmosférica, y específicamente la humedad relativa (HR), es otro de los elementos climáticos importante de definir. Al respecto, se tiene que la humedad relativa promedio mensual es alrededor de 80% en el sector oeste y cercano a 85% en el sector montañoso de Ochomogo y la ciudad de Cartago. Sin embargo, por tener una estrecha relación con la precipitación, la humedad relativa varía según la época, alcanzando más de 90% durante la época lluviosa y sin descender de 70% en la época seca. Los meses con mayor humedad relativa son setiembre y octubre y los meses de menor humedad relativa son febrero y marzo.

3.3.4.5 Amenazas Naturales

a. Amenaza Sísmica

– Fuentes de Sismicidad

Los sismos con potencial de afectar el Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, son originados en diferentes fuentes sísmicas y Condiciones neotectónicas en Costa Rica.

La primer fuente de sismicidad la constituye el proceso de subducción de la Placa Cocos por debajo de la Placa Caribe y la Microplaca de Panamá.

La segunda fuente de sismicidad la constituye fallamiento cortical que ocurre en la Placa Caribe y la Microplaca Panamá.

Los temblores de la primer fuente de sismicidad, relacionados con la subducción de la Placa Cocos bajo la Placa Caribe y la Microplaca de Panamá. La profundidad de estos eventos varía desde unos 10 km bajo el piso oceánico del Pacífico de Costa Rica hasta 150 km bajo la zona central del país. Los sismos que ocurren a lo largo del plano entre las placas son sismos interplaca y aquellos que ocurren dentro de la Placa Cocos por la subducción y que tienen profundidades intermedias entre los 40 y 200 km, se clasifican como sismos intraplaca (Rojas & Montero, 2000). Se incluyen las siguientes zonas sísmicas (Rojas & Montero, 2000):

Sismos de Fuente Interplaca

Zona Sísmica de Nicoya (área 1): Es una fuente sísmica interplaca. Fue definida originalmente por Morales (1985); se ubica en el margen convergente de Costa Rica, frente a la costa Pacífica y se extiende desde Cabo Velas hasta Cabo Blanco. Tiene capacidad de generar grandes eventos, con magnitud hasta 7,7, tal como fue el terremoto del 5 de Octubre de 1950. Según Protti et al. (1995) esta zona sísmica está restringida entre 10 y 40 km de profundidad. Para eventos de magnitud entre 7,0 a 7,7 en esta zona sísmica, Montero (1986), estableció un período de recurrencia entre 20 y 30 años.

Zona Sísmica del Golfo de Nicoya (área 2): Es una fuente sismogénica que comprende la entrada del Golfo de Nicoya y la zona de Herradura hasta la desembocadura del Río Grande de Tárcoles. De acuerdo con Protti et al. (1995), el borde oeste de esta zona sísmica está relacionado con una contorsión del plano de subducción de la Placa Cocos, en la que el ángulo subducción hacia el este de dicho límite se hace más suave, adquiriendo menor inclinación. Protti et al. (1995) la llamó la Contorsión Abrupta de Quesada y puede ser asociada con el límite oeste de las serranías oceánicas que se está subduciendo bajo el Pacífico Central de Costa Rica.

Zona sísmica de Quepos–Sierpe (área 3): Esta fuente sísmica se extiende desde Punta Judas hasta la desembocadura del Río Sierpe, abarcando la costa pacífica central de Costa Rica. No se ha establecido aún la recurrencia sísmica en esta zona; un evento muy importante sucedió en el año 1952 y tuvo una de magnitud de 7,0 y el último evento grande ocurrido allí fue el del 2 de agosto de 1999, con una magnitud de 6.5.

Zona sísmica Osa–Golfito (área 4): Se extiende de noroeste a sureste, desde la desembocadura del Río Térraba hasta Punta Burica. Al sur limita con la Fosa Mesoamericana y al norte con la falda sur de la cordillera de Talamanca. Los principales eventos han sido relacionados con el proceso de subducción.

Con relación a la recurrencia de los temblores originados en la zona de sunducción, se ha observado que los mismos ocurren en ciclos sísmicos alrededor de cada 40 años.

Sismos de Fuente Intraplaca

Los temblores intraplaca se originan al interior de la Placa Cocos cuando esta se sumerge dentro de la región del manto denominada astenósfera. Tienen profundidades mayores a 50 km. Con relación a las magnitudes máximas observadas en el siglo pasado, los principales eventos de este tipo, registrados en el catálogo de Rojas (1993), que de alguna manera han afectado la zona de estudio, son el ocurrido en abril de 1916 con epicentro en el sector noroeste del Valle Central (Boschini, in prep.), el del 19 de noviembre de 1948, que tuvo una profundidad de 70 km y una magnitud 7,0 y que fue localizado bajo el sector oriental de la cordillera volcánica Central. El más reciente que generó algunos efectos menores en la región y que ha sido relacionado con esta fuente sísmica intraplaca fue el del 7 de marzo de 1992 (6,2 M) que se localizó bajo la población de Naranjo a una profundidad de 85 km (RSN, 1992). Los sismos de gran magnitud de esta fuente sísmica no muestran una ciclicidad como la observada en el caso de los temblores interplaca.

Por la profundidad que tienen los eventos procedentes de esta fuente sísmica, el grado de amenaza sísmica sobre la zona de estudio es de mediana a menor, difícilmente superando el grado de intensidad VII en la Escala Mercalli Modificada.

Sismos de Fuente Cortical

Zona Sísmica del Fallamiento Candelaria (área 8): Esta área sísmica es donde se encuentra el sistema de falla Candelaria. La traza de la principal falla de este sistema se ubica en los diversos mapas geológicos de Costa Rica; tiene un trazo rectilíneo y se extiende por más de 33 km desde su extremo noroeste, ubicado al oeste de Puriscal hasta la confluencia de los ríos Candelaria y Pirrís. Por su extensión y características geométricas se considera que es un fallamiento capaz de generar eventos de magnitud cercana a 7,0 M.

Zona Sísmica del Macizo Irazú–Turrialba (área 5): Esta es una zona sísmica que comprende el sector este de la Cordillera Volcánica Central y agrupa varias fallas geológicas con características geométricas similares, con longitudes cercanas a 20 km. En su mayoría son fallas de desplazamiento horizontal, aunque existen algunas inversas y otras de tipo normal. Entre las fallas de este sistema están la Lara, Río Sucio, Patria, Hondura, Elia y Guápiles, que es inversa.

Zona Sísmica Tablazo–Orosi (área 10): Se localiza al sureste del Valle Central. y comprende las fallas Aguacaliente, Orosi y Navarro. Con respecto al presente proyecto, esta fuente podría generar sismos máximos de magnitud 6.5 M. Esta zona sísmica presenta una posible recurrencia de eventos máximos de aproximadamente cada 85 años (Rojas et al., 1998).

Zona Sísmica Tucurrique–Atirro (área 11): Esta zona sísmica se extiende desde Cachí hasta La Suiza de Turrialba. No se conoce actividad histórica con grandes sismos destructivos que se asocien con este sistema. Sin embargo, la tectónica y la sismicidad sugieren que es una fuente activa, como lo evidenció el fuerte temblor de Pejibaye de Turrialba ocurrido el 10 de julio de 1993, con una magnitud 5,3 M. Dicho sismo generó algunos daños en la zona epicentral. La falla más importante de este sistema es la de Atirro. Sin embargo, aunque el área de estudio se encuentra a una distancia mayor a 60 km, la misma podría generar eventos de magnitud 6.5 M o superiores.

Zona Sísmica Cerro de La Muerte–Pérez Zeledón (área 12): Comprende la zona del cerro de la Muerte y el norte de Pérez Zeledón; está constituida por grupos de fallas con longitudes inferiores a 15 km, en su mayoría transversales al eje de la cordillera de Talamanca Tienen un rumbo variable de noroeste a noroeste y no se ha determinado con exactitud qué tipo de fallas son, pero aparentemente hay rupturas transcurrentes y normales que obedecen a esfuerzos compresivos en el caso de las primeras, y a esfuerzos tensionales para el caso de las normales. Su período de recurrencia sísmica es indefinido pero podrían esperarse sismos de magnitudes máximas del orden de 6,5 M. El terremoto de 3 de julio de 1983 en Pérez Zeledón fue originado en la falla Buenavista, que forma parte de este sistema (Boschini et al., 1988).

– Índices Sísmicos de las Zonas Sismogénicas

La estimación de la aceleración sísmica que se puede esperar, se ha inferido con base en las características sismotectónicas y en estimaciones de amenaza sísmica efectuados en sitios próximos o en zonas con características geológicas similares al mismo (Rojas & Montero, 2000). Esto incluye los trabajos de Laporte et al. (1994); Rojas et al. (1994); Rojas et al. (1998) y Rojas & Montero (2000). En la determinación de los índices sísmicos de las fuentes sísmicas, se consideran las características sismológicas y tectónicas de las fuentes sísmicas y fallas, como son la longitud de ruptura, el área mesosísmica, la sismicidad histórica y reciente y aspectos geométricos de las fallas (cuadro 3.28).

Cuadro 3.28
Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Concesión de Obra con Servicio Público del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago
Parámetros de las Fuentes Sísmicas. Modificado de Rojas & Montero (2000)

N° Zona Sísmica	Nombre de Zona Sísmica	Valor a	Valor b	Valor N (4.5 Mw)	Magnitud Máxima (M)	Profundidad (km)
1	Sub. Península Nicoya	4.4	0.88	2.7542	7.7	0–40
2	Sub. Golfo de Nicoya	3.48	0.74	1.4125	7.1	0–40
3	Sub. Quepos–Sierpe	4.57	0.93	2.4266	7.0	0–40
4	Sub. Osa–Golfito	3.60	0.71	2.5409	7.4	0–35
14	Intraplaca del Norte	4.01	0.85	1.5310	7.2	40–200
15	Intraplaca Central	4.11	0.88	1.4125	7.2	40–125
8	Candelaria	3.08	0.85	0.1798	7.0	2–15
11	Tucurrique–Atirro	2.08	0.63	0.1758	6.5	2–15
12	Pérez Zeledón	3.84	0.83	1.2735	6.2	4–15

El valor a es de la relación de recurrencia de Gutenberg y Richter (normalizado a un año).
El valor b es de la misma relación (número anual de temblores de magnitud mínima 4.4 M).
M máxima es el valor medio probable de máxima magnitud que podría generar la fuente.

Duración Máxima de Sacudida Sísmica

Considerando un sismo de magnitud 7.0 M, cuyo hipocentro se localice a 20 km de distancia del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, el medio tendría una sacudida máxima que varía entre 12 y 28 s, según el modelo de Esteva & Rosenblueth (1964).

Relación de Atenuación (PGA)

Se emplean la relación obtenida por Climent et al. (1994), así como los resultados de Camacho et al. (1994); Laporte et al. (1994); Ramírez et al. (1996/1997). Se muestran los valores de aceleraciones esperadas (PGA) a nivel de suelo duro para un período de retorno de 100 años (Cuadro 3.29).

Cuadro 3.29
Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Concesión de Obra con Servicio Público del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago
Aceleraciones Mayores de 0.05g

Referencia	Aceleración (m/s^2)
Climent et al. (1994)	2.32
Camacho et al. (1994)	2.54
Laporte et al. (1994)	2.60
Ramírez et al. (1996/1997) [1]	2.55

[1] *Cartago Centro.*

Taylor (1994) utiliza la siguiente relación para determinar la aceleración para suelos blandos, firmes y rocosos en la ciudad de Cartago:

$$ln\ (PGA) = -3.23423 - 0.99789M - 0.5359lnR - 0.00207R - (R/90)\ [m/s^2]$$

Ramírez et al. (1996/1997), determinaron que los terrenos atravésados por el Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, tienen variaciones de aceleración entre 0.30g hacia San José y mayores de 0.60g en Cartago; además presentan los siguientes resultados para las estaciones acelerográficas Instituto Nacional de Seguros, (INS), Hatillo (HTO), Cartago (CTG) y Cachí (CCH) de espectros de respuesta para un amortiguamiento de 5% de las componentes principales del Terremoto de Piedras Negras (22 de diciembre, 1991):

Cuadro 3.30
Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Concesión de Obra con Servicio Público del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago
Aceleraciones, Velocidades y Desplazamiento Máximos del Terremoto de Piedras Negras Tomado de Ramírez et al. (1996/1997)

Estación	Componente								
	Longitudinal			Vertical			Transversal		
	Acel. (cm/s^2)	Vel. (cm/s)	Desp. (cm)	Acel. (cm/s^2)	Vel. (cm/s)	Desp. (cm)	Acel. (cm/s^2)	Vel. (cm/s)	Desp. (cm)
INS	122.36	8.62	2.01	52.28	3.71	0.96	161.56	9.08	1.47
HTO	173.67	9.87	1.71	79.73	3.94	1.04	218.23	7.27	1.40
CTG	235.81	12.36	0.85	105.74	2.94	0.38	284.43	10.97	1.51
CCH	39.47	1.93	0.31	20.50	0.85	0.46	29.08	1.80	2.54

Además, Ramírez et al. (1996/1997), determinan los períodos del suelo en diferentes sitios cercanos o atravésados por el Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, utilizando el modelo unidimensional de ondas cortantes SHAKE (Schnabel et al., 1972), obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 3.31
Estudio de Impacto Ambiental
Proyecto Concesión de Obra con Servicio Público del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago
Períodos Naturales del Suelo. Tomado de Ramírez et al. (1996/1997)

Sitio	Espesor de arcilla (m)	Aceleración máxima (g)	Período fundamental de oscilación (s)	Amplificación máxima	Período predominante del sismo	Sismo utilizado
UCR (Facultad de Derecho)	5.0	0.07–0.25	0.24–0.45	11.45–5.07	0.35	Kern County Taft 21/07/52
Parque Morazán	15.6	0.07–0.25	0.50–0.83	9.66–5.10	0.35	Kern County Taft 21/07/52
TEC	3.5	0.10–0.25	0.17–0.25	11.39–6.59	0.25	Imperial Valley 18/05/40
Cartago	20.0	0.25	0.81	4.53	0.25	Imperial Valley 18/05/40

b. Riesgo Volcánico

– Volcán Irazú

La totalidad del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago se encuentra en la ladera suroeste y sur del Volcán Irazú. El Volcán Irazú es un volcán con forma de escudo (shield volcano), formado principalmente por la acumulación de lavas generalmente basálticas con intercalaciones de flujos laháricos y la depósitos de debris avalanches junto con ceniza.

El Volcán Irazú tiene potencial para producir erupciones estrombolianas y se estima que vulcanianas. Se ha mantenido en actividad desde que inició su última erupción de importancia en 1963–1968.

– Peligros Volcánicos

Caída de Piroclastos

Los piroclastos son partículas que expulsan los volcanes y que vuelan hasta depositarse en el suelo en forma seleccionada. En este sentido, los fragmentos gruesos se depositarán cerca de la fuente de emisión y los fragmentos finos lo harán en sitios distantes. El vuelo de los piroclastos puede ser afectado por la intensidad y dirección de los vientos que soplan en las áreas de emisión.

El trazo del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, se encuentra afectado por los vientos Alisios del noreste (con dirección predominante este), los vientos Oestes Ecuatoriales (con dirección predominante suroeste) y los vientos Sinópticos del oeste (con dirección predominante oestesuroeste). De los vientos, los vientos alisios del noreste tienen predominancia en la intensidad con respecto los restantes.

Debido a la condición de dirección de los vientos, se tiene que ante una eventual expulsión de piroclastos desde el Volcán Irazú, la trayectoria de ellos se direccionaría hacia el oeste, afectando en el mediano plazo las comunidades que se encuentran principalmente al oeste del Alto de Ochomogo. Se deriva que la sección del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago que se encuentra al este del Alto de Ochomogo, sería menos afectado por la caída de piroclastos en el mediano plazo.

No se tienen documentadas expulsiones de piroclastos de los volcanes Barva, Poás y Turrialba que afecten el trazo del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago.

Apertura de Nuevos Conos

Según la interpretación y análisis de fotografías aéreas a escala 1:50000 y 1:10000 en la ladera sur del Volcán Irazú, no existen zonas de rift con potencial de formar nuevos conos, por lo que se descarta este peligro.

Lluvia Ácida

En el caso del Volcán Irazú, los gases que se emanan son escasos, con concentraciones que en el corto y mediano plazo no tienen potencial de formar lluvia ácida en el área de afectación.

Emisión de Coladas de Lava

Las características petroquímicas del magma del Volcán Irazú indican que existe potencial de emisión de coladas de lava que alcancen el trazo del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago. Sin embargo, en el corto plazo el riesgo relacionado con actividad del volcán es mínimo.

Emisión de Lahares

A excepción de las rocas que afloran en el Alto de Ochomogo (basaltos) en el trazo del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago afloran depósitos laháricos provenientes del Volcán Irazú.

Destaca el último flujo lahárico que ocurrió en 1968 y afectó Taras, Lima, El Guarco y parcialmente la ciudad de Cartago. La ocurrencia de lahar se dio por el transporte de ceniza que se depositó en la porción superior de la ladera sur del Volcán Irazú y por efecto de lluvias torrenciales; en ese momento, la ceniza estaba inconsolidada aumentando el movimiento potencial del flujo. En la actualidad, en el área de "Los Diques" existe un sistema de diques de contención de eventuales lahares provenientes desde el Volcán Irazú y que se canalicen en el Río Reventado.

El riesgo por emisión de lahares que afecte la sección este del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, hacia la ciudad de Cartago es moderado en el corto y mediano plazo.

Debris Avalanche

La ladera suroeste del Volcán Irazú presenta evidencias de la ocurrencia de un debris avalanche (depósitos volcánicos caóticos) que afectó parcialmente dicha ladera y continúo hasta la ciudad de Tres Ríos, sobreyaciendo los depósitos laháricos. Hasta el momento, no se tienen documentos de análisis detallados de este evento, por lo que el riesgo relacionado con debris avalanches que potencialmente afecten el trazo del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago es moderada en el mediano y largo plazo.

c. <u>Inundaciones</u>

La sección oeste del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago presenta Condiciones topográficas e hidrográficas que hacen que el riesgo por ocurrencia de inundaciones sea bajo en el mediano y largo plazo. En momentos de lluvias intensas, se da desbordamiento de agua desde el sistema de conducción de aguas pluviales.

Sin embargo, la sección oeste del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, se encuentra afectada por el trazo del Río Reventado, el cual tiene potencial natural de generar inundaciones debido al cambio abrupto en las Condiciones de topografía (el Corredor Vial San José–Zapote–Cartago se encuentra

en la bisagra del Volcán Irazú). Debe agregarse que la margen izquierda del Río Reventado está afectada por el Deslizamiento de Banderillas (el Deslizamiento de Banderillas tiene potencial de represar el Río Reventado y generar lagunas), aumentando el potencial de desbordamientos y formación de avanlanchas.

d. Deslizamientos

En el área del Alto de Ochomogo, existen cortes que presentan inclinaciones cercanas a 90° en sitios con fallas que presentan alteración hidrotermal, los cuales tienen susceptibilidad a la ocurrencia de derrumbes que eventualmente afectarían el desarrollo del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago.

El principal riesgo de deslizamiento lo constituye el Deslizamiento de Banderillas, que a pesar que el trazo del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago no lo atraviesa, tiene potencial de represar el Río Reventado, aumentando en el mediano plazo el riesgo potencial de generar desbordamientos y avalanchas.

3.3.5 Características arqueológicas

El estudio tiene como objetivo definir el estado y características del recurso arqueológico existente en el área de influencia del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago. Dicha área comprende las zonas alrededor de la Autopista Estado de Israel, los terrenos comprendidos entre las comunidades de Quesada Durán y Curridabat y a ambos lados de la carretera Florencio del Castillo, para constituir una franja de un kilómetro de ancho, desde el sector este de la provincia San José hasta la entrada de la provincia Cartago.

La metodología utilizada para desarrollar el estudio, contempla la revisión bibliográfica de las fuentes de datos existentes, complementando los resultados de esa fase con recorridos por la zona de influencia. La información obtenida es sistematizada, para definir el potencial de contener recurso arqueológico, en el área, así como el estado actual del mismo.

En el área de influencia del Proyecto Corredor Vial existen 19 sitios arqueológicos reportados, sin embargo se tiene conocimiento de la existencia de otros veinte sitios más, localizados entre San José y Cartago. En ellos se identifican restos de actividades humanas, que datan de períodos entre el 500 aC y el año 1821 dC . Algunos de los sitios descritos en el reporte fueron descubiertos durante la construcción de la Autopista Florencio del Castillo.

El proyecto Corredor Vial, tanto con respecto a las actividades de ampliación como de construcción de nuevos tramos, representaría un impacto negativo y permanente sobre el recurso arqueológico existente. En sectores como la Autopista Estado de Israel, así como en los sectores a lo largo de la Autopista Florencio del Castillo, la ocupación y urbanización previa (desarrollos residenciales, comerciales, industriales e infraestructurales) determinan la destrucción de las Condiciones naturales del suelo, requisito fundamental para la conservación del recurso arqueológico. Sin embargo persisten algunos terrenos, en su mayoría antiguos cafetales, que tienen altas posibilidades de albergar restos arqueológicos.

De acuerdo con lo anterior, vemos que la zona presenta un recurso arqueológico importante que, sin embargo, ha sido impactado por la infraestructura existente. La posibilidad de que el proyecto altere recursos arqueológicos, es baja, pero aumenta significativamente en aquellos terrenos con un historial agropecuario.

Con respecto a los componentes generadores de impacto, es necesario, una vez se haya definido el diseño final de la obra, realizar una evaluación arqueológica más puntual que permita descartar la existencia de patrimonio arqueológico y, en el caso de existir, que permita definir las medidas adecuadas para su recuperación y conservación.

Las medidas de mitigación comúnmente utilizadas para estos proyectos son: inspección, evaluación de algunos terrenos escogidos, definición de sitios y áreas impactadas, excavaciones intensivas para extraer todas las evidencias significativas y monitoreo de las obras de construcción del proyecto. Algunos de estas medidas pueden cambiar, para ajustarse a las obras y el cronograma de actividades del Proyecto.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE PRELIMINAR
ESTUDIO DE INGENIERIA

URS

SECCION 4

TRANSITO

4.1 Diagnóstico de las condiciones existentes (año 2001)

La información presentada en esta sección es un sumario del Reporte de Tránsito, volúmen que acompaña este Estudio Preliminar de Ingeniería. Su propósito es establecer las condiciones existentes y anlizar las proyecciones del tránsito futuro sobre el corredor bajo estudio, sentando así las bases para las mejoras requeridas en cuanto lo que se refiere a capacidad vial y nivel de servicio aceptable.

Con este objetivo se ha recollectado la data de tránsito existente y se han examinado las características de la red vial, información que ha sido utilizadas para identificar deficiencias en la seguridad del corredor, al igual que las condiciones operacionales del mismo, como lo son la saturacion de la retícula vial, el exceso de demanda y la falta de capacidad.

4.1.1 Volúmenes de tránsito

Los volúmenes de tránsito son variables en el tiempo y el espacio, por lo que solamente son válidos para el período de duración de los aforos y bajo las características particulares de la vialidad en estudio. Sin embargo, estas variaciones son usualmente rítmicas y repetitivas, por lo que es posible relacionar, mediante el conocimiento de sus características, los volúmenes existentes en un tiempo y lugar con los volúmenes de otro tiempo y lugar. Bajo este contexto, la determinación de las variaciones horarias, diarias, mensuales y anuales del volumen de tránsito son muy importantes para dar validez a cualquier conteo puntual que se realice en la vía, a través del uso de factores de expansión y ajuste.

4.1.1.1 Información derivada de la contabilidad de vehículos en el peaje de la autopista

Del registro de vehículos pagando en el peaje de la Autopista Florencio del Castillo, es posible determinar las variaciones diarias, mensuales y anuales del volumen de tránsito usando dicha vialidad. De la información suministrada por la Dirección de Peajes del Consejo de Seguridad se elaboraron los Cuadros 4.1 y 4.2. La información contenida en estos cuadros se muestra gráficamente en las Figuras 4.1 y 4.2.

En el Cuadro 4.1 se presenta una estimación de TPDA, únicamente para efectos comparativos, por cuanto es esperable que sus magnitudes estén por debajo de los valores reales, ya que no todos los vehículos pagan peaje, ni tampoco se mantiene el cobro del peaje en todas las horas del año.

En la Figura 4.1 se observa la variación mensual del tránsito vehicular para los años comprendidos entre 1994 y 1999. En todos ellos se nota un comportamiento muy similar para los meses de abril, mayo, junio, julio, setiembre, octubre y noviembre, por lo que para efectos de relacionar estos meses entre sí, cualquiera de las curvas sería adecuada. Sin embargo, los meses de agosto de 1995 y diciembre de 1994 presentan un comportamiento atípico al compararlos con los mismos meses de los

otros años, lo que afecta el cálculo del tránsito promedio diario con base en esos años y por ende su uso sesgaría la estimación de factores de ajuste mensual.
De igual forma para los años 1997 y 1999, los meses de marzo y abril muestran un comportamiento atípico por lo que no conviene su consideración.

La Figura 4.2 muestra la variación porcentual del volumen de tránsito por día de la semana, indicándose en la misma figura los valores que por su magnitud con respecto al resto de datos, pareciera conveniente eliminar. En los Cuadros 4.1 y 4.2 se aprovecha la información contenida para derivar los factores de ajuste mensuales y diarios, factores que son resumidos respectivamente en los Cuadros 4.3 y 4.4

La información referida a la composición vehicular derivada de la contabilidad de vehículos en el peaje, se presenta en el Cuadro 4.5, según un desglose que incluye en primera instancia a las motocicletas, y posteriormente se excluye este tipo de vehículo.

CUADRO 4.1
CANTIDAD TOTAL DE VEHÍCULOS MIXTOS
Peaje Tres Ríos (De enero de 1994 a diciembre de 1999)

MES \ AÑO	1994	1995	1996	1,997	1998	1999
ENE	258,087	267,822	275,943	291,022	325,241	350,248
FEB	248,500	274,600	282,058	278,454	314,311	350,653
MAR	270,963	295,909	288,482	274,994	358,667	339,121
ABR	249,939	260,427	263,019	304,964	322,028	338,844
MAY	267,783	290,318	292,182	316,691	334,746	357,231
JUN	259,045	276,070	280,721	298,142	328,806	326,195
JUL	275,911	299,850	294,178	319,609	355,504	352,355
AGO	298,531	251,717	287,682	320,262	361,669	350,194
SET	284,434	270,084	287,563	304,937	341,848	349,849
OCT	300,207	277,114	295,551	334,625	350,766	365,510
NOV	284,610	274,839	293,288	313,504	337,676	371,517
DIC	245,324	289,157	294,807	325,133	366,888	387,829
TOTAL	3,243,334	3,327,907	3,435,474	3,682,337	4,098,150	4,239,546
TPDA APROXIMADO (AMBOS SENTIDOS)						
	17,772	18,235	18,773	20,177	22,456	23,230

Información suministrada por la Administración de Peajes del Consejo Nacional de Vialidad

Cuadro 4.2
Estimación de los Factores de Ajuste por Día de la Semana
Estación de Peaje en Tres Ríos, Autopista Florencio del Castillo
(Información correspondiente al mes de agosto del 2000)

Semana	Día	Tránsito diario (TD)	TPDS=TD/7	Factor diario	Factor de ajuste diario
		Veh. Mixtos/ Día/sentido	Veh. Mixtos/Día	(TD/TPDS)	
1	Martes	11,440		0.99	1.01
	Miércoles	10,231		0.89	1.13
	Jueves	12,349		1.07	0.93
	Viernes	13,404		1.16	0.86
	Sábado	11,339		0.98	1.02
	Domingo	9,705		0.84	1.19
	Lunes	12,308		1.07	0.94
	Total	**80,776**	**11,539**		
2	Martes	12,210		1.01	0.99
	Miércoles	11,285		0.98	1.02
	Jueves	12,046		1.04	0.96
	Viernes	13,971		1.21	0.83
	Sábado	11,887		1.03	0.97
	Domingo	8,967		0.78	1.29
	Lunes	14,539		1.26	0.79
	Total	**84,905**	**12,129**		
3	Martes	9,307		0.78	1.29
	Miércoles	12,180		1.02	0.98
	Jueves	14,377		1.20	0.83
	Viernes	13,421		1.12	0.89
	Sábado	11,576		0.97	1.03
	Domingo	9,330		0.78	1.28
	Lunes	13,613		1.14	0.88
	Total	**83,804**	**11,972**		
4	Martes	12,118		0.99	1.01
	Miércoles	12,712		1.04	0.96
	Jueves	12,487		1.02	0.98
	Viernes	13,087		1.07	0.93
	Sábado	12,231		1.00	1.00
	Domingo	8,762		0.72	1.39
	Lunes	14,093		1.15	0.87
	Total	**85,490**	**12,213**		

FIGURA 4.1
Variación Mensual del Volumen de Vehículos
Peaje Autopista Florencio del Castillo

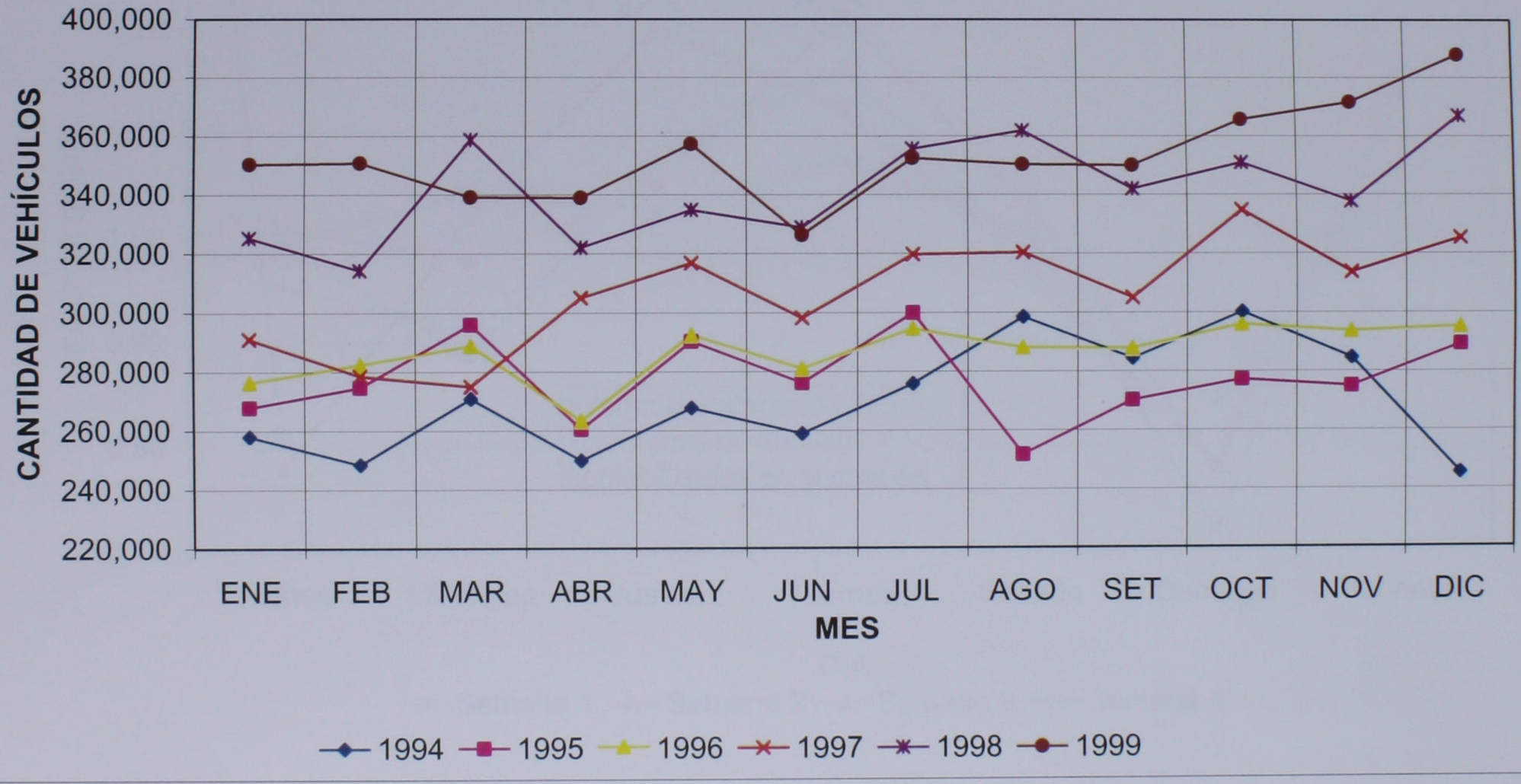
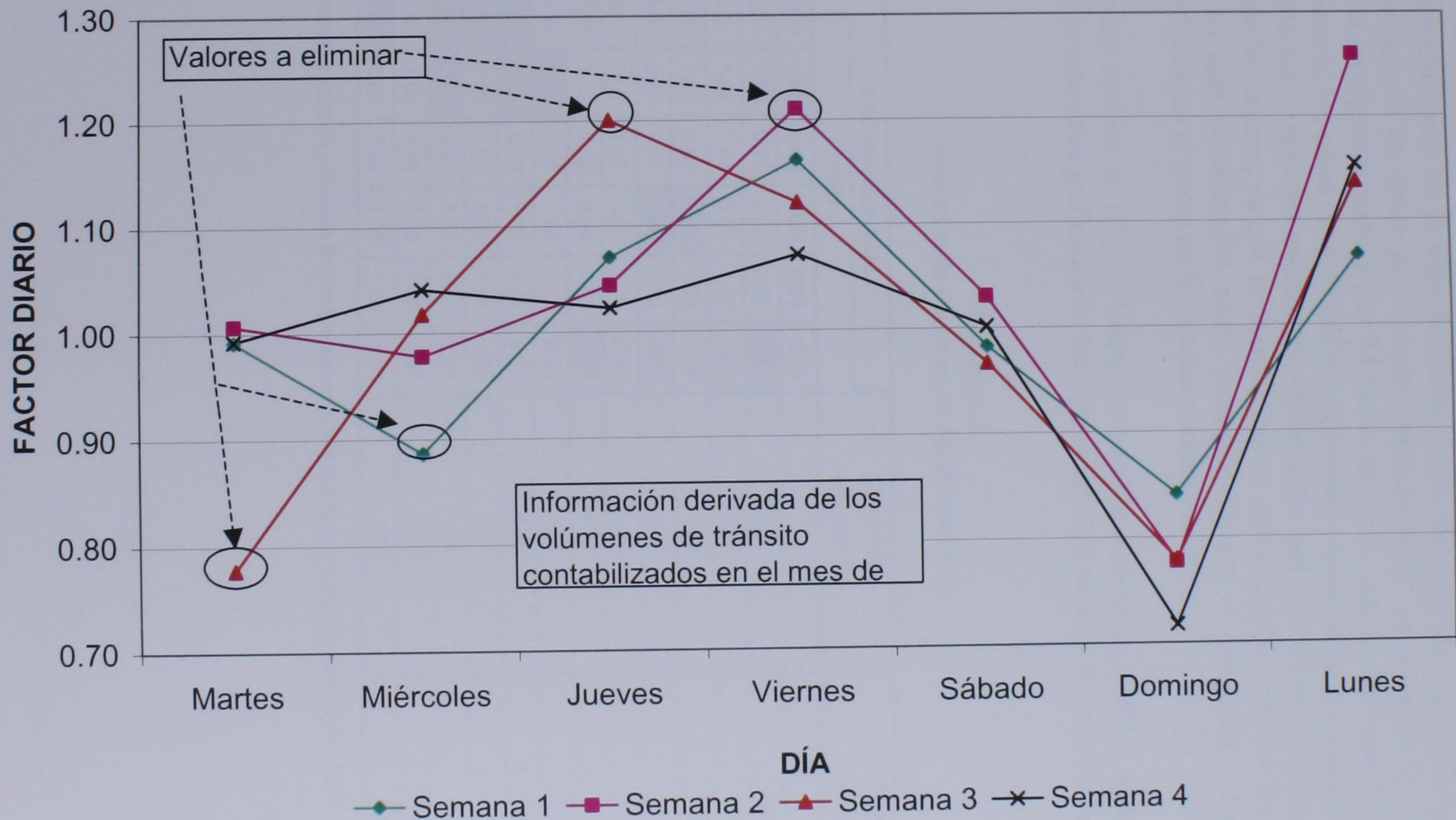


FIGURA 4.2
VARIACIÓN PORCENTUAL DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO
POR DÍA DE LA SEMANA
ESTACIÓN DE PEAJE EN TRES RÍOS



4.1.1.2 Información derivada de los conteos vehiculares

Con el fin de conocer las condiciones prevalencientes del tránsito, tanto en los tramos de vía componentes del proyecto como en la vías incluidas dentro del área de influencia del mismo, se programó un plan de aforos en sitios previamente seleccionados. La duración de los aforos se extendió por 18 horas en algunos casos y por 24 horas en otros, con cortes cada 15 minutos. Las Figuras 4.3 y 4.4 muestran los sitios geográficos seleccionados para realizar los aforos, mientras que el Cuadro 4.6 presenta los volúmenes resultantes, clasificados por tipo de vehículo, por sentido de dirección y por día de la semana, ya que se contabilizaron volúmenes de tránsito los días viernes, sábado, domingo y en días considerados como promedio (martes o miércoles). La numeración adjunta en el Cuadro 4.6 ubica el punto en los mapas correspondientes.

Como producto de estos conteos de 18 y 24 horas, fué posible derivar los perfiles de flujo vehicular en cada caso, los que se muestran graficados en las figuras del Anexo 4-A del estudio de tránsito.

Cuadro 4.3
Resumen de Factores de Ajuste Mensual

MES	FACTOR MENSUAL AÑO						FACTOR PROMEDIO	FACTOR DE AJUSTE
	1994	1995	1996	1997	1998	1999		
ENERO	0.94	0.95	0.95	0.93	0.93	0.97	0.94	1.06
FEBRERO	0.97	1.08	1.04	0.99	1.00	1.08	1.02	0.98
MARZO	0.99	1.05	0.99	0.88	1.03	0.94	1.00	1.00
ABRIL	0.94	0.95	0.93	1.01	0.96	0.97	0.95	1.05
MAYO	0.97	1.03	1.00	1.01	0.96	0.99	1.00	1.00
JUNIO	0.97	1.01	1.00	0.99	0.98	0.94	0.99	1.01
JULIO	1.00	1.06	1.01	1.02	1.02	0.98	1.01	0.99
AGOSTO	1.09	0.89	0.99	1.02	1.04	0.97	1.01	0.99
SETIEMBRE	1.07	0.99	1.02	1.01	1.01	1.00	1.01	0.99
OCTUBRE	1.09	0.98	1.02	1.07	1.01	1.02	1.03	0.97
NOVIEMBRE	1.07	1.00	1.04	1.04	1.00	1.07	1.04	0.96
DICIEMBRE	0.89	1.02	1.01	1.04	1.05	1.08	1.02	0.98

Datos no considerados en el cálculo final del factor de ajuste por no ajustarse el patrón típico del resto de años.

Cuadro 4.4
Factores de Estandarización Por Día
(Promedio de las cuatro semanas con información)

Día	Factor Diario	Factor de estandarización
Lunes	1.11	0.90
Martes	1.00	1.00
Miércoles	1.01	0.99
Jueves	1.04	0.96
Viernes	1.16	0.86
Sábado	0.98	1.02
Domingo	0.78	1.29

Cuadro 4.5
Composición Vehicular
Peaje Autopista Florencio Del Castillo
(Período Mayo 1999-Agosto 2000)

Composición Vehicular (todos los vehículos)		
CLASE	**TOTAL**	**%**
Livianos	4,826,777	84.8%
Medianos	369,166	6.5%
Buses	228,460	4.0%
Motos	118,130	2.1%
Furgones	149,227	2.6%
TOTAL	**5,691,760**	**100%**
Composición Vehicular (sin contabilidad de motos)		
CLASE	**TOTAL**	**%**
Livianos	4,826,777	86.6%
Medianos	369,166	6.6%
Buses	228,460	4.1%
Motos	0	0.0%
Furgones	149,227	2.7%
TOTAL	**5,573,630**	**100%**

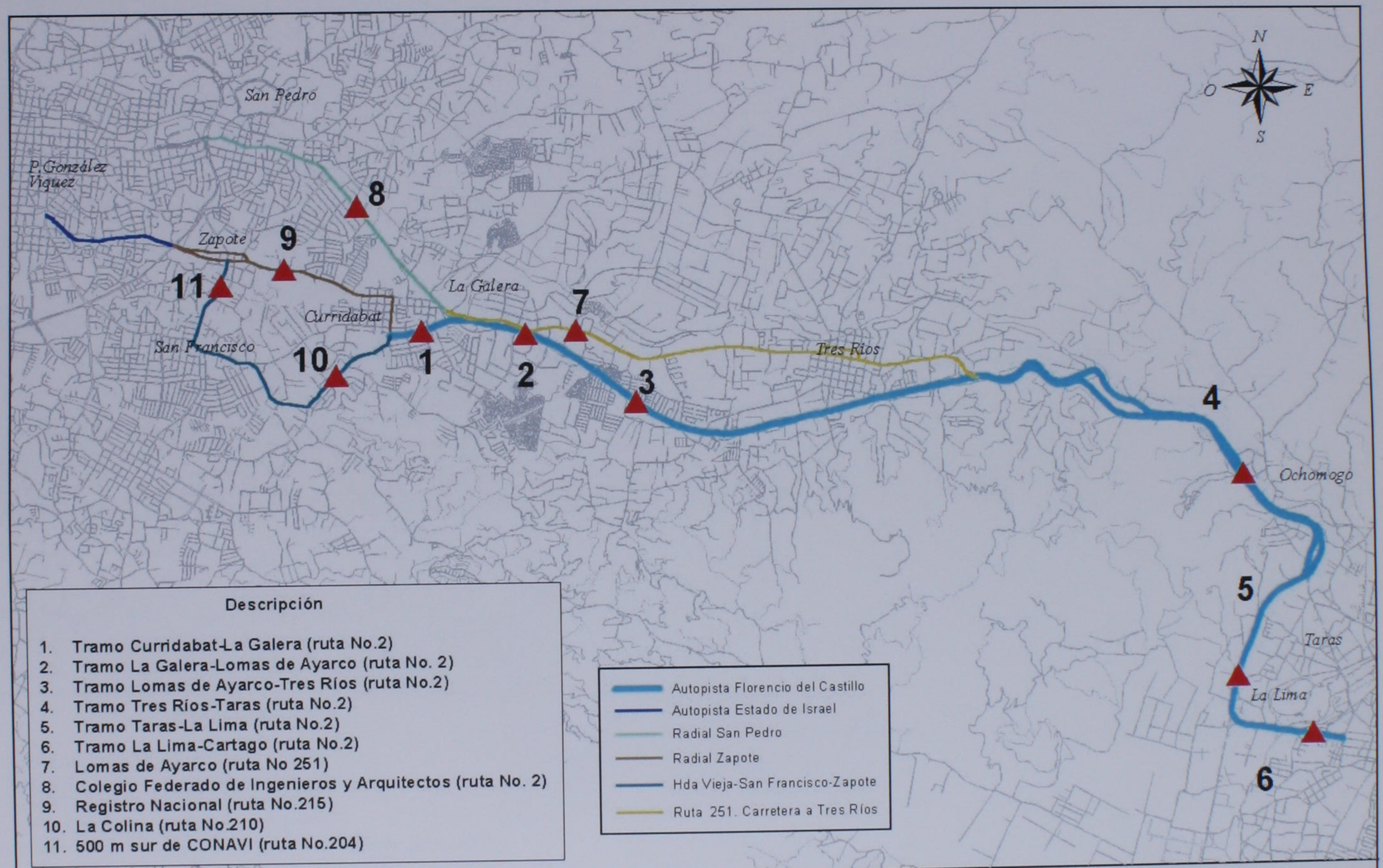


Figura 4.3 – Recuentos Vehiculares 18 Horas, 6:00 a.m. – 12:00 m.n.

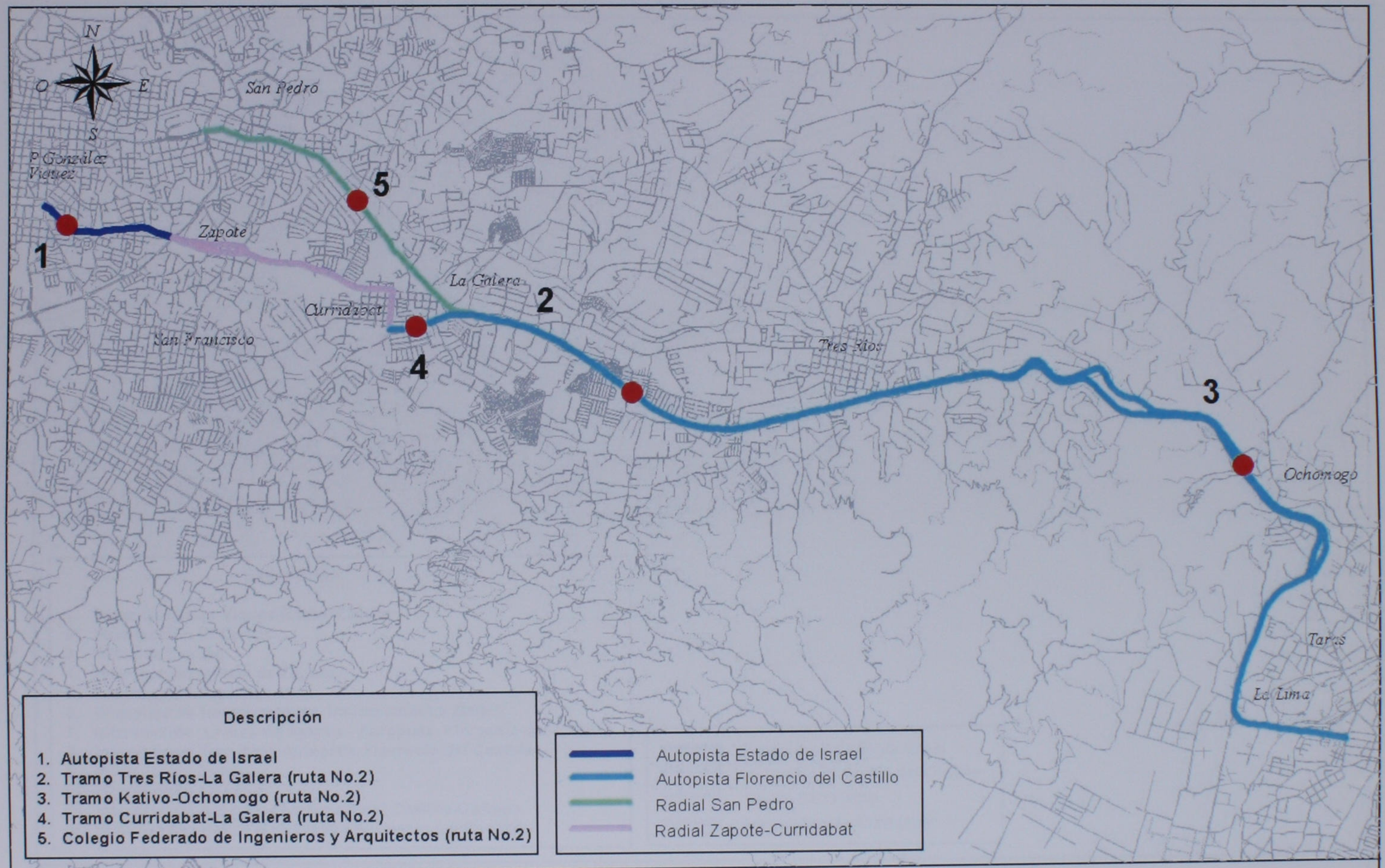


Figura 4.4 – Recuentos Vehiculares 24 Horas, 12:00 m.n. – 12:00 m.n.

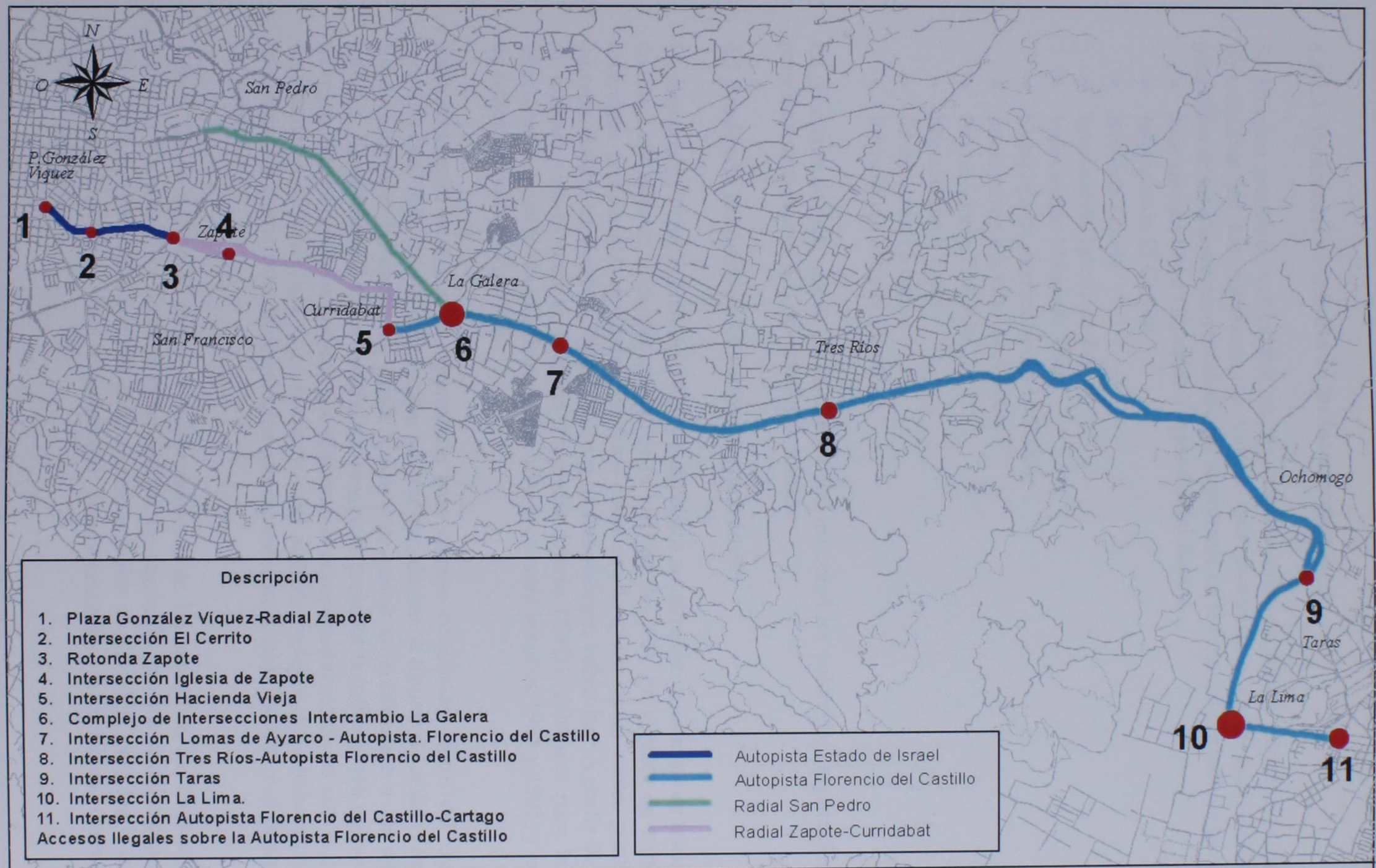


Figura 4.5 – Recuentos Vehiculares en Intersecciones, 6:00 a.m. – 9:00 a.m. y 4:00 p.m. – 7:00 p.m.

4.1.1.3 Volúmenes de tránsito en las intersecciones.

Se hicieron recuentos vehiculares en las intersecciones de mayor importancia para el proyecto, obteniéndose así los volúmenes de tránsito por movimiento en la intersección. La ubicación geográfica de las intersecciones estudiadas se presenta en la Figura 4.5 e incluye las siguientes:

- Intersección Plaza González Víquez-Radial Zapote
- Intersección El Cerrito
- Rotonda Zapote
- Intersección Iglesia de Zapote
- Intersección Hacienda Vieja
- Complejo de intersecciones La Galera
- Intersección a Lomas de Ayarco
- Intersección a Tres Ríos
- Intersección a Taras
- Intersección La Lima
- Intersección entrada a Cartago

La geometría de cada una de las intersecciones, así como los volúmenes registrados en el campo, se presentan en el Anexo 4-B del estudio de tránsito.

4.2 Tendencia histórica de los volúmenes de tránsito

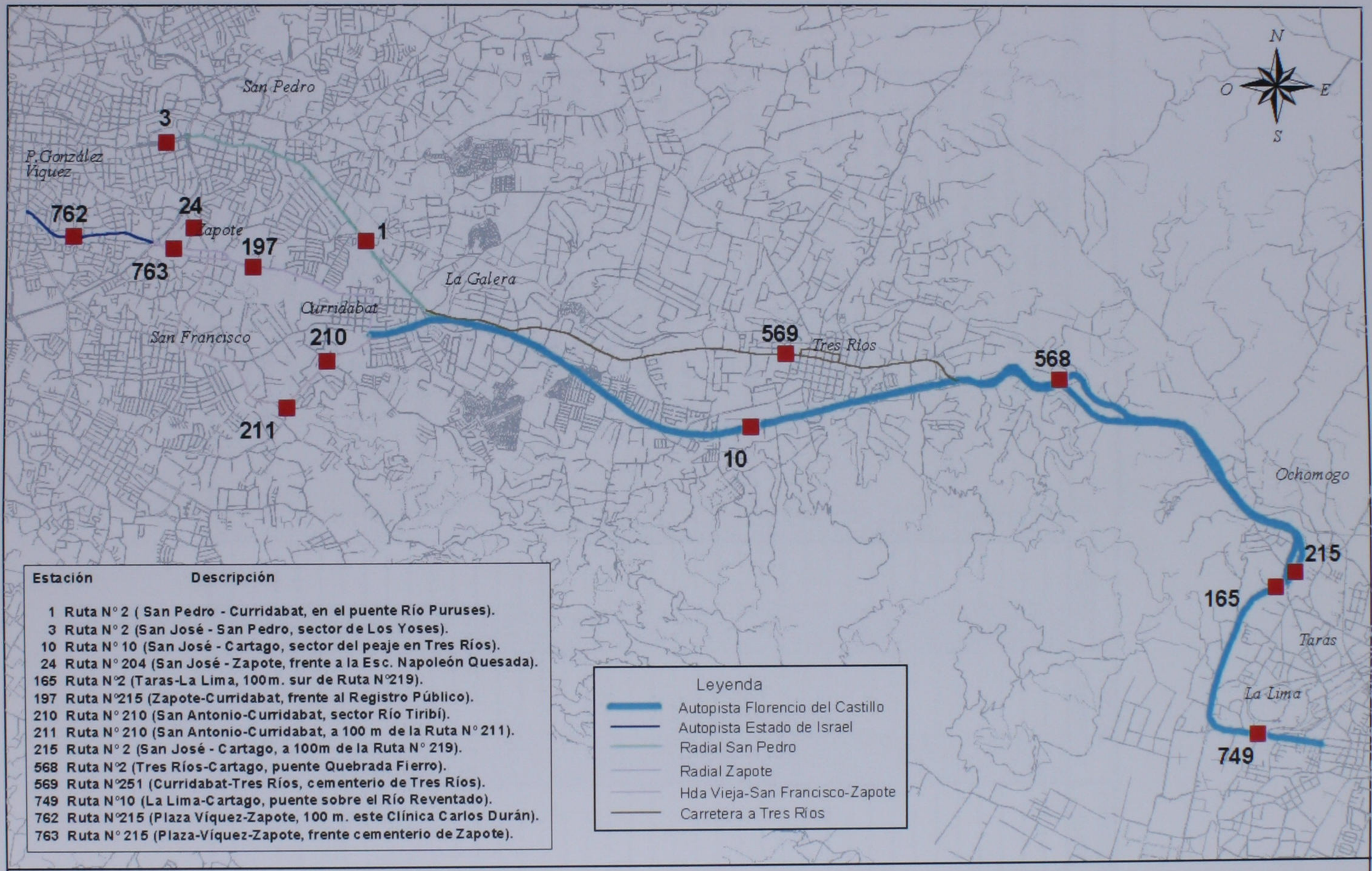
La Asesoría de Planificación del MOPT contabiliza anualmente volúmenes de tránsito en estaciones de aforo ubicadas en diferentes puntos de la vialidad del país. En algunos de estos casos mantiene estaciones permanentes de conteo, en otros casos con la ayuda de un conteo puntual, a manera de muestra, estima los posibles flujos diarios y su composición vehicular. A partir de esta información se estiman valores para el Tránsito Promedio Diario (TPD), dato que para la mayoría de las estaciones es posible obtener de registros históricos entre los años 1965 y 1995, y en menor cantidad de estaciones para el año 1998.

Específicamente se encontró información para catorce estaciones dentro del área de interés del proyecto (Ver Figura 4.6), información que fue tratada con la técnica de análisis de regresión con el fin de establecer las curvas de mejor ajuste y proyectar su crecimiento a los años horizonte del estudio. En el Anexo 4-C del estudio de tránsito se presenta la información derivada de los análisis de regresión, así como las gráficas que muestran el comportamiento de las curvas modeladas (lineal, logarítmica y exponencial). Los resultados del análisis incluyen los coeficientes de los modelos analizados, el coeficiente de correlación correspondiente a cada modelo y el grado de significancia del análisis.

Con el fin de interpretar mejor el comportamiento de las curvas en los últimos años del registro histórico disponible, se hicieron otros análisis de regresión con los datos comprendidos entre los años 1987 y 1995, añadiendo el dato correspondiente al año 1998 para las estaciones en que se encontraba disponible. Esta información complementaria se presenta también en el anexo correspondiente.

De los resultados del análisis de regresión se concluye que en general los valores de los coeficientes de correlación son bastante buenos, independientemente del tipo de curva modelada, y en una mayoría de los casos el mejor comportamiento lo expresa la regresión de tipo exponencial, modelo muy cómodo para interpretar el crecimiento del tránsito ya que el exponente de su formulación representa la tasa de crecimiento de la curva. Un resumen de los resultados se presenta en el Cuadro 4.7

Del Cuadro 4.7 es notorio como, a excepción de las estaciones 215 y 568, el análisis hecho para la serie histórica 1987-1998 presenta tasas de crecimiento vehicular menores que las derivadas con respecto a la serie histórica desde 1965. Este comportamiento es esperable para rutas urbanas y suburbanas con volúmenes relativamente altos de tránsito, y para las cuales a corto o a mediano plazo, se prevé una situación de saturación cercana a la capacidad de la vía. Este sería el caso de los tramos viales analizados sobre la Ruta 2, correspondientes a las estaciones Nº1 y Nº3 (Curridabat-San Pedro y San Pedro-Los Yoses respectivamente), así como los tramos viales localizados sobre la Ruta 215, conocida como Autopista Estado de Israel (Plaza Víquez - Zapote). Para estos tramos viales parecen más razonables las tasas de crecimiento según las series históricas desde 1987.



Estación	Descripción
1	Ruta N° 2 (San Pedro - Curridabat, en el puente Río Puruses).
3	Ruta N° 2 (San José - San Pedro, sector de Los Yoses).
10	Ruta N° 10 (San José - Cartago, sector del peaje en Tres Ríos).
24	Ruta N° 204 (San José - Zapote, frente a la Esc. Napoleón Quesada).
165	Ruta N°2 (Taras-La Lima, 100m. sur de Ruta N°219).
197	Ruta N°215 (Zapote-Curridabat, frente al Registro Público).
210	Ruta N° 210 (San Antonio-Curridabat, sector Río Tiribí).
211	Ruta N° 210 (San Antonio-Curridabat, a 100 m de la Ruta N° 211).
215	Ruta N° 2 (San José - Cartago, a 100m de la Ruta N° 219).
568	Ruta N°2 (Tres Ríos-Cartago, puente Quebrada Fierro).
569	Ruta N°251 (Curridabat-Tres Ríos, cementerio de Tres Ríos).
749	Ruta N°10 (La Lima-Cartago, puente sobre el Río Reventado).
762	Ruta N°215 (Plaza Víquez-Zapote, 100 m. este Clínica Carlos Durán).
763	Ruta N° 215 (Plaza-Víquez-Zapote, frente cementerio de Zapote).

Figura 4.6 – Ubicaciones de estaciones de Conteo, MOPT

CUADRO 4.6 RESUMEN DE CONTEOS

NÚMERO	PUNTO	SENTIDO 2-1					SENTIDO 1-2					TOTAL 2 SENTIDOS	DURACIÓN (HRS)	DIA
		VEHICULO LIVIANO	AUTOBÚS	2 O 3 EJES	5 EJES	TOTAL	VEHICULO LIVIANO	AUTOBÚS	2 O 3 EJES	5 EJES	TOTAL			
1	Curridabat-La Galera (ruta Nº 2). V-18hr	16012	805	1805	464	**19086**	6736	203	1016	189	**8144**	**27230**	18	VIERNES
2	La Galera-Lomas de Ayarco (ruta Nº 2). V-18hr	19107	1453	2388	896	**23844**	13573	756	1235	609	**16173**	**40017**	18	VIERNES
3	Lomas de Ayarco-Tres Ríos (ruta Nº 2). V-18hr	15866	919	1839	430	**19054**	12423	688	1362	388	**14861**	**33915**	18	VIERNES
4	Tres Ríos-Taras (ruta Nº 2). V-18hr	15251	636	1333	362	**17582**	16463	545	1027	394	**18429**	**36011**	18	VIERNES
5	Taras-La Lima (ruta Nº 2). V-18hr	6872	305	894	243	**8314**	13179	528	1344	367	**15418**	**23732**	18	VIERNES
8	Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (ruta Nº 2). V-18hr	12819	1079	876	93	**14867**	14596	1055	845	71	**16567**	**31434**	18	VIERNES
9	Registro Nacional (ruta Nº 215). V-18hr	16913	676	1131	261	**18981**	16849	641	1128	269	**18887**	**37868**	18	VIERNES
10	La Colina (ruta Nº 210). V-18hr	4317	162	371	61	**4911**	5482	90	397	74	**6043**	**10954**	18	VIERNES
11	500 sur de CONAVI (ruta Nº 204). V-18hr	12706	216	742	52	**13716**	12608	335	597	68	**13608**	**27324**	18	VIERNES
3	Lomas de Ayarco-Tres Ríos (ruta Nº 2). S-18hr	13019	721	1059	232	**15031**	11015	623	1175	275	**13088**	**28119**	18	SÁBADO
1	Curridabat-La Galera (ruta Nº 2). S-18hr	18540	772	1314	282	**20908**	6493	144	899	124	**7660**	**28568**	18	SÁBADO
2	La Galera-Lomas de Ayarco (ruta Nº 2). S-18hr	13453	679	1039	282	**15453**	12471	613	1313	368	**14765**	**30218**	18	SÁBADO
4	Tres Ríos-Taras (ruta Nº 2). S-18hr	12921	535	917	313	**14686**	13645	497	1637	331	**16110**	**30796**	18	SÁBADO
6	La Lima-Cartago (ruta Nº 10). S-18hr	11297	389	571	65	**12322**	12926	410	692	103	**14131**	**26453**	18	SÁBADO
8	Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (ruta Nº 2). S-18hr	11324	1150	584	99	**13157**	12766	705	633	41	**14145**	**27302**	18	SÁBADO
9	Registro Nacional (ruta Nº 215). S-18hr	12921	475	625	132	**14153**	15948	508	1154	157	**17767**	**31920**	18	SÁBADO
10	La Colina (ruta Nº 210). S-18hr	4810	256	472	59	**5597**	8460	229	654	83	**9426**	**15023**	18	SÁBADO
11	500 sur de CONAVI (ruta Nº 204). S-18hr	13435	151	557	19	**14162**	13376	88	441	19	**13924**	**28086**	18	SÁBADO
3	Lomas de Ayarco-Tres Ríos (ruta Nº 2). D-18hr	11037	572	333	123	**12065**	8764	515	393	86	**9758**	**21823**	18	DOMINGO
2	La Galera-Lomas de Ayarco (ruta Nº 2). D-18hr	15797	552	812	128	**17289**	4909	114	260	50	**5333**	**22622**	18	DOMINGO
4	Tres Ríos-Taras (ruta Nº 2). D-18hr	11275	482	458	144	**12359**	10517	482	657	82	**11738**	**24097**	18	DOMINGO
5	Taras-La Lima (ruta Nº 2). D-18hr	8598	256	252	88	**9194**	7754	253	289	67	**8363**	**17557**	18	DOMINGO
6	La Lima-Cartago (ruta Nº 10). D-18hr	10889	340	275	49	**11553**	10789	361	304	26	**11480**	**23033**	18	DOMINGO
8	Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (ruta Nº 2). D-18hr	9461	653	213	21	**10348**	9083	547	285	23	**9938**	**20286**	18	DOMINGO
9	Registro Nacional (ruta Nº 215). D-18hr	6405	332	274	19	**7030**	5129	338	288	17	**5772**	**12802**	18	DOMINGO
11	500 sur de CONAVI (ruta Nº 204). D-18hr	11279	76	202	2	**11559**	11639	125	150	4	**11918**	**23477**	18	DOMINGO
-	Autopista Estado de Israel (ruta Nº 215). DP-24hr	11925	386	642	40	**12993**	7852	491	455	34	**8832**	**21825**	24	DIA PROMEDIO
3	Lomas de Ayarco-Tres Ríos (ruta Nº 2). DP-24hr	13588	764	1551	376	**16279**	11116	702	1448	439	**13705**	**29984**	24	DIA PROMEDIO
4	Tres Ríos-Taras (ruta Nº 2). DP-24hr	13656	759	763	758	**15936**	16707	862	2572	602	**20743**	**36679**	24	DIA PROMEDIO
8	Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (ruta Nº 2). DP-24hr	14262	978	780	135	**16155**	17207	1062	760	95	**19124**	**35279**	24	DIA PROMEDIO
1	Curridabat-La Galera (ruta Nº 2). DP-24hr	14411	308	1442	327	**16488**	5111	151	741	186	**6189**	**22677**	24	DIA PROMEDIO
2	La Galera-Lomas de Ayarco (ruta Nº 2). DP(K)-18hr	17044	1075	1826	465	**20410**	18177	1011	1962	509	**21659**	**42069**	18	DIA PROMEDIO
3	Lomas de Ayarco-Tres Ríos (ruta Nº 2). DP(K)-18hr	15115	856	1768	453	**18192**	12659	769	1459	448	**15335**	**33527**	18	DIA PROMEDIO
5	Taras-La Lima (ruta Nº 2). DP(K)-18hr	10850	564	1346	531	**13291**	11630	459	1403	452	**13944**	**27235**	18	DIA PROMEDIO
6	La Lima-Cartago (ruta Nº 10). DP(K)-18hr	11014	580	969	134	**12697**	11558	582	1155	173	**13468**	**26165**	18	DIA PROMEDIO
7	Lomas de Ayarco (ruta Nº 251). DP-18hr	4573	369	180	18	**5140**	5943	384	538	30	**6895**	**12035**	18	DIA PROMEDIO
8	Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (ruta Nº 2). DP-18hr	14057	1176	707	112	**16052**	15532	1301	911	109	**17853**	**33905**	18	DIA PROMEDIO
9	Registro Nacional (ruta Nº 215). DP-18hr	12922	559	906	290	**14677**	13867	704	1065	412	**16048**	**30725**	18	DIA PROMEDIO
11	500 sur de CONAVI (ruta Nº 204). DP-18hr	12406	304	637	55	**13402**	12374	371	687	34	**13466**	**26868**	18	DIA PROMEDIO

Cuadro 4.7
Resultado de los Análisis de Regresión Aplicados al TPD
Series Históricas Modeladas Exponencialmente

Estación	Ubicación	Serie 1965-1998		Serie 1987-1998	
		Valor de R^2	Tasa de crecimiento (%)	Valor de R^2	Tasa de crecimiento (%)
1	Ruta Nº 2 (San Pedro – Curridabat, en el puente Río Puruses)	0.95	6.3	0.89	4.5
3	Ruta Nº 2 (San José - San Pedro, sector de Los Yoses)	0.90	3.0	0.84	1.8
10	Ruta Nº 10 (San José – Cartago, sector del peaje en Tres Ríos)	-	-	0.91	6.3
24	Ruta Nº 204 (San José – Zapote, frente a la Esc. Napoleón Quesada)	0.93	6.8	0.81	4.5
165	Ruta Nº2 (Taras-La Lima, 100m. sur de Ruta Nº219)	0.95	14.3	0.93	12.3
197	Ruta Nº215 (Zapote-Curridabat, frente al Registro Público)	0.97	9.0	0.96	8.9
210	Ruta Nº 210 (San Antonio-Curridabat, sector Río Tiribí)	0.97	10.5	0.97	8.9
211	Ruta Nº 210 (San Antonio-Curridabat, a 100 m de la Ruta Nº 211)	0.91	7.4	0.97	10.5
215	Ruta Nº 2 (San José – Cartago, a 100m de la Ruta Nº 219)	0.92	6.0	0.98	7.8
568	Ruta Nº2 (Tres Ríos-Cartago, puente Quebrada Fierro)	0.97	6.4	0.99	8.0
569	Ruta Nº251 (Curridabat-Tres Ríos, cementerio de Tres Ríos)	-	-	0.87	10.9
749	Ruta Nº10 (La Lima-Cartago, puente sobre el Río Reventado)	-	-	0.98	12.9
762	Ruta Nº215 (Plaza Víquez-Zapote, 100 m. este Clínica Carlos Durán)	0.86	6.7	0.86	4.4
763	Ruta Nº 215 (Plaza-Víquez-Zapote, frente cementerio de Zapote)	0.96	9.8	0.85	8.4

En general, la tasa de crecimiento anual histórica a escoger, para efectos de proyección de tránsito a corto plazo, dependerá del valor estimado en dichas proyecciones para el año 2000, año de realización de los conteos vehiculares para este estudio, de tal manera que si en primera instancia la tasa de crecimiento generada con la serie histórica de 1965-1998 no da una buena aproximación al tránsito diario del correspondiente aforo del año 2000, se recurrirá a la tasa de crecimiento derivada de la serie histórica para el período 1987-1998. En el caso de que todavía prevalezcan diferencias importantes entre los volúmenes de tránsito estimados y los volúmenes aforados, se revisará la consistencia de cada uno de estos valores con el fin de tomar una decisión entre mantener la tasa de crecimiento estimada o en caso contrario variarla para que las proyecciones se ajusten a los valores de campo.

Con respecto a las vías urbanas para las cuales no se proyectan mejoras sustantivas en su capacidad vial, lo que probablemente ocurra a corto plazo es que los volúmenes vehiculares que transitan por esas vías empezarán a cobrar importancia en términos de la capacidad vial del tramo, por lo que su tasa de crecimiento disminuirá en forma pronunciada y eventualmente llegará, en términos de la curva "S" típica de crecimiento del tránsito vehicular, a tener un comportamiento asintótico con la capacidad de la vía, de allí la importancia de analizar este valor límite o "techo" de crecimiento y tomarlo en cuenta para efectos de proyectar volúmenes de tránsito a futuro. El tema de las capacidades de las carreteras se aborda en la próxima sección (4.3), mientras que las proyecciones de los volúmenes de tránsito es el tema de la sección 8.1 de este informe.

El Anexo 4-D del estudio de tránsito muestra, para cada estación de aforo del MOPT estudiada, los volúmenes de TPD registrados históricamente, así como la selección preliminar de una tasa de crecimiento histórica en función del conteo vehicular hecho en el año 2000. Para aprovechar la información de los cuadros y únicamente para efectos ilustrativos se proyectan los volúmenes de TPD suponiendo que las tasas de crecimiento estimadas se mantienen constantes, lo que como ya se indicó anteriormente no representa la metodología correcta, debido a la restricción que impone la capacidad misma de la vía.

4.3 Capacidad de las vías

Como se indicó en la sección anterior, las carreteras no pueden soportar tasas de crecimiento vehicular altas por períodos largos, sobre todo en aquellos casos en donde el volumen de vehículos representa un porcentaje importante del valor teórico de la capacidad vial, por lo que resulta indispensable un estudio que determine, para cada tramo vial de interés, cuál es ese valor límite que respresenta la mayor cantidad posible de vehículos transitando bajo condiciones prevalecientes de la vía (cantidad de carriles por ejemplo), del tránsito mismo (porcentaje de pesados, por ejemplo) y del tipo de regulación a que esté sometida la carretera (funcionamiento con semáforos por ejemplo).

El procedimiento seguido en la determinación de la capacidad (en términos de tránsito diario de saturación) es el sugerido por el Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (Highway Capacity Manual). Según este documento la capacidad de una autopista se calcula de la siguiente forma:

$$C = FS_E = C_{ideal} * (V/C)_E * N * f_A * f_{vp} * f_c$$

donde:

C	=	Capacidad de la vía
FS_E	=	Flujo de saturación al nivel de servicio E
C_{ideal}	=	Capacidad ideal (Para Costa Rica se utiliza el valor de 2 200 veh.liv./ hr / carril.
$(V/C)_E$	=	Máxima relación volumen sobre capacidad, que para el nivel de servicio E toma el valor de 1.
N	=	Número de carriles por sentido.
f_A	=	Factor de ajuste por restricciones en el ancho de carriles y espaldones.
Fvp	=	Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados.
f_C	=	Factor de ajuste por el tipo de conductor (día hábil o fin de semana)

El factor por ajuste de pesados se calcula con base en los porcentajes de los distintos tipos de vehículos pesados transitando por la vía y sus equivalencias con los vehículos livianos.

Como puede notarse en la fórmula, para estimar los valores de capacidad por tramo vial es importante determinar ciertas características de la vía, como la cantidad de carriles, la presencia de espaldones y sus anchos, las pendientes de los tramos y otros. A continuación se hace una descripción del proyecto por subtramos viales, presentando en forma muy resumida varias de ellas en la Figura 4.7, mientras que en el Anexo 4-E del estudio de tránsito se presentan los cuadros que resumen los cálculos hechos para la determinación de la capacidad, en términos de volúmenes diarios de saturación.

4.3.1 Descripción de subtramos viales

Para el análisis del proyecto es necesario su división en tramos viales con características uniformes, tanto en aspectos físicos-geométricos (uso del suelo y alineamientos por ejemplo) como en aspectos operativos (como volúmenes de tránsito vehicular presente). Con este objetivo se recurrió a la información de la Asesoría de Planificación del MOPT, la cual contiene una caracterización vial de las principales rutas administradas por dicho ministerio, características que fueron verificadas y complementadas con información recopilada en campo. Los subtramos definidos para efectos del presente estudio, junto con su respectiva caracterización, se describen a continuación. Para efectos de relacionar los tramos viales con la numeración o códigos que por sección de la vía asignó la Asesoría de Planificación del MOPT, estos últimos se presentan para cada caso entre paréntesis.

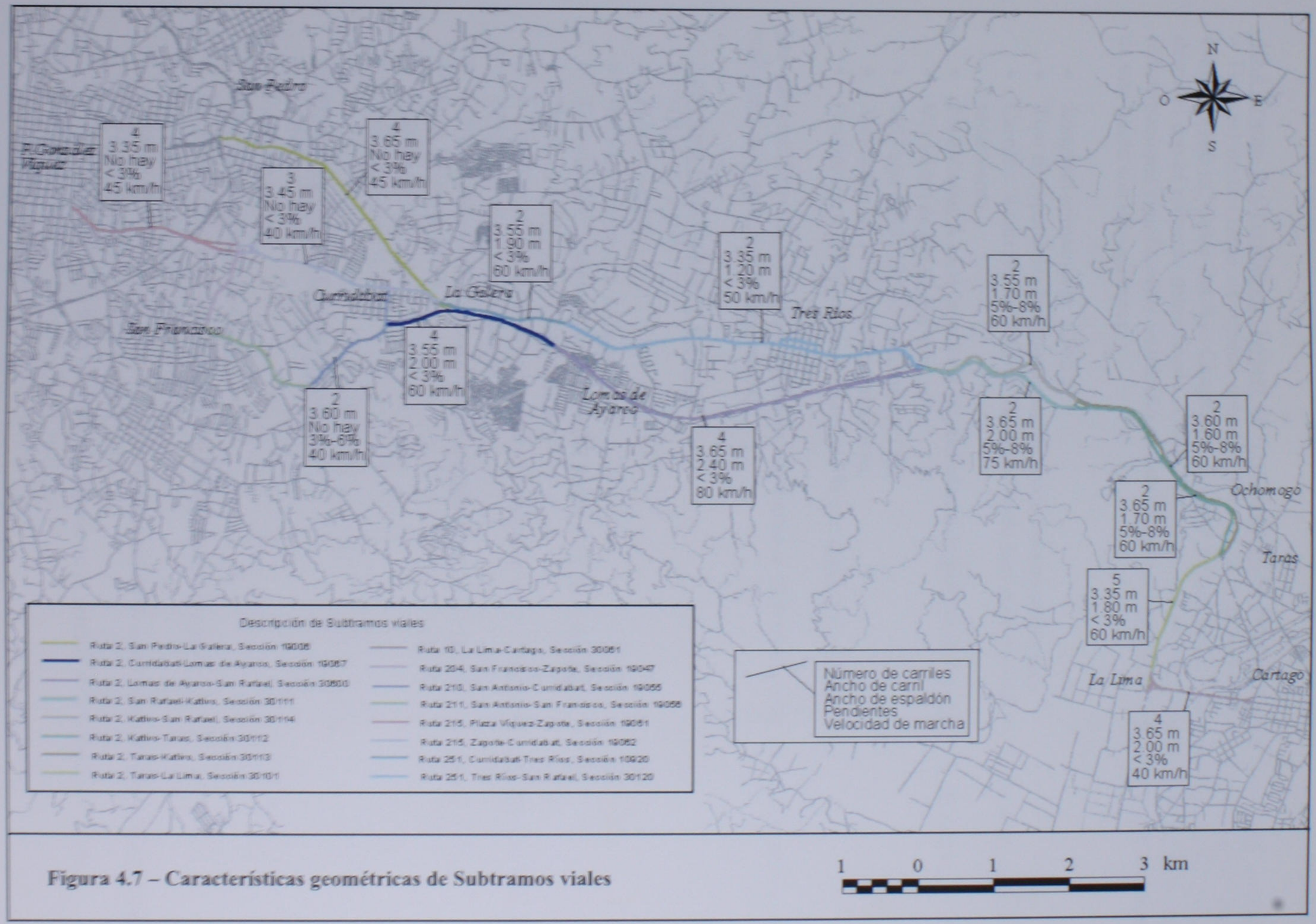


Figura 4.7 – Características geométricas de Subtramos viales

4.3.2 Tramo 1: Curridabat - Lomas de Ayarco (Sección 19067): Desde Curridabat (intersección a Tirrases) hasta Lomas de Ayarco sobre la Ruta Nº 2, a la altura del límite provincial San José-Cartago (100 m. Oeste del Río Chagüite). En este último punto está prevista una intersección a desnivel con el proyecto denominado Anillo Periférico, que de construirse a futuro puede provocar redistribuciones significativas de tránsito en esta sección del proyecto. Las principales características de este tramo son las siguientes:

- Longitud aproximada: 1,552 m.
- Tipo de superficie: Pavimento asfáltico con frecuentes baches.
- Carriles: 4 carriles de 3.55 m. de ancho cada uno para un total de 14.20 m de superficie de rodamiento.
- Espaldones: A cada lado de la vía, debidamente pavimentados y de 2 m. de ancho.
- Velocidad de operación: 60 km/hr
- TPD año 1993: 12,745 veh. mixtos / día.
- Alineamiento: Recto con curvas suaves.
- Pendientes: Generalmente menores al 3% con algunas de hasta el 5%.

Las características de operación vehicular asociadas a este tramo vial, derivadas de los conteos realizados en campo, son las siguientes:

Subtramo Curridabat-La Galera:

- VHMD = 3,197
- FHMD = 0.94
- Hora pico (viernes): 7-8 a.m.
- Tránsito diario (viernes, setiembre del 2000) = 29,817 veh/día
- Volumen hora pico = 3,010 veh/hr
- *k* (valor esperado de la relación entre el volumen de la n-ava hora máxima seleccionada y el TPDA del año proyectado) = 0.101
- D (% del tránsito en la hora máxima circulando en el sentido más cargado) = 77 %
- % de livianos: 88.3%
- % de pesados: 7.5%
- % de autobuses: 4.2%

Subtramo La Galera-Lomas de Ayarco

- VHMD = 3,427
- FHMD = 0.78
- Hora pico (viernes): 5-6 p.m.
- Tránsito diario (viernes, setiembre del 2000) = 41,618 veh/día
- Volumen hora pico = 3,082 veh/hr
- *k* (valor esperado de la relación entre el volumen de la n-ava hora máxima seleccionada y el TPDA del año proyectado) = 0.074
- D (% del tránsito en la hora máxima circulando en el sentido más cargado) = 58 %
- % de livianos: 80.8%
- % de pesados: 14.6%

- % de autobuses: 4.6%

4.3.3 Tramo 2: Lomas de Ayarco - San Rafael (Sección 30600): Desde Lomas de Ayarco, a la altura del límite provincial San José-Cartago (100 m. Oeste del Río Chagüite), hasta San Rafael de La Unión (Paso Superior a Ruta 251). En este último punto convergen la Ruta Nº 2 y la Vía Nº 251 (carretera a Tres Ríos). Las principales características de este tramo son las siguientes:

- Longitud aproximada: 5,195 m.
- Tipo de superficie: Pavimento asfáltico con frecuentes baches.
- Carriles: 4 carriles de 3.65 m. de ancho cada uno para un total de 14.60 m de superficie de rodamiento.
- Espaldones: A cada lado de la vía, debidamente pavimentados y de 2.40 m. de ancho.
- Velocidad de operación: 80 km/hr
- TPD año 1998: 30,755 veh. mixtos / día.
- Alineamiento: Recto con curvas suaves.
- Pendientes: Generalmente menores al 3% con algunas de hasta el 5%.

Las características del flujo vehicular, según aforos de día viernes de setiembre del 2000, son las siguientes:

- VHMD = 3,208
- FHMD = 0.88
- Hora pico (viernes): 7-8 a.m.
- Tránsito diario (viernes, setiembre del 2000) = 35,272 veh/día
- Volumen hora pico = 3,153 veh/hr
- k (valor esperado de la relación entre el volumen de la n-ava hora máxima seleccionada y el TPDA del año proyectado) = 0.089
- D (% del tránsito en la hora máxima circulando en el sentido más cargado) = 71 %
- % de livianos: 87.4%
- % de pesados: 7.4%
- % de autobuses: 5.2%

4.3.4 Tramo 3: San Rafael – Zona Industrial, Kativo

Sección 30111: Desde San Rafael de La Unión (Paso Superior a Ruta 251) hasta el límite cantonal entre La Unión y Cartago (Quebrada Quirazú). Las principales características de este tramo son las siguientes:

- Longitud aproximada: 2,375 m.
- Tipo de superficie: Pavimento asfáltico con frecuentes baches.
- Carriles: 2 carriles de 3.65 m. de ancho cada uno para un total de 7.30 m.
- Espaldones: A cada lado de la vía, debidamente pavimentados y de 2 m. de ancho.
- Velocidad de operación: 75 km/hr
- TPD año 1998: 16,805 veh. mixtos / día / sentido.

- Alineamiento: Recto con curvas suaves.
- Pendientes: pendientes sostenidas entre un 5% y un 8%.

Sección 30114: Desde el límite cantonal entre La Unión y Cartago (Quebrada Quirazú) hasta San Rafael de La Unión (Paso Superior a Ruta 251). Representa el sentido inverso a la sección 30111, pero debido a que su alineamiento es independiente del tramo vial con sentido opuesto, en general presenta características distintas.

Las principales características de este tramo son las siguientes:

- Longitud aproximada: 2,490 m.
- Tipo de superficie: Pavimento asfáltico muy irregular con frecuentes baches.
- Carriles: 2 carriles de 3.55 m. de ancho cada uno para un total de 7.10 m.
- Espaldones: Superficie firme y regular a cada lado de la vía, con ancho de 1.70 m.
- Velocidad de operación: 60 km/hr
- TPD año 1998: 16,805 veh. mixtos / día / sentido.
- Alineamiento: Presencia de curvas horizontales de consideración.
- Pendientes: pendientes sostenidas entre un 5% y un 8%.

Las características del flujo de tránsito, para un viernes del mes de setiembre del 2000 y considerando ambos sentidos (incluye Sección 30113), son las siguientes:

- VHMD = 2,639
- FHMD = 0.93
- Hora pico (viernes): 3-4 p.m.
- Tránsito diario (viernes, setiembre del 2000) = 37 451 veh/día
- Volumen hora pico = 2,621veh/hr
- k (valor esperado de la relación entre el volumen de la n-ava hora máxima seleccionada y el TPDA del año proyectado) = 0.07
- D (% del tránsito en la hora máxima circulando en el sentido más cargado) = 52 %
- % de livianos: 87.9%
- % de pesados: 9.5%
- % de autobuses: 2.6%

La misma caracterización vial, para el caso de un conteo de vehículos en un día promedio (martes) de setiembre del 2000, se presenta a continuación:

- VHMD = 4,237
- FHMD = 0.75
- Hora pico (martes): 11-12 a.m.
- Tránsito diario (martes, setiembre del 2000) = 36,679 veh. mixtos / día
- Volumen hora pico = 4,237veh/hr
- k (valor esperado de la relación entre el volumen de la n-ava hora máxima seleccionada y el TPDA del año proyectado) = 0.112

- D (% del tránsito en la hora máxima circulando en el sentido más cargado) = 61 %
- % de livianos: 76.9%
- % de pesados: 18.9%
- % de autobuses: 4.2%

4.3.5 Tramo 4: Zona Industrial (Kativo) – Taras

Sección 30112: Desde el límite cantonal entre La Unión y Cartago (Quebrada Quirazú) hasta Taras (cruce con la Ruta 219). Las principales características de este tramo son las siguientes:

- Longitud aproximada: 3,105 m.
- Tipo de superficie: Pavimento asfáltico con frecuentes baches.
- Carriles: 2 carriles de 3.65 m. de ancho cada uno para un total de 7.30 m.
- Espaldones: Superficie generalmente firme y utilizable a cada lado de la vía, con 1.70 m. de ancho.
- Velocidad de operación: 60 km/hr
- TPD año 1998: 16,805 veh. mixtos / día / sentido.
- Alineamiento: Recto con curvas suaves.
- Pendientes: pendientes sostenidas entre un 5% y un 8%.

Sección 30113: Desde Taras (cruce con la Ruta 219) hasta el límite cantonal entre La Unión y Cartago (Quebrada Quirazú). Representa el sentido inverso a la sección 30112, pero debido a que su alineamiento es independiente del tramo vial con sentido opuesto, en general presenta características distintas. Las principales características de este tramo son las siguientes:

- Longitud aproximada: 3,330 m.
- Tipo de superficie: Superficie muy irregular con baches extensos y frecuentes.
- Carriles: 2 carriles de 3.60 m. de ancho cada uno para un total de 7.20 m.
- Espaldones: Superficie generalmente firme y utilizable a cada lado de la vía, con 1.60 m. de ancho.
- Velocidad de operación: 60 km/hr
- TPD año 1998: 16,805 veh. mixtos / día / sentido.
- Alineamiento: Presenta curvaturas suaves.
- Pendientes: pendientes sostenidas entre un 5% y un 8%.

Operativamente regirían las características asignadas al tramo vial anterior.

4.3.6 Tramo 5: Taras – La Lima (Sección 30101): Desde Taras (cruce con la Ruta 219) hasta La Lima (intersección con Ruta N°10). Las principales características de este tramo son las siguientes:

- Longitud aproximada: 2,040 m.
- Tipo de superficie: Superficie muy deteriorada.
- Carriles: 5 carriles de 3.35 m. de ancho cada uno para un total de 16.70 m.

- Espaldones: Superficie generalmente firme y utilizable a cada lado de la vía, con 1.80 m. de ancho.
- Velocidad de operación: 60 km/hr
- TPD año 1998: 28,565 veh. mixtos / día.
- Alineamiento: Recto con curvas suaves.
- Pendientes: pendientes menores al 3% en todo el tramo.

Las características del flujo de tránsito, para un día promedio del mes de setiembre del 2000 y considerando ambos sentidos, son las siguientes:

- VHMD = 2,807 veh.mixtos / día
- FHMD = 0.95
- Hora pico (martes): 7-8 a.m.
- Tránsito diario (martes, setiembre del 2000) = 28,324 veh.mixtos / día
- Volumen hora pico = 2,731veh/hr
- k (valor esperado de la relación entre el volumen de la n-ava hora máxima seleccionada y el TPDA del año proyectado) = 0.096
- D (% del tránsito en la hora máxima circulando en el sentido más cargado) = 62 %
- % de livianos: 77.8%
- % de pesados: 8.1%
- % de autobuses: 14.1%

4.3.7 ***Tramo 6: La Lima – Cartago (Sección 30061)***: Desde La Lima (sobre la Ruta 10) hasta Guadalupe de Cartago (intersección con Ruta 236). Las principales características de este tramo son las siguientes:

- Longitud aproximada: 1,500 m.
- Tipo de superficie: Superficie generalmente lisa con ligeros baches y ondulaciones.
- Carriles: 4 carriles de 3.65 m. cada uno para un total de 14.60 m de ancho.
- Espaldones: Pavimentados y a cada lado de la vía, con 2.0 m. de ancho.
- Velocidad de operación: 40 km/hr
- TPD año 1998: 26,730 veh. Mixtos / día.
- Alineamiento: Recto con curvas suaves.
- Pendientes: pendientes menores al 3% en todo el tramo.

Las características del flujo de tránsito, para un día promedio del mes de setiembre del 2000 y considerando ambos sentidos, son las siguientes:

- VHMD = 2,351
- FHMD = 0.90
- Hora pico (Martes): 7-8 a.m.
- Tránsito diario (Martes, setiembre del 2000) = 27,212 veh. Mixtos / día
- Volumen hora pico = 2,122 veh. Mixtos / hr

- *k* (valor esperado de la relación entre el volumen de la n-ava hora máxima seleccionada y el TPDA del año proyectado) = 0.078
- D (% del tránsito en la hora máxima circulando en el sentido más cargado) = 60 %
- % de livianos: 86.8%
- % de pesados: 5.9%
- % de autobuses: 7.3%

4.3.8 Tramo 7: Curridabat – Tres Ríos (Sección 10920): Desde Curridabat (Ruta Nº2) hasta el límite provincial San José-Cartago (300 m. después de la Escuela Laguna). Las principales características de este tramo son las siguientes:

- Longitud aproximada: 1,865 m.
- Tipo de superficie: Superficie generalmente lisa con ligeros baches y ondulaciones.
- Carriles: 2 carriles de 3.55 m. cada uno para un total de 7.10 m de ancho.
- Espaldones: Pavimentados y a cada lado de la vía, con 1.90 m. de ancho.
- Velocidad de operación: 60 km/hr
- Alineamiento: Recto con curvas suaves.
- Pendientes: pendientes generalmente menores al 3% con algunas de hasta un 5%.

4.3.9 Tramo 8: Tres Ríos – San Rafael (Sección 30120): Desde el límite provincial San José-Cartago (300 m. después de la Escuela Laguna) hasta San Rafael de La Unión (intersección con Ruta Nº2). Las principales características de este tramo son las siguientes:

- Longitud aproximada: 5,050 m.
- Tipo de superficie: Superficie generalmente lisa con ligeros baches y ondulaciones.
- Carriles: 2 carriles de 3.35 m. cada uno para un total de 6.70 m de ancho.
- Espaldones: Pavimentados y a cada lado de la vía, con 1.20 m. de ancho.
- Velocidad de operación: 50 km/hr
- Alineamiento: Presenta algunas curvas horizontales de consideración.
- Pendientes: pendientes generalmente menores al 3% con algunas de hasta un 5%.

4.3.10 Tramo 9: Plaza Víquez – Zapote (Sección 19061): Desde Plaza González Víquez (Ruta Nº209) hasta Zapote (Ruta Nº204). Las principales características de este tramo son las siguientes:

- Longitud aproximada: 2,551 m.
- Tipo de superficie: En buen estado.
- Carriles: 4 carriles de 3.35 m, para un ancho de superficie de 13.40 m.
- Espaldones: No hay.
- Velocidad de operación: 45 km/hr
- Alineamiento: Recto con curvas suaves.
- Pendientes: pendientes generalmente menores al 3% con algunas de hasta un 5%.

4.3.11 Tramo 10: Zapote – Curridabat (Sección 19062): Desde Zapote (Ruta Nº204) hasta Curridabat (Ruta Nº2). Las principales características de este tramo son las siguientes:

- Longitud aproximada: 2,609 m.
- Tipo de superficie: En buen estado.
- Carriles: 3 carriles de 3.45 m, para un ancho de superficie de 10.35 m.
- Espaldones: No hay.
- Velocidad de operación: 40 km/hr
- Alineamiento: Recto con curvas suaves.
- Pendientes: pendientes generalmente menores al 3% con algunas de hasta un 5%.

4.4 Estimación de demanda

La determinación de la demanda por el proyecto se hizo con ayuda de las bases de datos y el software del modelo de demanda de transporte urbano SIATGAM (Sistema Integrado de Transporte del Gran Area Metropolitana), el cual está desarrollado alrededor del software TRANPLAN®.

El modelo SIATGAM se usó principalmente para efectos de asignación de volúmenes de tránsito y selección de modo, considerando tanto el efecto del proyecto sobre el resto de la red de su área de influencia, como el efecto de otros proyectos futuros dentro del horizonte de análisis.

La estimación del volumen de demanda parte del resultado de los procesos de encuesta y aforos vehiculares, de los cuales se generan las matrices de viaje que son utilizadas en el modelado de la demanda. Los sitios en donde se realizó la encuesta se presentan en la Figura 4.8, mientras que el formulario usado para entrevistar a los conductores se presenta en el Anexo 4-F del estudio de tránsito. La estimación de las matrices de origen-destino requirió de la expansión de las muestras obtenidas en cada uno de los puntos de control. Debido a que el modelo SIATGAM sólo predice viajes durante el período pico de la mañana de un día entre semana, los mismos fueron afectados con los correspondientes factores de variación temporal, tomados de los aforos de 18 y 24 horas, de manera que fue posible proyectar los flujos esperados en otras horas y para otros días.

Originalmente las subdivisión geográfica en zonas asociadas a todo el Gran Area Metropolitana, y a las cuales se asocian las características socioeconómicas de la región, consistió en aproximadamente 365 zonas internas y aproximadamente 12 zonas externas (Ver Figura 4.9). Sin embargo, por las características intrínsecas del proyecto Zapote-Curridabat, fue posible agregar varias zonas, de manera que quedaron finalmente 46 sectores internos, tal y como se muestra en la Figura 4.10.

La información de los orígenes y destinos de los viajes encuestados se presenta en forma matricial en el Anexo 4-G del estudio de tránsito, en donde son relacionados por estación de muestreo y para diferentes períodos del día. La informacion también se presenta en forma agregada, es decir para todas las estaciones de muestreo en conjunto.

Para compensar las limitaciones de SIATGAM, producto de que originalmente su calibración se realiza con base en encuestas realizadas en 1989, se hicieron una serie de actividades específicas para calibrar y refinar el modelo, las cuales se mencionan a continuación.

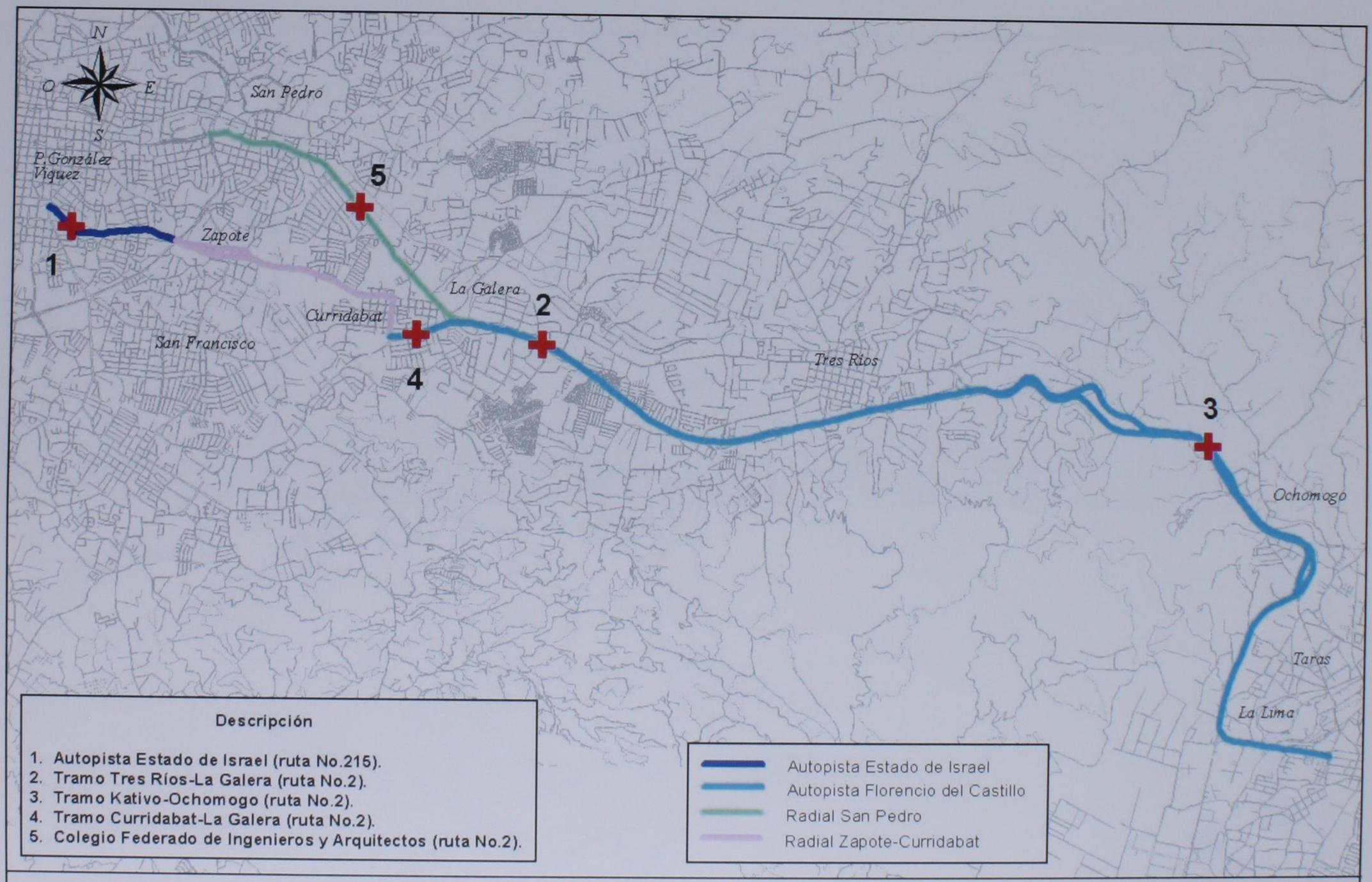


Figura 4.8 – Encuesta de Origen-Destino, 6:00 a.m. – 6:00 p.m.

Figura 4.9. Zonas geográficas del modelo SIATGAM

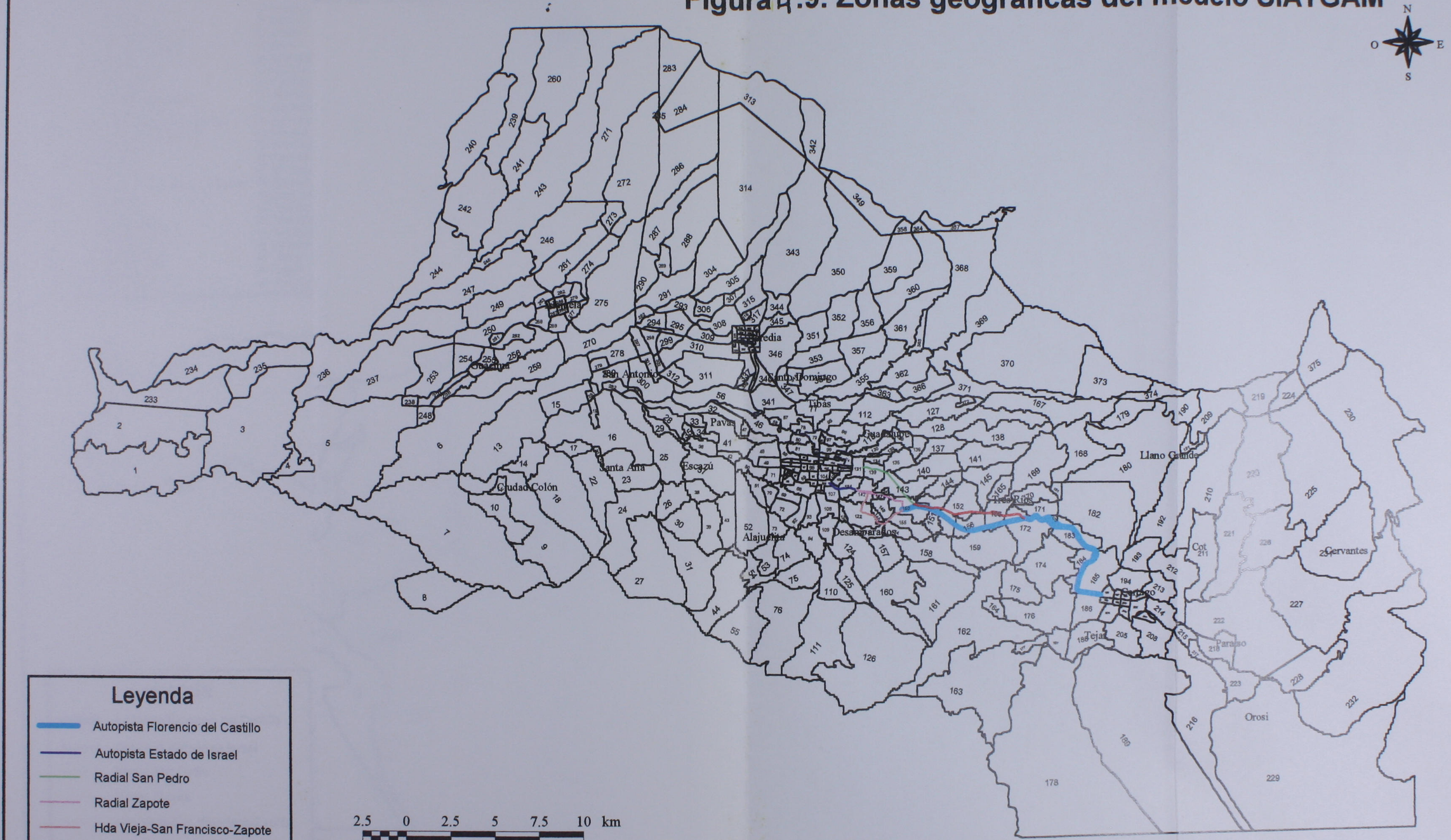


Figura 4.10. Sectores geográficos de la matriz Origen-Destino

Número	Nombre
1	Alajuela
2	Alvarado
3	Carmen Cartago
4	Carmen San José
5	Catedral
6	Concepción
7	Curridabat
8	Desamparados-Aserrí
9	Dulce Nombre
10	Dulce Nombre de Tres Ríos
11	Goicoechea-Coronado
12	Guadalupe
13	Guarco
14	Guápiles
15	Hatillos-San Sebastían-Alajuelita
16	Heredia
17	Hospital
18	Llano Grande
19	Mata Redonda
20	Merced
21	Moravia-Tibás
22	Occidental
23	Zona Oeste
24	Oreamuno
25	Oriental
26	Paraíso
27	Pavas
28	Quebradillas
29	Río Azul
30	San Francisco
31	San Francisco de Dos Ríos
32	San Rafael de Tres Ríos
33	San Diego de Tres Ríos
34	San Juan de Tres Ríos
35	San Nicolás
36	San Pedro
37	San Ramón de Tres Ríos
38	Sarapiquí
39	Santa Ana-Escazú
40	Zona Sur
41	Tierra Blanca
42	Tres Ríos
43	Turrialba
44	Uruca
45	Zapote
46	Zona Los Santos



Leyenda

- Autopista Florencio del Castillo
- Autopista Estado de Israel
- Radial San Pedro
- Radial Zapote
- Hda Vieja-San Francisco-Zapote
- Ruta 251. Carretera a Tres Ríos

4.5 Calibración y aplicación del modelo SIATGAM

Con el fin de determinar la confiabilidad de las proyecciones del modelo de demanda SIATGAM, se calibró primero el modelo con base en el pronóstico de flujos para la situación existente (año 2000). Para ello se recurrió a la información de los volúmenes de los aforos de tránsito como puntos de control, así como a la información procesada de la encuesta Origen / Destino, verificando para ambas direcciones de viaje, entrando y saliendo de San José.

Para efectos de establecer la razonabilidad de las proyecciones del modelo de demanda, se tomó como criterio que el valor absoluto de las diferencias máximas no excediera del 20% y que diferencias en el orden del 10% representaban estimaciones muy confiables. En el Anexo 4-H del estudio de tránsito se incluye una matriz origen/destino derivada de la aplicación del modelo SIATGAM, con lo que fué posible establecer una comparación con los resultados obtenidos del proceso de entrevista a los conductores de vehículos. En el mismo Anexo 4-H se presenta una matriz con los datos derivados de uno y otro medio, para efectos de comparación. Asimismo, se presenta una gráfica comparativa de los viajes originados por zonas, según SIATGAM, y los valores correspondientes extraídos de la encuesta Origen-Destino. A nivel de volúmenes de tránsito, también se muestra una comparación entre los resultados de SIATGAM y los volúmenes aforados en campo.

En las estimaciones de demanda se consideró un horizonte de análisis máximo de 30 años, iniciando en el año 2000 (año base de referencia sin proyecto), a partir del cual se realizaron cortes cada cinco años. Se consideró que para el año 2005 ya el proyecto estaría en funcionamiento y consolidado entre los usuarios.

Con el fin de cuantificar el impacto del proyecto y ante todo como información relevante para el análisis económico y financiero, se proyectó un escenario que considerara la no construcción del proyecto, escenario que se denominó Escenario Base (ver figura 4.11). La incorporación de este tramo vial en los análisis se denominó como Escenario con Proyecto Zapote-Curridabat (ver figura 4.12).

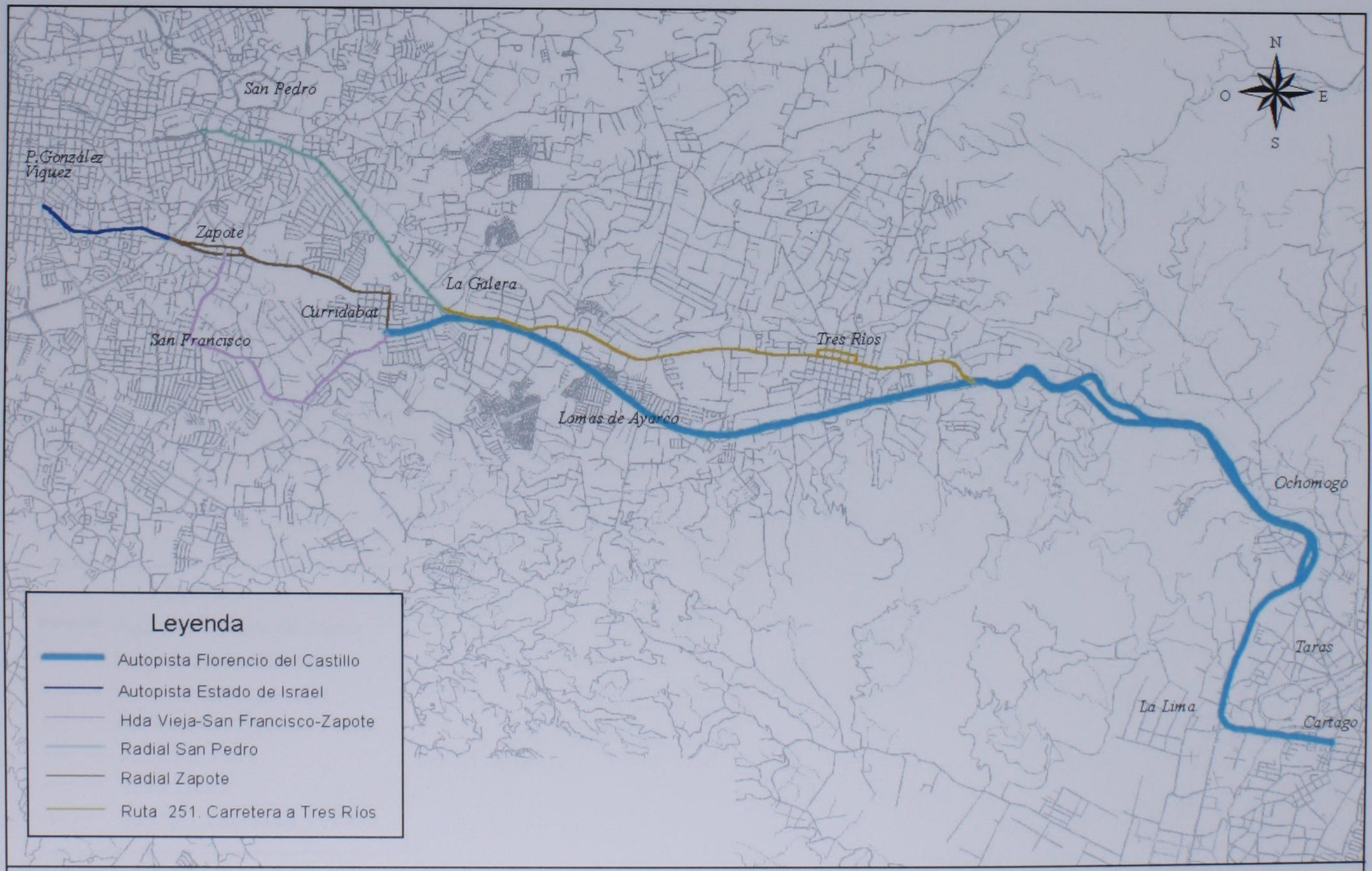


Figura 4.11 – Escenario Base para la modelación con SIATGAM

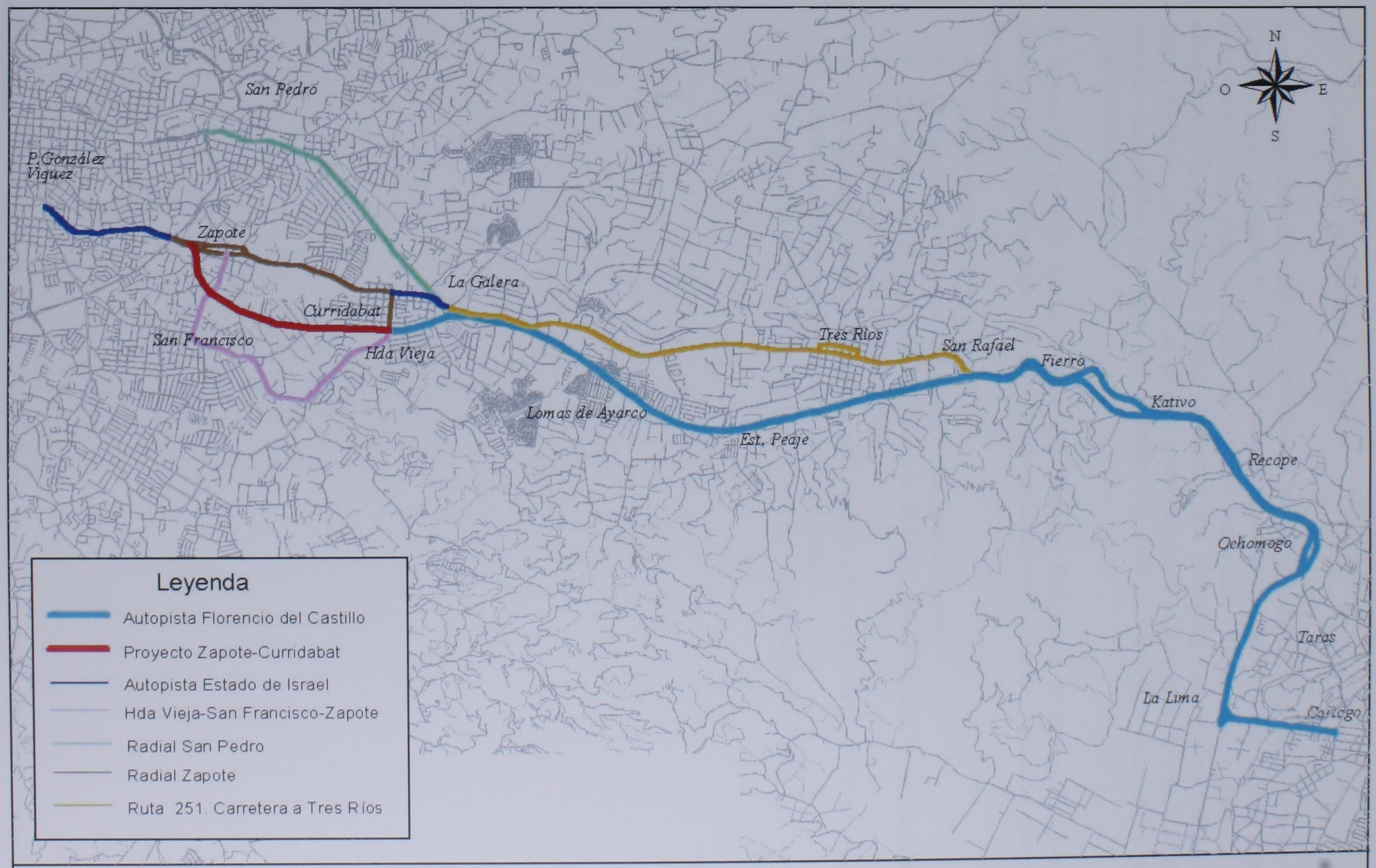


Figura 4.12 – Escenario con Proyecto Zapote-Curridabat para la modelación con SIATGAM

4.6 Conclusión del estudio de tránsito

Los resultados obtenidos indican que debido a la gran demanda de hoy día, el corredor vial San José-Zapote-Cartago no posee la capacidad adequada para acomodar los volúmenes de tránsito existentes ó los proyectados para el futuro. La limitada capacidad vial disponible produce una constante saturación de la retícula vial, lo que conlleva a una gran congestión e incremento en el tiempo de viaje y gasto de combustible. Las proyecciones de tránsito demuestran la necesidad de implementar mejoras sustanciales a lo largo del corredor vial dado el desarrollo significativo dentro del área adyacente al proyecto.

El Anexo de Tránsito que acompaña este Estudio Preliminar de Ingeniería, presenta una gran cantidad de información relacionada a la data utilizada en el estudio de tránsito; como se menciona a continuación:

- Perfiles de Flujo Vehicular
- Geometría y Volúmenes Aforados en las Intersecciones
- Resultados del Análysis de Regresión de TPD y Gráficas de las Curvas Modeladas
- Estimación de TPDA de Saturación
- Formularios Usados en el Proceso de Encuesta a los Conductores de Vehículos
- Matrices de Origen-Destino del Estudio de Campo
- Comparación de Resultados de SIATGAM con Información de Campo

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE PRELIMINAR
ESTUDIO DE INGENIERIA

URS

SECCION 5

JUSTIFICACION PARA LA IMPLEMENTACION

5.1 Deficiencias

El corredor vial San José-Zapote-Cartago presenta numerosas deficiencias en lo que se refiere al diseño de la carretera, su capacidad actual o el número de carriles existentes y las posibilidades de acomodar el crecimiento futuro del área. Esto hace que se necesite implementar mejoras para mitigar dichas deficiencias de la red vial.

5.1.1 Deficiencias en el diseño original

En el corredor bajo estudio se observan deficiencias en términos de capacidad vial, drenaje, control de accesos y facilidades para el peatón.

Capacidad Vial

El número de carriles existente, dos (2) carriles en cada dirección, no es suficiente para satisfacer la demanda actual y mucho menos la demanda futura; el rápido crecimiento que ha tenido la flota automotor durante los últimos años ha provocado altos grados de congestión no sólo en las horas pico sino también fuera de las mismas. El exceso de demanda y la falta de capacidad es el principal causante de los "cuellos de botella" que sufre el Gran Area Metropolitana hoy día.

Drenaje

El sistema de drenaje existente a lo largo de la Radial Zapote ó Autopista Estado de Israel no es capaz de absorber las precipitaciones máximas probables dentro de la zona de estudio, por lo cual el sistema de desagüe a lo largo del trazado se ve afectado por las fuertes lluvias de estación. La escasez de datos pluviométricos en la zona dificultan un análisis más preciso de las condiciones existentes; sin embargo, es evidente el impacto negativo que la acumulación de aguas sobre la vía provoca disminución de la velocidad de marcha, congestión agudizada, incremento en los tiempos de viaje, y aumento del potencial de accidentes. Es importante mencionar que las aguas estacionadas sobre el pavimento por largos períodos de tiempo aceleran el deterioro del mismo, resultando en un ciclo contínuo y costos más elevados de mantenimiento.

En el caso de la Autopista Florencio del Castillo el desagüe se realiza a través de cunetas laterales en ambas márgenes de la carretera percolando al terreno posteriormente, facilitando así la eliminación de las aguas superficiales de manera rápida y eficiente.

Control de accesos

Los controles de acceso necesitan ser revisados y evaluados a través del corredor, ya que los puntos de acceso no restringidos resultan en múltiples interrupciones del flujo vehicular, causan fricción en

el tráfico reduciendo la capacidad de la carretera y contribuyen a los problemas de seguridad vial. Los múltiples puntos de acceso a residencias ó negocios en la zona urbana de Radial Zapote podrían ser regulados a través de la reconfiguración de las marginales existentes, evitando así potenciales puntos de conflicto.

Facilidades para el peatón

La existencia de aceras continuas en la primera sección del proyecto Radial Zapote ó Autopista Estado de Israel, no poseen un trazado completo, notándose en ciertas áreas la discontinuidad de las aceras. También es de notar que las condiciones físicas de las aceras no es óptima pues presentan roturas y rajaduras por la falta de mantenimiento.

Las vías existentes, componentes del proyecto, presentan muy pocas facilidades para el peatón, limitándose a la existencia de un paso peatonal a nivel cerca de la Clínica Carlos Durán, sobre la vía que comunica Plaza Víquez con la Rotonda de Zapote, y otro paso peatonal a desnivel sobre la Autopista Florencio del Castillo, el cual comunica sectores residenciales importantes como Florencio del Castillo y Villas de Ayarco. El hecho de que no existan facilidades para el peatón obliga a considerar, como parte integral de este estudio, la ubicación de sitios con alta concentración de personas, así como sitios de paradas de autobuses.

5.1.2 Deficiencias de capacidad en la red vial

El análisis de capacidad efectuado como parte de este estudio indica lo siguiente:

- El corredor vial existente no posee la capacidad adecuada para acomodar el volúmen de tránsito actual ó proyectado en un futuro.

- Las proyecciones de tránsito indican un crecimiento significativo del área bajo estudio.

- Varias de las intersecciones están operando a un nivel de servicio F, con todos los carriles congestionados y sin capacidad de reserva. Ejemplo: la Rotonda Zapote, donde un paso a desnivel será aún más urgente a futuro, dadas las características de enlace que la misma brinda entre la Autopista Estado de Israel y Autopista Florencio del Castillo.

- Las mejoras propuestas deben de considerar soluciones que mitiguen su efecto sobre toda la infraestructura vial del sector.

- La demanda sobre el acceso a San José es de tal magnitud, que para servir adecuadamente el flujo vehicular es necesario construir como mínimo un carril adicional en cada dirección.

5.1.3 Rutas de evacuación y emergencia

La importancia estratégica de la red vial San José-Zapote-Cartago la sitúa como una ruta de evacuación y emergencia en caso de desastres naturales u otro tipo dentro del Gran Area Metropolitana y comunidades adyacentes.

5.1.4 Crecimiento dentro del área de estudio

La zona presenta un perfil urbano, congruente con el de la Gran Area Metropolitana de la que forma parte. Este elemento es válido en todos los segmentos, si bien se acentúa en el primero. Esto determina la predominancia del uso del suelo para fines residenciales, comerciales, industriales y de servicios. El carácter urbano de la zona se denota también en los elevados niveles de concentración de población (1484 hab/km^2), muy superior al promedio nacional 70 hab/km^2), así como en la multiplicidad de comercios que contiene.

El nivel de vida de la población es heterogéneo, sin embargo el fácil acceso a fuentes de empleo, centros de educación, salud, la disponibilidad de servicios básicos y las facilidades de desplazamiento hacia otras zonas determinan que la zona haya sido y siga siendo un foco de atracción de población. Sin embargo encontramos sectores con una relativa saturación, por lo que no se logra satisfacer las expectativas de la población, al no poder ofrecer soluciones de empleo y vivienda, lo cual ha influido en la constitución de anillos de miseria y en la ocupación ilegal de algunos terrenos. El nivel de desempleo, de un 6.2%, es más alto que el promedio nacional (6%).

Los habitantes de la zona disponen de todo tipo de servicios públicos y privados, de atención de emergencias y de obras de infraestructura, lo cual determina que se trata de la región que ofrece mejores condiciones de vida a la población, con respecto a parámetros nacionales. Por su parte el componente comercial (que para efectos del estudio engloba comercios –que es el sector más fuerte-, industrias, oficinas, centros educativos y otros servicios) está representado por pequeñas y medianas empresas, que se encuentran bastante consolidadas y representan una fuente de empleo importante.

Cuadro 5.1. Crecimiento demográfico y proyecciones (1975 a 2050)

Año	Población	% de cambio	Año	Población	% de cambio
1975	1,969,256		2015	5,153,362	1.7
1985	2,638,964	3.0	2025	5,786,088	1.2
1995	3,503,957	2.9	2035	6,238,690	0.7
2005	4,371,733	2.2	2050	6,793,117	0.8

Fuente: Universidad de Costa Rica

5.2 Seguridad vial del corredor

La zona presenta un desarrollo vial que facilita la comunicación y el desplazamiento de los ocupantes. Por lo general las familias residentes recurren a servicios de transporte público (60%) y utilizan vehículo propio (37%), mientras que los ocupantes de negocios en su mayoría recurren a medio propio. La gran mayoría debe desplazarse hacia otras localidades con mucha frecuencia, por lo que las condiciones de desplazamiento son particularmente importantes. Si bien las condiciones de

los medios de transporte son bastante buenas, existen problemas de congestionamiento sobre todo en las horas pico que afectan negativamente a la población.

Adicionalmente se presenta un cuadro situacional acorde con el perfil urbano, donde la existencia de carreteras y vías públicas repercuten en una serie de situaciones como seguridad para el tránsito peatonal y contaminación, entre otros. Las condiciones substandards, al igual que la falta de capacidad vial tienen un impacto negativo sobre la seguridad del corredor, aumentando asi el potencial de incidencias de accidentes.

5.3 Planes para el mejoramiento de la red vial

El Gobierno de Costa Rica se ha interesado en promover la realización los diseños y el estudio que permita determinar la factibilidad de desarrollar, bajo la modalidad de concesión de obra pública y servicios públicos, el mejoramiento, construcción y rehabilitación del corredor San José-Cartago, el cual abarca las rutas de Radial Zapote o Autopista Estado de Israel, Nueva Radial Zapote- Curridabat y la Autopista Florencio del Castillo.

La normativa que rige el concesionamiento de infraestructura al sector privado en Costa Rica es la Ley General de Concesión de Obras Públicas con Servicios Públicos, No. 7762, publicada en el Alcance No. 17 de La Gaceta No. 98 del 22 de mayo de 1998, y el Reglamento General de Concesión de Obras Públicas con Servicios Públicos, publicado en el Alcance No. 27 a la Gaceta No. 115 del 16 de junio de 1998. Para la realización del estudio se consideran los principios y preceptos establecidos en esta legislación. Este estudio es parte de las actuaciones preparatorias para el procedimiento de concesión y se considera que pertenece a la categoría de Estudio Preliminar de conformidad con el artículo 7 del Reglamento de Concesión de Obras.

Para aliviar la congestión prevista en este corredor, con mucha anticipación y desde el año 1977, el MOPT concluyó los planos constructivos para habilitar una nueva vía con normas de autopista, entre las ciudades de Zapote y Curridabat, la cual está trazada como una continuación de la Autopista Florencio del Castillo para conectarse con la Autopista Estado de Israel, cerca de la intersección con el Bulevar Circunvalación. Sin embargo, la construcción del proyecto denominado "Nueva Radial Zapote-Curridabat" se ha venido postergando por falta de recursos. La necesidad de ejecutar esta obra ha sido demostrada en dos estudios realizados hace bastante tiempo.

La Dirección de Planificación del MOPT realizó un estudio de factibilidad en el año 1988 que estableció que la rentabilidad económica (TIR) de este proyecto es de un 26.7%, con una relación beneficio costo (B/C) de 2.87 y se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) de 112.8 millones de colones de ese año. Por otro lado, el Plan Maestro de Transporte Urbano de la GAM, publicado en 1991, estableció la urgente necesidad de construir dicho tramo, indicando que la construcción de este proyecto sería de gran importancia en la trama vial del sector Este de la ciudad de San José, al permitir una mejor distribución de flujos y contribuir de esta forma a disminuir la congestión extrema en que opera la red actual en las horas pico. En el Plan Maestro se estimó que el volumen de tránsito en la Radial San Pedro (Ruta N°2) disminuiría en alrededor de un 30% con la habitación de dicho proyecto. De igual manera se mejoraría sustancialmente la operación del tránsito entre Zapote y Curridabat al proveerse a los usuarios de una ruta con mayor capacidad, estimando que el flujo

sobre la Radial Curridabat-Zapote (actual ruta N° 215) disminuiría en un 70%. No es de extrañar entonces que dentro del programa de ejecución de nuevas obras viales, el Plan Maestro recomendó la ejecución prioritaria del proyecto "Nueva Radial Zapote-Curridabat" , el cual encabeza la lista de obras a ejecutar a mediano plazo.

El concesionamiento de las vías con acceso restringido de este corredor permitirá garantizar a los usuarios el disfrute de una superficie de rodamiento en buen estado y con buen mantenimiento, de un señalamiento vial apropiado, así como la operación segura en la carretera e intersecciones y con un nivel de servicio adecuado. Además, los usuarios del transporte público y los peatones podrán disfrutar de los beneficios de contar con bahías para autobuses y pasos peatonales a lo largo de todo el proyecto. Por otro lado, los usuarios que permanezcan en los corredores actuales se beneficiarán por la reducción en los grados de congestión gracias a la entrada en operación de la Nueva Radial Zapote- Curridabat.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE PRELIMINAR
ESTUDIO DE INGENIERIA

URS

SECCION 6

ANALISIS DEL CORREDOR VIAL ALTERNO

6.1 Corredores alternos

El propósito de esta sección es el de evaluar los posibles corredores alternos y definir el alineamiento de las carreteras que puedan ofrecer una ruta alterna sirviendo el mismo objetivo. Los corredores alternos fueron estudiados con el propósito de proporcionar un escape a la congestión de tránsito existente en el alineamiento vial bajo estudio. En otras palabras, este ejercicio hace un estudio comparativo de cómo facilitar el movimiento vehicular entre los puntos establecidos ya sea usando rutas existentes ó implementando mejoras en las mismas.

Las rutas alternas que fueron consideradas como posibles corredores alternos fueron la Radial San Pedro y la carretera Hacienda Vieja-San Francisco-Zapote (Radial Zapote-Curridabat). Las siguientes observaciones se exponen como resultado de dicho análisis.

6.2 Evaluación de los corredores alternos

El actual corredor San José-Zapote-Curridabat-Cartago está compuesto de dos enlaces primarios con características de arterias urbanas para accesar San José, estos son la Radial San Pedro y la Radial Zapote-Curridabat. Teniendo en consideración que el comienzo del proyecto esta fijado en La Plaza González Víquez, la Radial Zapote-Curridabat brinda una continuidad directa a través de la Autopista Estado de Israel. En el caso de la Radial San Pedro la conexión a la Autopista Estado de Israel seria a través de Circunvalación. También existe un enlace secundario alterno que es Hacienda Vieja-San Francisco-Zapote, el cual no ofrece una conexión aceptable dadas sus características intrínsecas.

La localización de dos corredores alternos existentes (Radial San Pedro y Radial Zapote-Curridabat) fueron consideradas durante este estudio preliminar de ingeniería. Se concluyó que la localización del corredor Nueva Radial Zapote-Curridabat ofrece un mayor potencial para alcanzar los objetivos relacionados a las necesidades del proyecto, esta decisión fue basada en los siguientes puntos:

- Los dos corredores paralelos, sufren de la misma congestión extrema de trafico y sirven un gran número de desarrollos comerciales y residenciales a todo lo largo del corredor, esto hace que los puntos de conflicto en las intersecciones al igual que el potencial de accidentes sea mas alto que la Nueva Radial Zapote-Curridabat.

- Las restricciones del derecho de vía existente en ambas carreteras haría mas difícil el incrementar la capacidad de los corredores al proponer la adición de carriles en ambas direcciones.

- La construcción de la Nueva Radial Zapote-Curridabat sería trazada como una continuación de la Autopista Florencio del Castillo para conectarse con la Autopista Estado de Israel, ofreciendo así la ruta mas directa y rápida al transporte automotor, la operación de esta nueva vía con el enlace

de las dos vías antes mencionadas proveerá la capacidad, seguridad y funcionalidad necesaria de un corredor de acceso restringido.

- Ambas rutas alternas continuarían congestionadas en las horas pico debido al incremento de la demanda, incluso una vez que se implementaran las mejoras de ampliación a seis carriles.

- La construcción de este nuevo tramo de autopista sería de gran importancia en la red vial del sector este de San José ya que permitiría una mejor distribución de los flujos de tráfico y ayudaría a disminuir la congestión actual existente.

- Las rutas alternas estudiadas se presentan dentro de una zona de gran desarrollo urbano y comercial, un gran número de viviendas y negocios se verían afectados por la ampliación de las carreteras existentes, desplazando así muchos de los habitantes del área.

- Algunos efectos negativos que se relacionan con el medio físico y humano en zonas de alto desarrollo urbano fueron también un factor importante en la selección del corredor vial existente sobre los dos corredores alternos antes mencionados, como se explica a continuación.

- El posible incremento de la contaminación ambiental debido al mayor número de vehículos transitando por las áreas urbanas.

- El incremento de los niveles de ruido, factor valorado en términos de molestia que implica para los residentes del área.

- Dificultades para el tránsito peatonal debido al incremento del tránsito vehicular con la implementación del proyecto de ampliación de vías.

- Posibles impactos al medio ambiente de áreas adyacentes al tener que relocalizar un número alto de comercios é industrias que operan en la zona de los corredores alternos.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE PRELIMINAR
ESTUDIO DE INGENIERIA

URS

SECCION 7

ANALISIS DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

7.1 Alternativas estudiadas

Se estudiaron diferentes alternativas para el mejoramiento del corredor San José-Zapote-Cartago, estas son:

1) No-Proyecto
2) Mejoramiento minimo
3) Sección 1- Autopista Estado de Israel (Alternativas 1 & 2)
4) Sección 2- Nueva Radial Zapote-Curridabat (Alternativa 1)
5) Sección 3- Autopista Florencio del Castillo:
   Segmento 1 – Alternativa 1 (Hacienda Vieja-La Galera y La Galera-Tres Ríos)
   Segmento 1 – Alternativa 2 (Hacienda Vieja-Tres Ríos)
   Segmento 1 – Alternativa 3 (Hacienda Vieja-Tres Ríos)
   Segmento 2 – Alternativa 1 (Tres Ríos-Taras)
   Segmento 3 – Alternativa 1 (Taras-La Lima)
   Segmento 4 - Carretera La Lima-Cartago

El análisis sobre las alternativas estudiadas mantienen las siguientes características ó asunciones presentes:

- La sección Autopista Estado de Israel presenta un derecho de vía restringido por lo cual se tratará de minimizar la expropiación de terrenos para la ampliación.
- La sección Nueva Radial Zapote-Curridabat sigue el alineamiento establecido con mínimas modificaciones, ya que existen cierta cantidad de terrenos reservados para el desarrollo de esta carretera.
- La ampliación de la Autopista Florencio del Castillo se proyecta hacia el centro de la misma de ser factible ya que es donde el terreno necesario para la adición de los dos carriles nuevos esta disponible.

7.1.1 ***Alternativa No-Proyecto*** – Esta alternativa asume que no se realiza ningún mejoramiento del corredor vial, por lo que las condiciones existentes se deterioran mas allá de lo previsto. Esta alternativa sirve de comparación a las otras aquí propuestas.

7.1.2 ***Alternativa de Mejoramiento Mínimo*** – Esta alternativa incluye el mejoramiento de intersecciones, semaforización, control de acceso, señalamiento y seguridad vial, etc. No incluye ensanchamiento. Se determinó que los beneficios recibidos de implementar esta alternativa serían muy limitados ya que no incluye la construcción de dos carriles adicionales para aumentar la capacidad vehicular del corredor.

7.1.3 Sección 1, Autopista Estado de Israel:

7.1.3.1 ***Alternativa 1*** – Esta alternativa se refiere al ensanchamiento de la vía a seis carriles, tres en cada dirección, donde la expansión en la Autopista Estado de Israel ocurre hacia ambos lados del derecho de vía existente ó sus respectivas modificaciones al lado norte ó sur del corredor. Esta alternativa considera el mantener las marginales operando bajo su funcionamiento actual.

Esta alternativa y sus variantes resulta en un alto costo de adquisición de derecho de vía, lo cual incrementaría el costo del proyecto sustancialmente, al mismo tiempo que presenta los mayores impactos socioeconómicos debido al desplazamiento de viviendas y negocios que se hace necesario para acomodar la nueva sección típica propuesta.

7.1.3.2 ***Alternativa 2*** – Esta alternativa es similar a la anterior en cuanto al objetivo de la expansión a seis carriles, sin embargo se propone usar parte del derecho de vía que ocupan las marginales para lograr dicho propósito y así minimizar la adquisición de derecho de vía adicional. Esta variación propone modificar el funcionamiento actual de las marginales.

En el segmento de Plaza Víquez – El Cerrito esta alternativa muestra seis carriles de tránsito, tres en cada dirección, cuatro carriles son de 3.00 metros de ancho y los dos carriles exteriores son de 3.30 metros de ancho. La vía esta separada en el centro por una barrera de parapeto divisoria (barrera New Jersey) de 0.6 m, con espaldones de 0.6 m de ancho a cada lado. Ambos carriles exteriores terminan con cordón y cuneta de 0.65 m de ancho y aceras de 1.80 m a cada lado. Ver figura 7.1

En el segmento El Cerrito – Zapote se presenta la misma sección típica para la vía principal, con la adición de las marginales que funcionan en una sola dirección; en el sentido del tránsito de la vía principal. El ancho de las marginales varía de 3.3 – 3.9 m y las divide de la via principal un separador de tráfico de concreto de 0.9 m. Las aceras se mantienen con un ancho de 1.50 m, dándole asi continuidad peatonal al segmento anterior. Ver figura 7.1

7.1.4 Sección 2, Nueva Radial Zapote-Curridabat:

7.1.4.1 ***Alternativa 1*** - La sección típica de este segmento presenta seis carrileras de tránsito, tres en cada dirección, con un ancho de 3.30 m, divididas por una barrera tipo New Jersey de 0.6 m y espaldones interiores de 1.20 m de ancho. En las secciones a nivel existe cordón y cuneta separadas de la carrilera exterior por un espaldón de 0.70 m de ancho. En las secciones elevadas existe una barrera de protección tipo New Jersey separada de la carrilera exterior por un espaldón de 0.875 m de ancho. Las aceras de esta sección son de 1.80 m de ancho a cada lado de la vía. Ver figura 7.2

7.1.5 Sección 3, Autopista Florencio del Castillo:

7.1.5.1 ***Segmento 1 - Alternativa 1*** – En el segmento Hacienda Vieja – La Galera esta alternativa muestra seis carriles de tránsito, tres en cada dirección, un carril interior de 3.50 metros de ancho y dos carriles exteriores de 3.65 metros de ancho en cada dirección. La vía esta separada en el centro por una barrera de parapeto divisoria (barrera New Jersey) de 0.6 m, con espaldones de 1.20 m de

ancho a cada lado. Esta sección típica termina con espaldones de 1.80 m de ancho a cada lado de la vía. El ensanchamiento del corredor en este segmento se efectuó usando el derecho de vía existente, 4.0 m al interior y 1.0 m al exterior de la vía existente, a ambos lados de la linea de construcción de la carretera.

La seccion de La Galera - Tres Ríos es una continuidad de la misma sección típica, el ensanchamiento que se propone es de 5.0 m hacia el interior de la carretera existente, a ambos lados de la linea de construcción de la carretera. La figura 7.3 muestra estas secciones típicas.

7.1.5.2 ***Segmento 2 - Alternativa 1*** **-** El segmento de Tres Ríos – Taras presenta una sección típica de tres carrileras en cada dirección de 3.65 m de ancho, espaldones interiores de 1.80 m y una isla divisoria de ancho variable. Los espaldones exteriores varian de 1.0 – 2.0 m de ancho. El ensanchamiento se propone usando el derecho de vía existente hacia el interior de la carretera. Ver figura 7.4

7.1.5.3 ***Segmento 3 - Alternativa 1*** **-** El segmento Taras – La Lima presenta el mismo número de carriles que la sección anterior, divididos por una isla de 4.05 m de ancho y cordón y cuneta. Espaldones de 1.80 m de ancho a ambos lados de la vía completan esta sección típica. El ensanchamiento se propone usando el derecho de vía existente hacia el exterior de la carretera. La figura 7.5, muestra estas secciones típicas.

7.1.5.4 ***Segmento 4*** – En el segmento La Lima – Cartago se propone mantener la sección típica existente y realizar los mejoramientos necesarios a la vía actual.

7.1.5.5 ***Segmento 1*** **- Alternativas 2 y 3** – También se analizaron otras dos secciones típicas posibles entre Hacienda Vieja y Tres Ríos. Las alternativas 2 y 3, como se muestra en las figuras 7.6 y 7.7 Estas dos alternativas fueron desechadas debido al incremento en el costo de construcción que representan, en ambas habría que modificar rampas existentes, estructuras de drenaje, intersecciones a lo largo de la vía, etc, encareciendo así el costo de construcción del proyecto.

7.2 Análisis de las alternativas estudiadas

Las alternativas estudiadas fueron comparadas y evaluadas teniendo en consideración diferentes parámetros, entre los que se incluyeron: costo de construcción, costo de la adquisición de derecho de vía, impactos socioeconómicos y medioambientales, nivel de servicio a lo largo del corredor vial, seguridad vial y mantenimiento de tránsito durante la construcción entre otras cosas. Basado en el análisis presentado en este reporte la Alternativa 2 de la Sección 1 (Autopista Estado de Israel), la Alternativa 1 de la Sección 2 (Nueva Radial Zapote-Curridabat), la Alternativa 1 de la Sección 3, Segmentos 1, 2 y 3 (Autopista Florencio del Castillo) se proponen como la "Alternativa Preferida" por las siguientes razones:

- Alternativas No-Proyecto y Mejoramiento Mínimo no proveen la capacidad adecuada para acomodar la demanda existente ni la demanda futura.

- En cuanto a la Autopista Estado de Israel la Alternativa 2 es la única alternativa que ofrece un balance en cuanto a lo que a capacidad vial se refiere al mismo tiempo que minimiza la expropiación de terrenos para la ampliación necesaria al utilizar el derecho de vía existente.

- Existen cuatro intersecciones que requieren la adquisición de derecho de vía para acomodar la demanda futura y la funcionalidad de las mismas. Estas intersecciones son: Rotonda Zapote, Hacienda Vieja, Taras y La Lima.

Basado en la selección de la "Alternativa Preferida", se desarrolló en mas detalle el estudio preliminar de ingeniería, concentrándose el mismo en el diseño horizontal y vertical, drenaje, impactos socioeconómicos y medioambientales, impactos por adquisición de derechos de vía, factibilidad económica y financiera, etc.

7.3 Análisis Operacional

La efectividad operacional de un corredor vial puede ser medida por los siguientes factores:

- Nivel de Servicio
- Mejoramientos de acceso al corredor desde las intersecciones de enlace
- Mejoramiento de la seguridad vial
- Seguridad peatonal a lo largo del corredor

Nivel de Servicio

El reporte de tránsito presenta un análisis detallado del nivel de servicio del corredor vial San José-Zapote-Cartago. Basado en los análisis de tránsito realizados como parte de este estudio preliminar de ingeniería, la carretera necesita ser ampliada a seis carriles de tránsito, tres en cada dirección. Como resultado de las mejoras propuestas en las intersecciones, intercambios y el incremento propuesto en el número de vías, el corredor vial operará a un nivel de servicio aceptable.

Mejoramientos de acceso al corredor desde las intersecciones de enlace

Un factor negativo que se presenta a través del corredor es el número de accesos ilegales ó accesos existentes con estándares inadecuados. Como parte del diseño del corredor vial se tendrá en cuenta este problema para tratar de mitigar y reducir la disrupción del tránsito en la vía principal, al igual que el número de accidentes que esta condición ocasiona.

Mejoramiento de la seguridad vial

La ampliación de la vía a seis carriles de tránsito, el mejoramiento de la señalización vertical y horizontal, el mejoramiento del drenaje sobre la vía y la implementación de un diseño funcional con estándares actualizados, ofrecerá un nivel de seguridad vial del cual se carece hoy día. La reducción en el numero de accidentes, la capacidad vial adecuada, la reducción de la contaminación ambiental por emisiones de gases debido a la congestión vehicular y el tiempo de traslación de viaje recibirán un impacto positivo como consecuencia del mejoramiento de la seguridad vial.

Seguridad peatonal a lo largo del corredor

El acceso peatonal y su seguridad será mejorado a través de todo el corredor con la implementación de puentes peatonales en diferentes puntos estratégicos donde son necesarios. También se propondrá la continuidad de las aceras en las zonas urbanas para proveer seguridad peatonal.

7.4 Estimados de costo de construcción (PENDIENTE PARA EL REPORTE FINAL)

7.5 Impactos por adquisición del derecho de vía (PENDIENTE PARA EL REP. FINAL)

7.6 Impactos al medio ambiente

Los elementos del medio físico serán afectados por los cambios que la actividad producirá sobre la dinámica de las aguas subterráneas (reducción de la capacidad de infiltración); asimismo, por la pérdida de suelo (horizonte productivo) y por la activación de procesos erosivos que producirán arrastre y aporte de sedimentos a las aguas pluviales y a los cuerpos de agua en el entorno, así como emanación de finos que deterioran la calidad del aire, tanto en el sitio como en el entorno. Serán efectos en su mayoría temporales, reversibles y evitables a través de medidas de mitigación.

El efecto de la actividad sobre el medio biótico es muy poco significativo en vista de la total alteración de los recursos de flora, fauna y ecosistemas (efecto antrópico histórico). Se valora un impacto bajo sobre la flora, en vista de la eliminación de alguna cobertura vegetal remanente en las áreas en donde se desarrollarán los nuevos componentes. Asimismo, un impacto de iguales características sobre los ecosistemas remanentes en los cuerpos de agua del entorno.

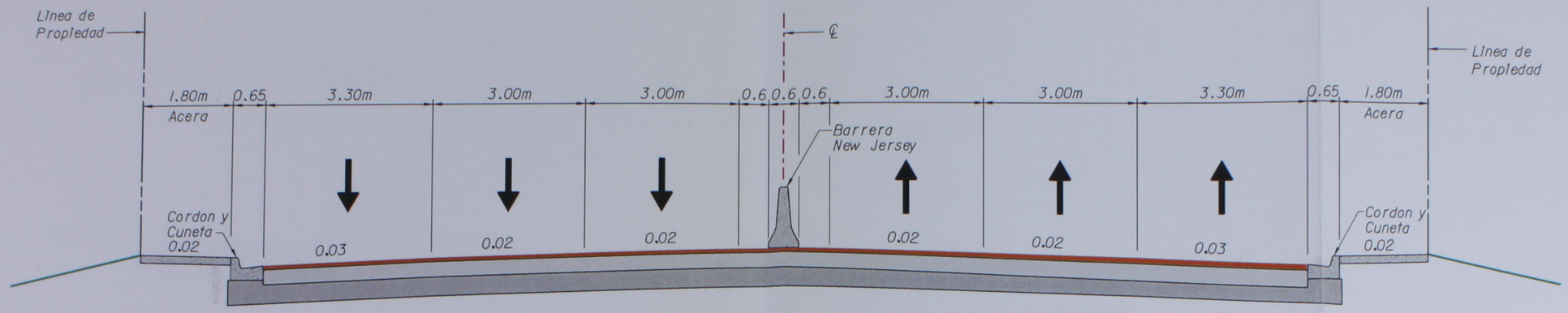
Un efecto negativo medio se espera sobre los asentamientos humanos, la salud y la seguridad comunal, básicamente por el aumento en el tránsito de maquinaria pesada durante esta actividad y que repercute sobre las vías públicas y las comunidades del entorno inmediato.

Este impacto se manifiesta también en relación con la infraestructura y los servicios, aunque de magnitud baja, ya que los trabajos afectarán las actividades operativas de las vías que operan actualmente. En su mayoría, los impactos serán temporales, reversibles e inevitables.

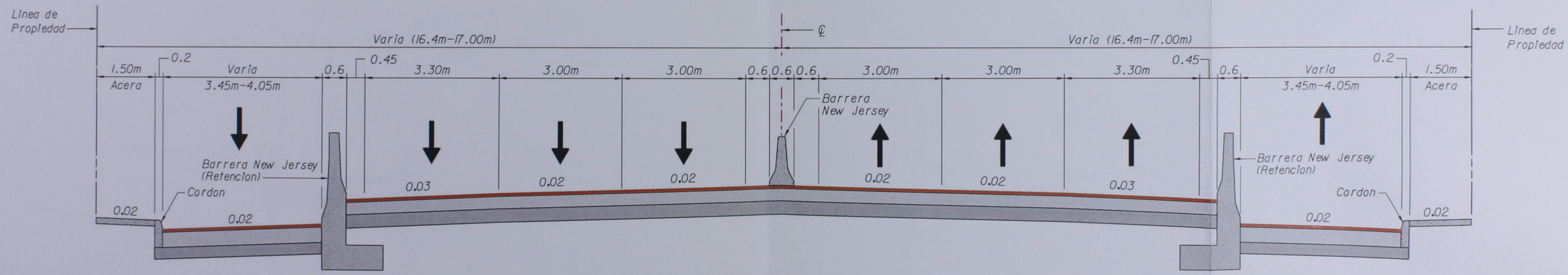
Se espera un único impacto positivo derivado de esta actividad y que estará ligado a la oferta de empleo; no obstante, será un impacto poco significativo y de carácter temporal mientras dure la fase de construcción.

Se espera un impacto poco significativo sobre el medio físico, ya que la mayoría se habrán manifestado como consecuencia de los movimientos de tierra. Sobre las aguas subterráneas, esta actividad implicará cambios en la dinámica por generar impermeabilización y modificar el patrón de drenaje y recarga.

7.7 Matriz sumario de la evaluación (PENDIENTE PARA EL REPORTE FINAL)



PLAZA VIQUEZ - EL CERRITO



EL CERRITO - ZAPOTE

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISEÑADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

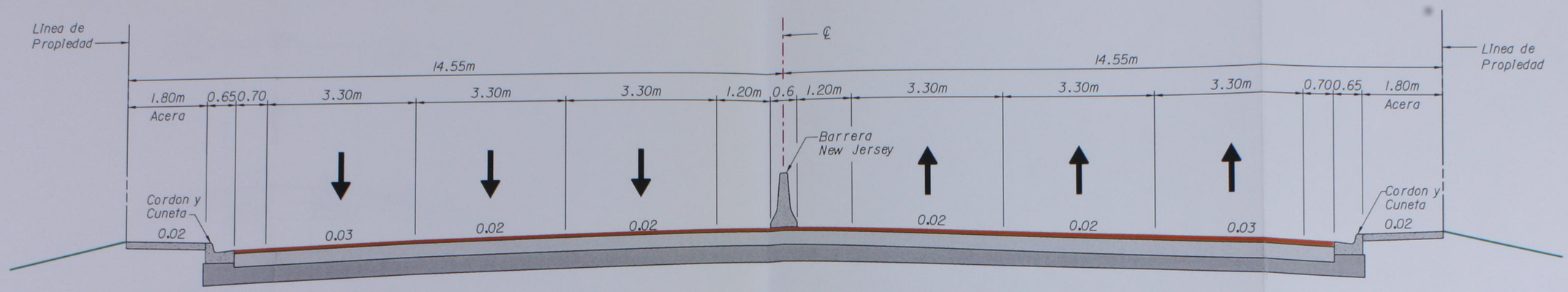
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

URS
URS Corporation
5805 NW 11th Street, Suite 340
Miami, FL 33126-2053
Tel: (305) 262-7466

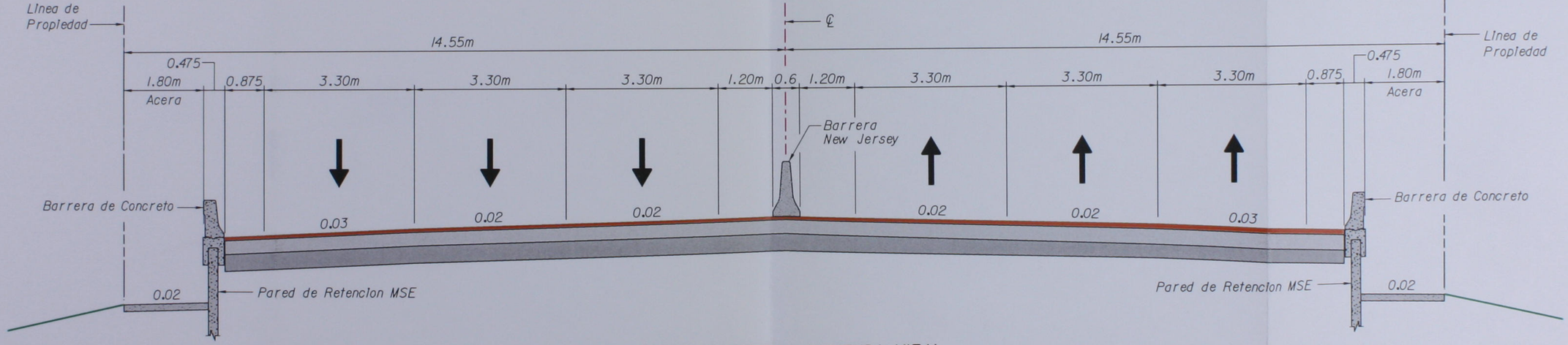
SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

SECCION 1
ALTERNATIVA 2

FIGURA 7.1
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:



RADIAL ZAPOTE - HACIENDA VIEJA



RADIAL ZAPOTE - HACIENDA VIEJA

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISENADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

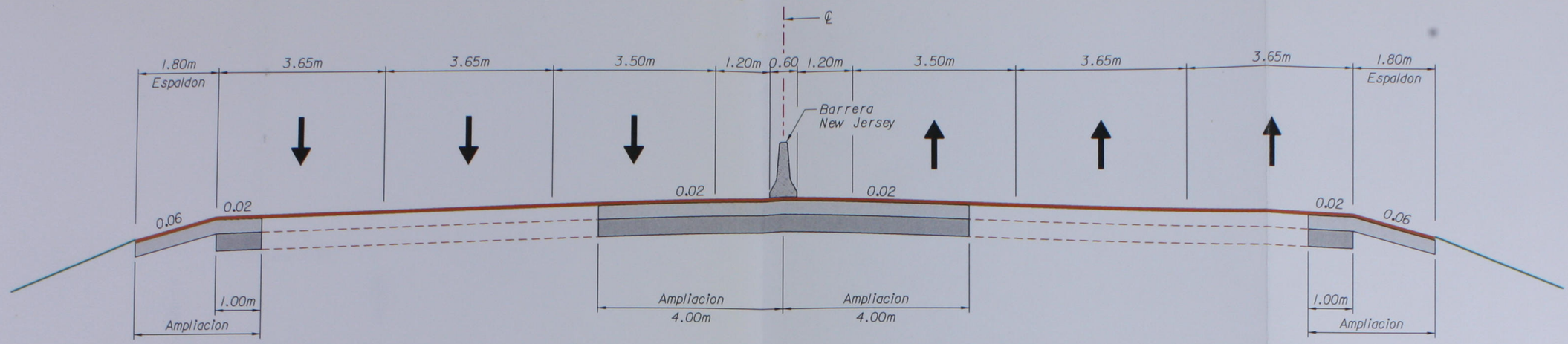
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

URS
URS Corporation
5805 NW 11th Street, Suite 340
Miami, FL 33126-2053
Tel: (305) 262-7466

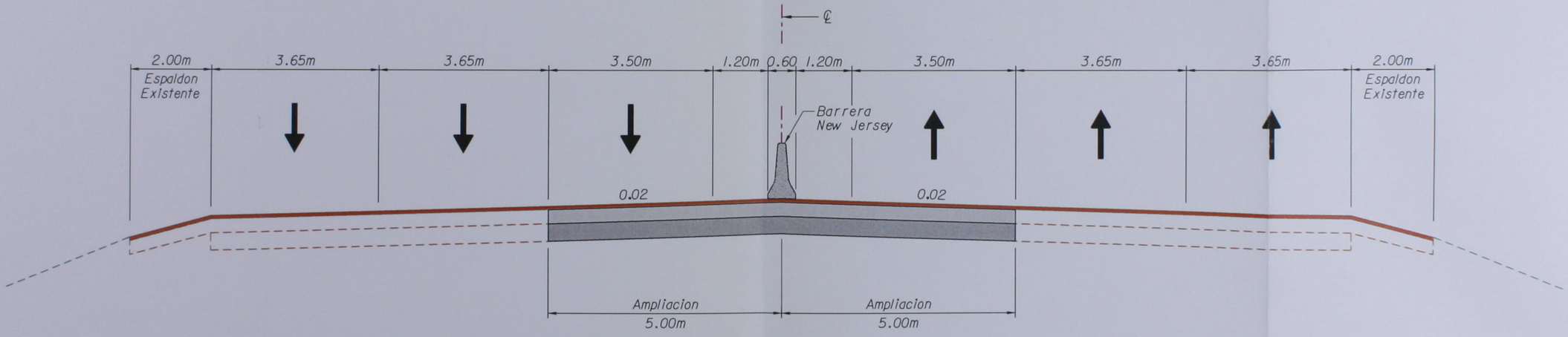
SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

SECCION 2
ALTERNATIVA 1

FIGURA 7.2
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:



HACIENDA VIEJA - LA GALERA



LA GALERA - TRES RIOS

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISEÑADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

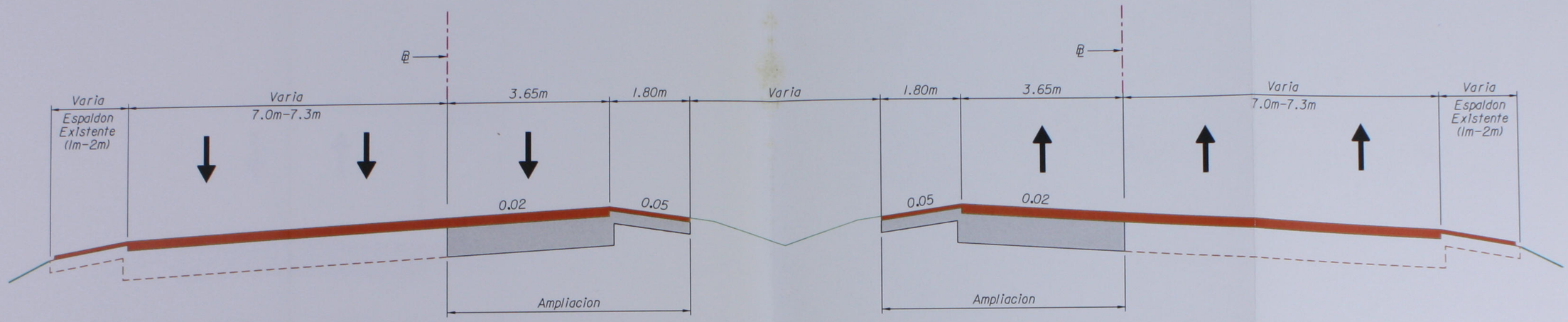
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

URS
URS Corporation
5805 NW 11th Street, Suite 340
Miami, FL 33126-2053
Tel: (305) 262-7466

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO
SECCION 3
SEGMENTO 1
ALTERNATIVA 1

FIGURA 7.3
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:



TRES RIOS - TARAS

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISENADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

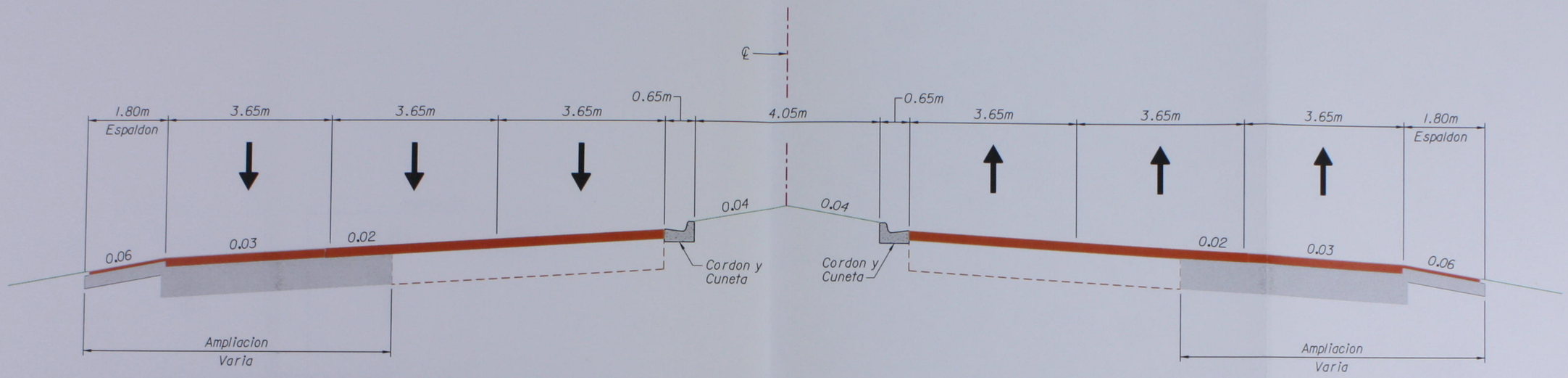
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

URS
URS Corporation
5805 NW 11th Street, Suite 340
Miami, FL 33126-2053
Tel: (305) 262-7466

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO
SECCION 3
SEGMENTO 2
ALTERNATIVA 1

ESCALA:
FIGURA 7.4
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:



TARAS - LA LIMA

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISENADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

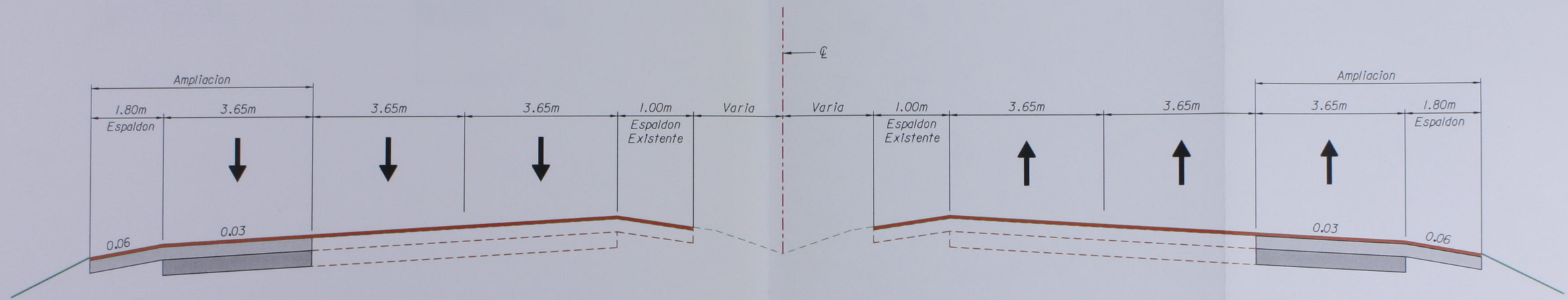
MINISTERIO DE OBRAS
PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

URS
URS Corporation
5805 NW 11th Street, Suite 340
Miami, FL 33126-2053
Tel: (305) 262-7466

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO
SECCION 3
SEGMENTO 3
ALTERNATIVA 1

FIGURA 7.5
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:



HACIENDA VIEJA - TRES RIOS

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISEÑADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

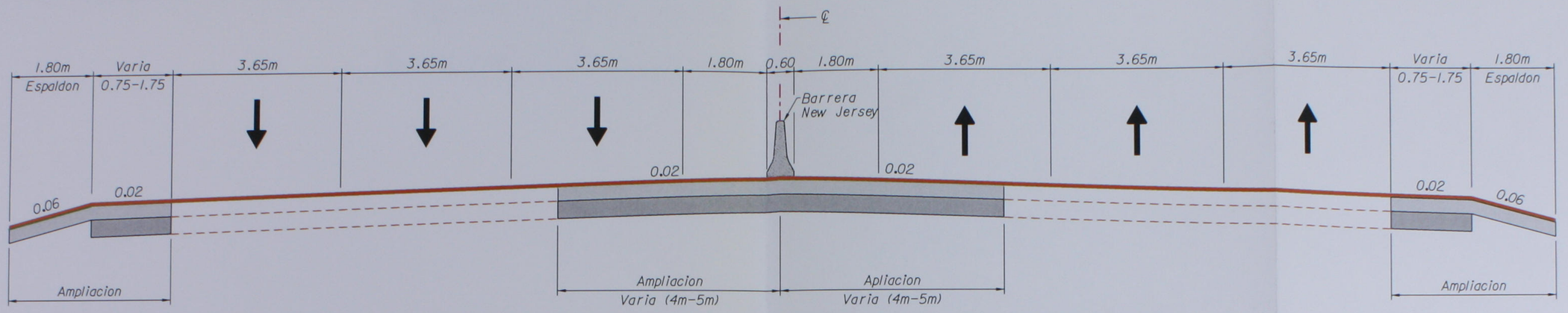
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

URS
URS Corporation
5805 NW 11th Street, Suite 340
Miami, FL 33126-2053
Tel: (305) 262-7466

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO
SECCION 3
SEGMENTO 1
ALTERNATIVA 2

ESCALA: FIGURA 7.6
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:



HACIENDA VIEJA - TRES RIOS

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISENADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

URS
URS Corporation
5805 NW 11th Street, Suite 340
Miami, FL 33126-2053
Tel: (305) 262-7466

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO
SECCION 3
SEGMENTO 1
ALTERNATIVA 3

FIGURA 7.7
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE PRELIMINAR

ESTUDIO DE INGENIERIA

URS

SECTION 8

ANALISIS PRELIMINAR DE DISEÑO

8.1 Volúmenes de Tránsito

Para el diseño preliminar del proyecto es necesario determinar los volúmenes de tránsito que deberá soportar a futuro el proyecto. En la determinación de estos volúmenes vehiculares se tomaron como base las series históricas de TPD y los aforos de tránsito realizados en campo, con el complemento de la información derivada del estudio de capacidades de las vías componenetes del proyecto.

En el caso de la Autopista Florencio del Castillo, se resumen a continuación los volúmenes derivados de los conteos de tránsito (junio del 2000), para cada tramo de interés.

Cuadro 8.1
Resumen del Tránsito Diario
Autopista Florencia del Catillo
Aforos Vehiculares de Junio del 2000

Tramo Vial (Autopista Florencia del Castillo)	Volumen Diario (Vehiculos mixtos/día)
Curridabat-La Galera:	29,817
La Galera-Lomas de Ayarco:	41,618
Lomas de Ayarco-San Rafael:	35,272
San Rafael-Taras:	37,451
Taras-La Lima:	28,324
La Lima-Cartago:	27,212

De la inspección de los volúmenes anteriores, resultan críticos los tramos intermedios de la autopista, comprendidos entre la Galera y Taras, y de éstos será necesario valorar especialmente el tramo entre San Rafael de La Unión y Taras, debido a que en este sector se incluyen tramos de vía con pendientes fuertes y un tránsito importante de vehículos pesados, aspectos que inciden notablemente en la reducción de la capacidad de la vía.

Para proyectar el tránsito a futuro, se recurre a la técnica del análisis de regresión, aproximando para ello el crecimiento vehicular según una curva logística o curva "S", cuyo valor de asíntota lo representa la capacidad determinada para cada tramo vial. Los análisis se realizaron considerando aumentos en la capacidad de la vía (adición en la cantidad de carriles del tramo vial estudiado), aumentos que se consideraron necesarios cuando los volúmenes de tránsito proyectados

representaban proporciones cercanas al 90 % de la capacidad, hecho que se asocia con un bajo nivel de servicio (cercano al nivel de servicio E).

La información resultante del proceso de regresión se presenta en el Anexo 8-A, incluyendo tanto el crecimiento histórico del tránsito como la proyección del TPD mediante su aproximación a una curva logística o curva "S".

Finalmente, se resume en el Cuadro 8.2 el crecimiento esperado del TPD por tramo vial de proyecto, según la serie histórica correspondiente y bajo la consideración de un crecimiento del tránsito según una curva logística.

Cuadro 8.2
Crecimiento Esperado del TPD
Según Serie Histórica con Proyección Logística

AÑO	TRAMO 1		TRAMO 3		TRAMO 6		TRAMO 7		TRAMO 8	
	Cartago-La Lima (ambos sentidos)		Taras-Ochomogo (ambos sentidos)		San Rafael-Ochomogo (ambos sentidos)		San Rafael-Peaje TR (ambos sentidos)		Peaje-L. De Ayarco (ambos sentidos)	
	Tasa de Crecimiento	TPD	Tasa de Crecimiento	TPD	Tasa de Crecimiento	TPD	Tasa de Crecimiento	TPD	Tasa de Crecimiento	TPD
2000		30381		35174		35394		34868		34868
2005	6,98%	42579	4,19%	43181	1,60%	38321	4,73%	43932	5,03%	44565
2010	4,60%	53323	2,72%	49385	4,51%	47778	3,34%	51776	3,78%	53649
2015	2,75%	61055	3,49%	58626	2,87%	55039	3,23%	60695	3,82%	64709
2020	4,84%	77331	2,35%	65846	2,75%	63035	2,36%	68203	2,93%	74761
2025	3,11%	90128	1,51%	70969	1,79%	68882	1,67%	74092	2,16%	83192
2030	1,86%	98826	0,93%	74331	1,12%	72827	1,14%	78412	1,54%	89798

Año en que se requiere la construcción de un carril adicional.

Es importante aclarar que los valores de tránsito diario aforados en el año 2000, sirvieron como punto de verificación para los resultados obtenidos del análisis de regresión, a la vez que se verificó que las tasas de crecimiento de cada subtramo analizado, para el último año con registro histórico, correspondieran con las calculadas en la Sección 4, bajo un supuesto crecimiento histórico de tipo exponencial. Lo anterior garantiza la consistencia en los cálculos realizados.

También es necesario aclarar que los análisis se hicieron considerando exclusivamente aspectos referidos a la capacidad del tramo vial, lo que significa que los volúmenes proyectados no consideran el impacto del cobro de un peaje adecuado a la concesión del proyecto. Bajo esta situación, es esperable que un cierto porcentaje de los usuarios use rutas alternas, lo que implicaría la disminución automática de los volúmenes de tránsito para la autopista y por ende de la tasa de crecimiento, la cual se podría establecer una vez finalizados los estudios de demanda y los análisis de sensibilidad del usuario a la tarifa del peaje.

8.2 Secciones típicas

Con el conocimiento de los volúmenes de tránsito proyectados a futuro, es posible determinar la cantidad de carriles requeridos para determinado nivel de funcionamiento de la vía, también llamado

nivel de servicio. En el caso concreto de este estudio se consideró como nivel de servicio mínimo tolerable aquel asociado a una relación volumen a capacidad cercana al valor de 0.9, o sea que la capacidad se haya agotado en un 90%.

En el Anexo 8-B se resumen los cáculos referidos a la cantidad de carriles necesarios por tramo vial, siguiendo para ello los procedimientos establecidos en el Manual de Capacidad de Carreteras, cuyas principales formulaciones se comentan a continuación.

La relación entre el volumen horario de saturación y el TPD de saturación viene dada por la siguiente fórmula:

$$TPDA_{máx} = \frac{VHM}{k * D}$$

donde:

$TPDA_{máx}$	=	Aproximación del Tránsito Promedio Diario de saturación.
VHM	=	Volumen horario de saturación o máximo.
k	=	factor que relaciona el volumen horario máximo con el valor de TPDA.
D	=	porcentaje del tránsito en la hora máxima circulando en el sentido más "cargado". Para este valor el Manual de Capacidad recomienda 0.5 para autopistas urbanas tipo periférico y 0.55 para autopistas urbanas radiales.

Por otro lado, el volumen horario de proyecto VHP direccional se debe convertir a un flujo máximo equivalente o flujo de servicio FS, según la siguiente fórmula:

$$FS = \frac{VHP}{FHP}$$

El número de carriles para un determinado tramo vial se obtiene de la siguiente relación:

$$N = \frac{FS}{C_j * (V/C)_i * (f_A) * (f_{VP}) * (f_C)}$$

En la ecuación anterior es necesario establecer el valor de V/C para el año de proyecto con el fin de garantizar un nivel de servicio tolerable y que una vez alcanzado determine la necesidad de aumentar la cantidad de carriles.

El Cuadro 8.3 resume la cantidad de carriles requeridos por tramo vial del proyecto y para cada uno de los años escenario del estudio, mientras que el Cuadro 8.4 presenta, de acuerdo con condiciones

locales específicas, la cantidad de carriles sugeridos para los mismos tramos viales y años escenario del estudio.

Cuadro 8.3
Cantidad de Carriles Requeridos por Tramo con Registro Histórico de TPD

AÑO	TRAMO 1	TRAMO 3	TRAMO 6	TRAMO 7	TRAMO 8
	Cartago-La Lima	Taras-Ochomogo	San Rafael-Ochomogo	San Rafael-Peaje TR	Peaje-L. De Ayarco
	(Por sentido)	(Sentido hacia S.J.)	(Sentido hacia Cartago)	(Por sentido)	(Por sentido)
2005	2	3	3	3	2
2010	2	3	3	3	3
2015	3	4	4	3	3
2020	3	4	4	4	4
2025	4	4	4	4	4
2030	4	4	4	4	4

Cuadro 8.4
Cantidad Total de Carriles Sugeridos por Sección del Proyecto

AÑO	TRAMO 1	TRAMO 3	TRAMO 6	TRAMO 7	TRAMO 8
	Cartado-Taras	Taras-San Rafael de TR	San Rafael de TR-La Galera	La Galera-Hacienda Vieja	Proyecto Zapote-Curridabat
	(Ambos sentidos)	(Ambos sentidos)	(Ambos sentidos)	(Ambos sentidos)	(Ambos sentidos)
2005	4	6	6	4	4
2010	4	6	6	6	6
2015	6	8	6	6	6
2020	6	8	8	8	6
2025	8	8	8	8	6
2030	8	8	8	8	6

8.3 Concepto para las intersecciones y semaforización

Al igual que los análisis realizados para las distintas secciones de vía del proyecto, las intersecciones fueron analizadas funcionalmente, determinando para ello los volúmenes de tránsito que a futuro deberán soportar, de manera tal que se puedan hacer recomendaciones con el fin de mantener determinados niveles de operación. El procedimiento de análisis incluyó la determinación de los volúmenes de tránsito futuro, para lo cual se tomaron como base los volúmenes aforados en el año 2000, y asignando a estos las tasas de crecimiento estimadas para los tramos viales aledaños, según cálculos presentados previamente en la sección 8.1 de este estudio.

La determinación del funcionamiento de las intersecciones en el año 2000 partió de un inventario referido a las condiciones prevalecientes para cada intersección (de infraestructura, de regulación y del tránsito). Así por ejemplo, para el caso de las intersecciones controladas con semáforo, es fundamental conocer las duraciones del ciclo y las fases asociadas al mismo, así como los movimientos permitidos en cada una de las fases. Posteriormente, con la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras, se determinó en cada intersección estudiada los niveles de funcionamiento para el año 2000, para posteriormente proyectar a futuro esas condiciones con el fin de dar las recomendaciones necesarias para mantener cierto grado de funcionalidad.

En el Anexo 8-C se muestran las intersecciones estudiadas con la información de volúmenes de tránsito por movimiento e información relacionada con el tipo de control usado en ella. En el Anexo 8-D se muestra el Análisis Funcional de las Intersecciones del corredor vial.

En el Anexo 8-D se muestra la información derivada de los análisis funcionales de las intersecciones y se presentan las recomendaciones sugeridas para cada intersección, así como el año en donde son requeridas.

8.4 Planos preliminares de ingeniería (Alternativa Preferida)

Los planos preliminares de ingeniería para la Alternativa preferida son presentados en el volúmen adjunto a este estudio preliminar de ingeniería. En los planos se presenta la planta y perfil del corredor San José-Zapote-Cartago; los mejoramientos al sistema de drenajes; los mejoramientos a las intersecciones y accesos; los requerimientos del derecho de vía adicional; y otros detalles pertinentes.

8.5 Concepto de utilización de las marginales

Las marginales existentes en el área de El Cerrito a Zapote se mantendrán en servicio con el propósito de controlar el acceso a la vía principal. El uso de marginales representa el sistema de seguridad vial mas efectivo de control de accesos desde las propiedades y negocios colindantes a una carretera con volúmenes de tránsito tan altos como los que usan la Autopista Estado de Israel.

El ancho y el sentido de tránsito de las marginales se limitará a una carrilera en la dirección del tránsito de la avenida principal con una dimensión de 3.3 a 3.9 metros de ancho. La figura 7.1, Seccion 7, muestra el uso propuesto para las marginales en el área de El Cerrrito-Zapote.

8.6 Análisis de la Rotonda Zapote

La Rotonda Zapote está ubicada en la intersección entre la Radial Estado de Israel (Ruta 215) y el Boulevard Circunvalación (Ruta 39), entre las Rotondas de La Hispanidad en San Pedro y la Rotonda Y Griega, al lado este del área central comercial de San José.

La Rotonda cuenta con cuatro accesos: San Pedro, San José, Y Griega y Zapote. Con excepción del acceso San Pedro que tiene tres carriles para ingresar a la Rotonda, todos los otros accesos poseen dos carriles de ingreso a la Rotonda. Además todas las salidas de la Rotonda estan conformadas por dos carriles cada una. Los accesos y salidas sobre el Boulevard Circunvalación están separados por islas medianeras.

La existencia de flujos con volúmenes altos en accesos adyacentes a la Rotonda Zapote, indica que la rotonda no es la solución mas eficiente para el patrón de demanda existente de esta intersección. Durante el período pico de la mañana se puede observar una congestión general de todos los carriles con excepción de las rampas exclusivas para los movimientos de giro derecho en los accesos de San José y Zapote. Durante el período pico de la tarde se observa una congestión total de todos los accesos y por lo tanto, no se cuenta con reserva para la demanda futura. El análisis funcional de la

rotonda demuestra que la alternativa a nivel no ofrece la solución adequada ni la capacidad necesaria, y el añadir mas carriles es imposible debido al desbalance del sistema de accesos y salidas de la intersección.

Teniendo en cuenta dicho análisis funcional y operacional se determinó que la construcción de un paso a desnivel en el sentido del Boulevard Circunvalación, en combinación con la habilitacion de un tercer carril dentro del derecho de via existente en el acceso San José, sería bastante efectiva para mitigar la congestión actual de la Rotonda Zapote.

De la misma manera se recomienda que el paso a desnivel sea subterráneo debido a la necesidad de preservar el Monumento a las Garantías Sociales y evitar la obstrucción visual de la estructura.

Dada la distribución de los flujos de tránsito y su magnitud es recomendable un paso a desnivel en dirección del Boulevard Circunvalación, que cuente con un minimo de dos carriles por sentido utilizando así el derecho de vía disponible.

8.7 Estructuras

La estructura No. 1 esta localizada entre las estaciones 121+05.848 y 121+27.681. El puente propuesto cuenta con una luz de aproximadamente 21.8 metros, una superestructura que consiste de 13 vigas de concreto pretensado prefabricado Tipo III de AASHTO y una loza de concreto reforzado de 200 milimetros de espesor. La subestructura propuesta consiste de dos bastiones apoyados en pilotes de 455 mm cuadrados, de concreto pretensado y prefabricado. También se proponen dos pines de cortante de concreto en cada uno de los bastiones para fijar la superestructura y asegurarla contra movimientos transversales ó longitudinales que podrían ocacionar las cargas sísmicas. El relleno de aproximación a la estructura se sujeta a cada bastión con paredes MSE (mechanically stabilized earth walls).

La sección típica del puente se divide en seis (6) carrileras de tránsito, tres en dirección norte y tres en dirección sur, con espaldones exteriores de 0.875 metros y espaldones interiores de 1.2 metros de ancho. La dimensión de la plataforma de rodamiento es de 11.975 metros de ancho, en ambas direcciones de la vía. Para asegurar la protección de los vehículos que circulen sobre el puente se ha propuesto una barrera central de concreto tipo New Jersey separando la vía norte de la vía sur, al igual que barreras de concreto tipo New Jersey a ambos lados de la estructura.

Los detalles de la estructura No. 1 se muestran en la figura 8.1 y 8.1A

La estructura No. 2 esta localizada entre las estaciones 125+18.063 y 125+50.065. El puente propuesto cuenta con una luz de aproximadamente 32 metros, una superestructura que consiste de 10 vigas de concreto pretensado prefabricado Tipo V de AASHTO y una loza de concreto reforzado de 200 milimetros de espesor. La subestructura propuesta consiste de dos bastiones apoyados en pilotes de 455 mm cuadrados, de concreto pretensado y prefabricado. También se proponen dos pines de cortante de concreto en cada uno de los bastiones para fijar la superestructura y asegurarla contra movimientos transversales ó longitudinales que podrían ocacionar las cargas sísmicas. El relleno de

aproximación a la estructura se sujeta a cada bastión con paredes MSE (mechanically stabilized earth walls).

La sección típica del puente se divide en seis (6) carrileras de tránsito, tres en dirección este y tres en dirección oeste, con espaldones exteriores de 0.875 metros y espaldones interiores de 1.2 metros de ancho. La dimensión de la plataforma de rodamiento es de 11.975 metros de ancho, en ambas direcciones de la vía. Para asegurar la protección de los vehículos que circulen sobre el puente se ha propuesto una barrera central de concreto tipo New Jersey separando la vía este de la vía oeste, al igual que barreras de concreto tipo New Jersey a ambos lados de la estructura.

Los detalles de la estructura No. 2 se muestran en la figura 8.2 y 8.2A

La estructura No. 3 esta localizada entre las estaciones 128+90.137 y 129+55.58. El puente propuesto cuenta con dos luces de aproximadamente 65.4 metros de largo, una superestructura que consiste de 18 vigas de concreto pretensado prefabricado Tipo VI de AASHTO y una loza de concreto reforzado de 200 milimetros de espesor. La subestructura propuesta consiste de dos bastiones apoyados en pilotes de 455 mm cuadrados, de concreto pretensado y prefabricado, al igual que un pilar con zapata apoyado en un pilote de 455 mm cuadrados. También se proponen dos pines de cortante de concreto en cada uno de los bastiones para fijar la superestructura y asegurarla contra movimientos transversales ó longitudinales que podrían ocacionar las cargas sísmicas. El relleno de aproximación a la estructura se sujeta a cada bastión con paredes MSE (mechanically stabilized earth walls).

La sección típica del puente se divide en siete (7) carrileras de tránsito, cuatro en dirección este y tres en dirección oeste, con espaldones exteriores de 0.875 metros y espaldones interiores de 1.2 metros de ancho. La dimensión de la plataforma de rodamiento es de 15.625 metros de ancho, en dirección este y 11.975 en dirección oeste. Para asegurar la protección de los vehículos que circulen sobre el puente se ha propuesto una barrera central de concreto tipo New Jersey separando la vía este de la vía oeste, al igual que barreras de concreto tipo New Jersey a ambos lados de la estructura.

Los detalles de la estructura No. 3 se muestran en la figura 8.3 y 8.3A

La estructura No. 4 esta localizada 139+30.563 y 139+62.482. El puente propuesto cuenta con una luz de aproximadamente 31.9 metros, una superestructura que consiste de 10 vigas de concreto pretensado prefabricado Tipo V de AASHTO y una loza de concreto reforzado de 200 milimetros de espesor. La subestructura propuesta consiste de dos bastiones apoyados en pilotes de 455 mm cuadrados, de concreto pretensado y prefabricado. También se proponen dos pines de cortante de concreto en cada uno de los bastiones para fijar la superestructura y asegurarla contra movimientos transversales ó longitudinales que podrían ocacionar las cargas sísmicas. El relleno de aproximación a la estructura se sujeta a cada bastión con paredes MSE (mechanically stabilized earth walls).

La sección típica del puente se divide en seis (6) carrileras de tránsito, tres en dirección este y tres en dirección oeste, con espaldones exteriores de 0.875 metros y espaldones interiores de 1.2 metros de ancho. La dimensión de la plataforma de rodamiento es de 11.975 metros de ancho, en ambas direcciones de la vía. Para asegurar la protección de los vehículos que circulen sobre el puente se ha

propuesto una barrera central de concreto tipo New Jersey separando la vía este de la vía oeste, al igual que barreras de concreto tipo New Jersey a ambos lados de la estructura.

Los detalles de la estructura No. 4 se muestran en la figura 8.4 y 8.4A

La estructura No. 5 esta localizada entre las estaciones 147+65.634 y 147+92.810. El puente propuesto cuenta con una luz de aproximadamente 27.2 metros, una superestructura que consiste de 16 vigas de concreto pretensado prefabricado Tipo VI de AASHTO y una loza de concreto reforzado de 200 milimetros de espesor. La subestructura propuesta consiste de dos bastiones apoyados en pilotes de 455 mm cuadrados, de concreto pretensado y prefabricado. También se proponen dos pines de cortante de concreto en cada uno de los bastiones para fijar la superestructura y asegurarla contra movimientos transversales ó longitudinales que podrían ocacionar las cargas sísmicas. El relleno de aproximación a la estructura se sujeta a cada bastión con paredes MSE (mechanically stabilized earth walls).

La sección típica del puente se divide en seis (6) carrileras de tránsito, tres en dirección este y tres en dirección oeste, con espaldones exteriores de 0.875 metros y espaldones interiores de 1.2 metros de ancho. La dimensión de la plataforma de rodamiento es de 11.975 metros de ancho, en ambas direcciones de la vía. Para asegurar la protección de los vehículos que circulen sobre el puente se ha propuesto una barrera central de concreto tipo New Jersey separando la vía este de la vía oeste, al igual que barreras de concreto tipo New Jersey a ambos lados de la estructura.

Los detalles de la estructura No. 4 se muestran en la figura 8.5 y 8.5A

La estructura No. 6 esta localizada entre las estaciones 436+30.78 y 436+49.163. El puente propuesto cuenta con una luz de aproximadamente 18.4 metros, una superestructura que consiste de 9 vigas de concreto pretensado prefabricado Tipo II de AASHTO y una loza de concreto reforzado de 200 milimetros de espesor. La subestructura propuesta consiste de dos bastiones apoyados en pilotes de 455 mm cuadrados, de concreto pretensado y prefabricado. También se proponen dos pines de cortante de concreto en cada uno de los bastiones para fijar la superestructura y asegurarla contra movimientos transversales ó longitudinales que podrían ocacionar las cargas sísmicas. El relleno de aproximación a la estructura se sujeta a cada bastión con paredes MSE (mechanically stabilized earth walls).

La sección típica del Puente consta de tres (3) carrileras de tránsito en dirección oeste, con espaldón exterior de 1.80 metros de ancho. La dimensión de la plataforma de rodamiento es de 14.55 metros de ancho. Para asegurar la protección de los vehículos que circulen sobre el puente se ha propuesto una barrera de concreto tipo New Jersey a ambos lados de la estructura.

Los detalles de la estructura No. 4 se muestran en la figura 8.6 y 8.6A

La estructura No. 7 esta localizada entre las estaciones 438+83.707 y 439+08.49. El puente propuesto cuenta con una luz de aproximadamente 24.8 metros, una superestructura que consiste de 7 vigas de concreto pretensado prefabricado Tipo IV de AASHTO y una loza de concreto reforzado de 200 milimetros de espesor. La subestructura propuesta consiste de dos bastiones apoyados en

pilotes de 455 mm cuadrados, de concreto pretensado y prefabricado. También se proponen dos pines de cortante de concreto en cada uno de los bastiones para fijar la superestructura y asegurarla contra movimientos transversales ó longitudinales que podrían ocacionar las cargas sísmicas. El relleno de aproximación a la estructura se sujeta a cada bastión con paredes MSE (mechanically stabilized earth walls).

La sección típica del Puente consta de tres (3) carrileras de tránsito en dirección oeste, con espaldón exterior de 1.80 metros de ancho. La dimensión de la plataforma de rodamiento es de 14.55 metros de ancho. Para asegurar la protección de los vehículos que circulen sobre el puente se ha propuesto una barrera de concreto tipo New Jersey a ambos lados de la estructura.

Los detalles de la estructura No. 4 se muestran en la figura 8.7 y 8.7A

8.8 Pasos peatonales

El corredor presenta dos pasos peatonales en existencia, el primero es un paso peatonal a nivel localizado en la estación 103+80 (cerca de la clínica Carlos Durán) y el otro es un paso peatonal a desnivel que esta localizado en la estación 188+95 sobre la Autopista Florencio del Castillo,el cual comunica sectores residenciales importantes como Florencio del Castillo y Villas de Ayarco. La necesidad de ofrecer seguridad peatonal como parte del proyecto hace que el diseño propuesto incluya doce (12) nuevos pasos peatonales a desnivel, localizados estratégicamente a lo largo del corredor vial y en puntos donde se observa gran actividad de cruce peatonal. La ubicación de los pasos peatonales propuestos se muestran en la figura 8.8, al final de esta Sección.

8.9 Recomendación estetica para la red vial

Se recomienda como parte del diseño final del corredor San José-Zapote-Cartago, el plantar arbustos y grama en lugares disponibles de las isletas medianeras ó las márgenes de la carretera. De la misma forma se recomienda relocalizar todos aquellos árboles y arbustos afectados por la ampliación de la vía. Por tratarse de una reconstrucción total y de la construcción de una nueva vía (Nueva Radial Zapote-Curridabat) debe de tomarse en cuenta que la inclusión de factores estéticos en un corredor que atraviesa zonas residenciales e industriales minimiza los impactos ambientales en lo que al impacto visual se refiere.

Al realzar el valor estético de una vía pública debe de considerarse tres factores importantes, estos son:

- Selección y costo del material recomendado
- Restricciones físicas ocasionadas por los árboles y arbustos
- Costo del mantenimiento a largo plazo

La selección de las plantas es de gran importancia no solo por el costo inicial del material, sino por el mantenimiento a que estarán sujetas a largo plazo. Por este motivo se deben escoger materiales a plantar que cumplan ambas funciones: calidad estética y mantenimiento mínimo.

También es de gran importancia el lugar donde se plantan los árboles y arbustos, ya que se debe evitar la obstrucción visual del conductor de vehículos en todo momento, especialmente en las intersecciones. La selección y plantación de materiales estéticos debe estar directamente relacionada a la seguridad vial; de forma tal que núnca se seleccionen materiales que crezcan fuera de proporción obstaculizando la visibilidad ó se planten en grupos numerosos que caucen el mismo efecto.

8.10 Material salvable ó reciclable

El mejoramiento del corredor vial San José-Zapote-Cartago ofrece la oportunidad de ahorrar en los costos de construcción si se recicla ó salva parte del material existente, esto incluye las siguientes consideraciones:

- Milling del pavimento existente en las areas donde sea aplicable
- Reparar las aceras existentes y proveer continuidad de las mismas en las zonas donde aplique
- Salvar y reusar las señales de tránsito existentes que sean afectadas por la ampliación de la vía
- Relocalizar los postes de alumbrado público que sean afectados por la ampliación de la vía
- Salvar y reusar los señalamientos verticales que se vean afectados por la amplación de la vía

8.11 Beneficio previsto para los usuarios

Los beneficios principales que traerá como resultado el mejoramiento del corredor vial San José-Zapote-Cartago son lo siguientes:

- Reducción de la congestión de tránsito y tiempo de viaje a través del corredor
- Seguridad vial apropiada
- Seguridad peatonal
- Reducción del costo operacional de los vehículos, como el consumo de combustible y aceite
- Reducción de la incidencia de accidentes en el corredor
- Incremento de la capacidad del corredor
- Facilidad de traslación para los usuarios del servicio público de autobuses al existir mayor capacidad vial, nuevas bahías para autobuses y puentes peatonales a desnivel

8.12 Tendencias de la urbanización

Se analizó la posibilidad de nuevas urbanizaciones en el corredor del proyecto que podrían incidir sobre las proyecciones de tránsito al igual que sobre el número de carriles propuestos. Se estableció que en estos momentos no se tiene conocimiento de que se haya planeado ninguna urbanización nueva en la zona de influencia del proyecto. Se piensa que el proyecto no impulsará ninguna urbanización importante relacionada al corredor, ya que se trata de una carretera existente en una zona donde siempre ha sido posible la urbanización.

8.13 Impacto a los servicios públicos

Basado en una coordinación temprana con las entidades gubernamentales que regulan los servicios públicos tales como servicio de agua potable, aguas negras, electricidad y teléfono no se esperan mayores impactos ó interrupciones que ocacionen molestias a los residentes y negocios del área.

El diseño final del corredor debe considerar cualquier ajuste permanente que sea necesario debido a la ampliación de la vía, al igual que cualquier ajuste temporal debido a la construcción.

8.14 Diseño de pavimentos

Lo que se busca al diseñar un pavimento, es obtener una estructura que permita un tránsito seguro y cómodo, capaz de soportar las cargas a que va a ser solicitada, así como resistir los agentes de intemperismo, durante toda la vida útil de la estructura. Para lograr esto con éxito, es necesario realizar una evaluación, lo más completa posible, de los factores ó variables que intervienen en el comportamiento de ese pavimento.

En los casos donde existen pavimentos en uso que es necesario rehabilitar para que soporte de manera adecuada las cargas durante el período de concesión, es procedente una evaluación detallada de las capas que conforman la estructura del pavimento existente.

El estudio consiste en una actualización de los diseños que dieron lugar a la propuesta de rehabilitación de los tramos Curridabat-Tres Ríos y Tres Ríos-Cartago, elaborado conjuntamente por la Administración y LANMAME y UNIPROVI; la actualización de la propuesta del MOPT para la construcción del tramo Zapote-Curridabat; y, la adición de la rehabilitación del tramo Plaza Víquez-Zapote (Autopista Estado de Israel) .

Es muy importante dejar constancia aquí que para la realización de este estudio, se ha utilizado la información básica generada en los informes que a continuación se describen sobre la evaluación en campo y laboratorio de los tramos en estudio.

Para efectos del estudio se han considerado cuatro tramos homogéneos, por sus características estructurales, aforos de tránsito y por sus características históricas. Estos son:

- Autopista Estado de Israel (Plaza Víquez- Zapote).
- Zapote-Curridabat.
- Autopista Florencio del Castillo.
- Tramo 1: Curridabat-Tres Ríos (San Rafael de la Unión).
- Tramo 2: Tres Ríos – Cartago.

El procedimiento para definir cada intervención, es el que se describe a continuación:

Con las nuevas estimaciones de tránsito para los diferentes tramos del proyecto a concesionar, se efectúa el cálculo de los ejes equivalentes para períodos de diseño de 15, 20 y 30 años.

Utilizando la metodología AASHTO, se calcula el pavimento flexible básico necesario para un período de diseño de 12 a 15 años, y se planean intervenciones futuras con recapas asfálticas periódicas que aseguren un nivel de servicio aceptable al término de 30 años (PSI mayor a 2.25) .

Para los tramos existentes se modela una rehabilitación interviniendo una o más capas existentes para lograr una estructura que cumpla con las solicitaciones de tránsito proyectado al período de diseño. En el caso particular de la sección Tres Ríos-Cartago, actualmente con un pavimento rígido (losas de concreto), se utiliza el Método de Diseño de Sobrecapas (tomando en cuenta la vida remanente del pavimento existente), también de la AASHTO, para la rehabilitación flexible y rígida.

Las estructuras estimadas con la metodología AASHTO, se corroboran con la aplicación del programa KENLAYER, desarrollado por la Universidad de Kentucky, con el cual se hace un análisis de fatiga y formación de roderas. Se optimiza la estructura y se verifican sus cumplimientos con el período de diseño propuesto.

Las intervenciones en pavimento rígido, son diseñadas con la utilización del programa PCAPAV de la Portland Cement Association, versión 2.10 de 1990.

Se han planteado, estudiado y diseñado intervenciones a los pavimentos existentes, ya sea en la alternativa flexible o la rígida. También se ha revisado, estudiado y rediseñado el pavimento para la sección de construcción nueva, así como la construcción de las ampliaciones de dos a tres carriles en cada sentido, cuando así se determine. Un resumen de esas intervenciones se presenta a continuación:

Intervención en el año "0":

CUATRO CARRILES

	PAVIMENTO SEMI-RIGIDO					PAVIMENTO RIGIDO	
Tramo	**Subbase (cm)**	**BE-25 (cm)**	**Carpeta (cm)**	**Sobrecapa (cm/año)**	**Sobrecapa (cm/año)**	**Base (cm)**	**Losa (cm)**
Est. Israel	25*	23**	12	5/16	5/22	CA 3	23
Zapote- Curri	35	23	12	5/16	5/24	BE 23	23
Curri-3Rios	20*	25**	12.5	6/16	5/24	CA 3	27
3Ríos-Ctgo	20*	25**	12.5	6/15	5/23	BE 20**	25

* = Espesores existentes. ** = Espesores recuperados.

SEIS CARRILES

	PAVIMENTO SEMI-RIGIDO					PAVIMENTO RIGIDO	
Tramo	**Subbase (cm)**	**BE-25 (cm)**	**Carpeta (cm)**	**Sobrecapa (cm/año)**	**Sobrecapa (cm/año)**	**BASE (cm)**	**Losa (cm)**

Est. Israel	25*	23**	12		5/22	CA 3	23
Zapote- Curri	35	23	12		5/22	BE 23	23
Curri-3Rios	20*	25**	12.5		7/19	CA 3	26
3Ríos-Ctgo	20*	25**	12.5		7/18	BE 20**	24

* = Espesores existentes. ** = Espesores recuperados.

Tres Rios – Cartago

Tramos con pavimento rígido:

Año "0":

- Reparar (reconstruir) del 8 al 10% de las losas existentes con grietas de más de 7mm de ancho. (Aprox. 3,000 m^2).
- aserrar, limpiar y sellar las juntas longitudinales y transversales dañadas (Aprox. 5,000m)
- limpiar e inyectar las grietas de más de 3mm y menores a 7mm de ancho. (Aprox. 3,000m).

Año 8 - Pavimento flexible:

Recapas $p_t > 2.25$ en el año 30:

C. Asfáltica	10 cm	5 cm en el año 15
Losa existente	25 cm	5 cm en el año 25
Sub-base existente	20 cm	

Para evitar el reflejo de grietas de las juntas del pavimento existente, se propone utilizar cualquiera de los métodos siguientes:

a- colocar 7.5cm de mezcla de graduación abierta (crack relief layer)
b- construir juntas en la carpeta asfáltica (aserradas y selladas) sobre cada junta existente.
c- colocar una geomalla de polipropileno especial para evitar el reflejo de grietas, en todo el ancho y largo del pavimento existente.

Año 8 - Pavimento rígido:

Contruir una sobrelosa de concreto parcialmente ligada (sobre la existente) de 15cm de espesor, (MR=45 kg/cm2) con juntas longitudinales y transversales. Es importante asegurar, en la intervención de todos los tramos, una perfecta adherencia (liga) entre la carpeta asfáltica y la base estabilizada, pues fue ésta una consideración de diseño.

Las recapas de carpetas asfálticas en caliente para estos tramos son teóricos, asumiendo un perfecto funcionamiento de los drenajes y eficaz plan de conservación. Además los parámetros y variables utilizados en el dimensionamiento de las estructuras de pavimento tienen implícito un grado estadístico de incertidumbre, por lo que es importante realizar estudios periódicos de tránsito y capacidad estructural para decidir oportunamente la colocación de cada recapa.

La colocación de losas de concreto, previa recuperación de los primeros 20 cm del material existente, o el perfilado de 4cm y la colocación de 3cm de carpeta, es una opción técnicamente equivalente con la solución en asfalto, y la decisión final es meramente económica-financiera.

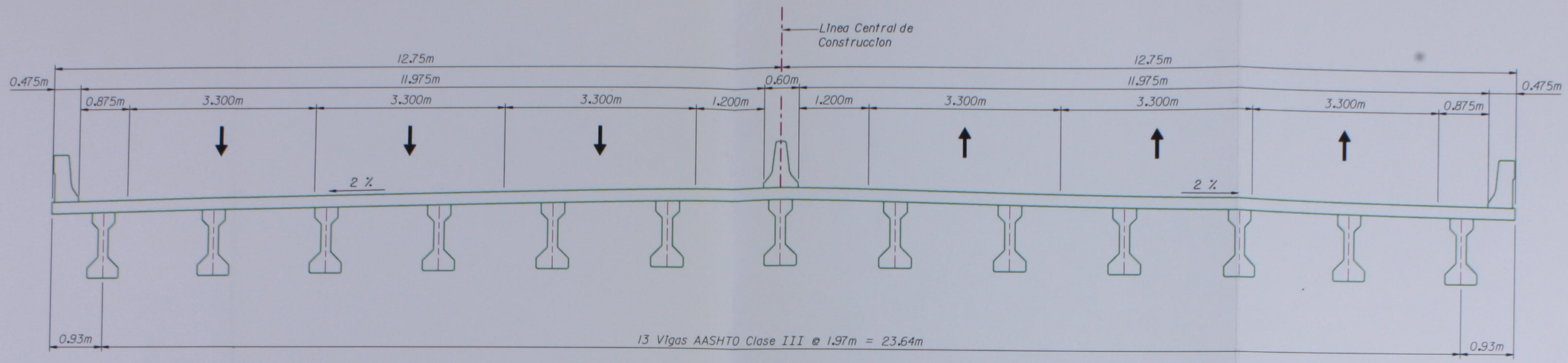
Todas las soluciones descritas en este estudio, tienen como limitante los claros libres de los pasos a desnivel y pasos peatonales que se encuentran a lo largo de todo el proyecto, pues en todos los casos el nivel actual de rasante se aumentaría de 20 a 25 cm, dependiendo si la solución es la del pavimento semi-rígido o el rígido. Si la altura libre se compromete, la intervención en el pavimento debe profundizarse, como se ilustra en el detalle del Anexo No. 10. Además, en todos los casos es necesario reconformar los espaldones con base asfáltica para retomar el nivel final del pavimento.

Finalmente, se recomienda tener un buen control sobre el tránsito real, tanto en número como en distribución y peso, con el propósito de tomar decisiones oportunas, si éste varía significativamente con respecto a lo asumido en este estudio. El estudio detallado de pavimentos se presenta en un volúmen separado, adjunto a este estudio preliminary de ingenieria.

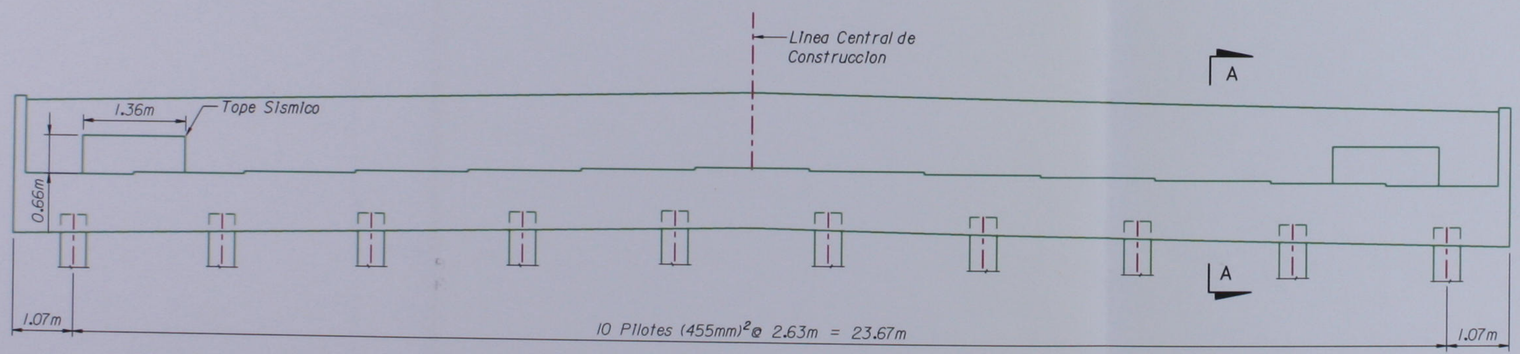
8.15 Criteria para el diseño vial

La criteria de diseño usada para el proyecto San José-Zapote-Cartago se basa en las siguientes publicaciones de diseño de carreteras y puentes:

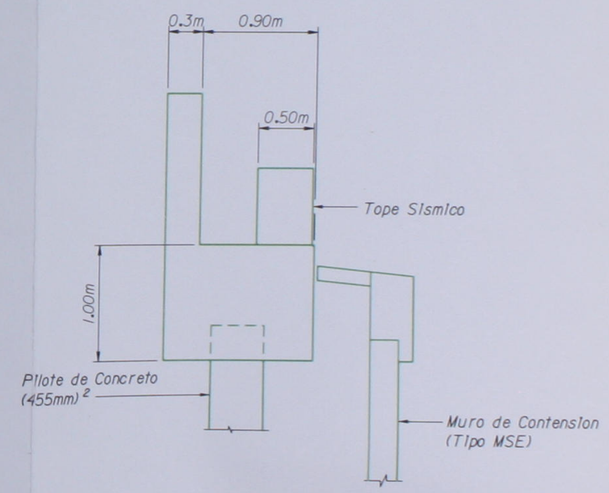
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (1994)
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Standard Specification for Highway Bridges (1996)
Federal Highway Administration (FHWA), Manual on Uniform Traffic Control Devices (1988)
Transportation Research Board, Highway Capacity Manual (1994)
Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de Costa Rica (1998)
Especificaciones Técnicas para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes (CR-77)
Normas y Diseño para la Construcción de Carreteras, Plan Vial de Costa Rica
Diseño Hidrológico e Hidráulico de Drenajes Menores de Carreteras, MOPT (1969)
Revisión de Métodos de Diseño Hidrológico e Hidráulico de Alcantarillas para Carreteras, Rodríguez (1989)



PUENTE NO.1
SECCION TIPICA



BASTION - ELEVACION



SECCION A-A

FIGURA 8.1

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISEÑADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

URS

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

PUENTE NO. 1
RADIAL ZAPOTE - CURRIDABAT

ESCALA: 1:80
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:

ion/bridges/Puentes sec.dgn 05/01/01 06:50:59 PM

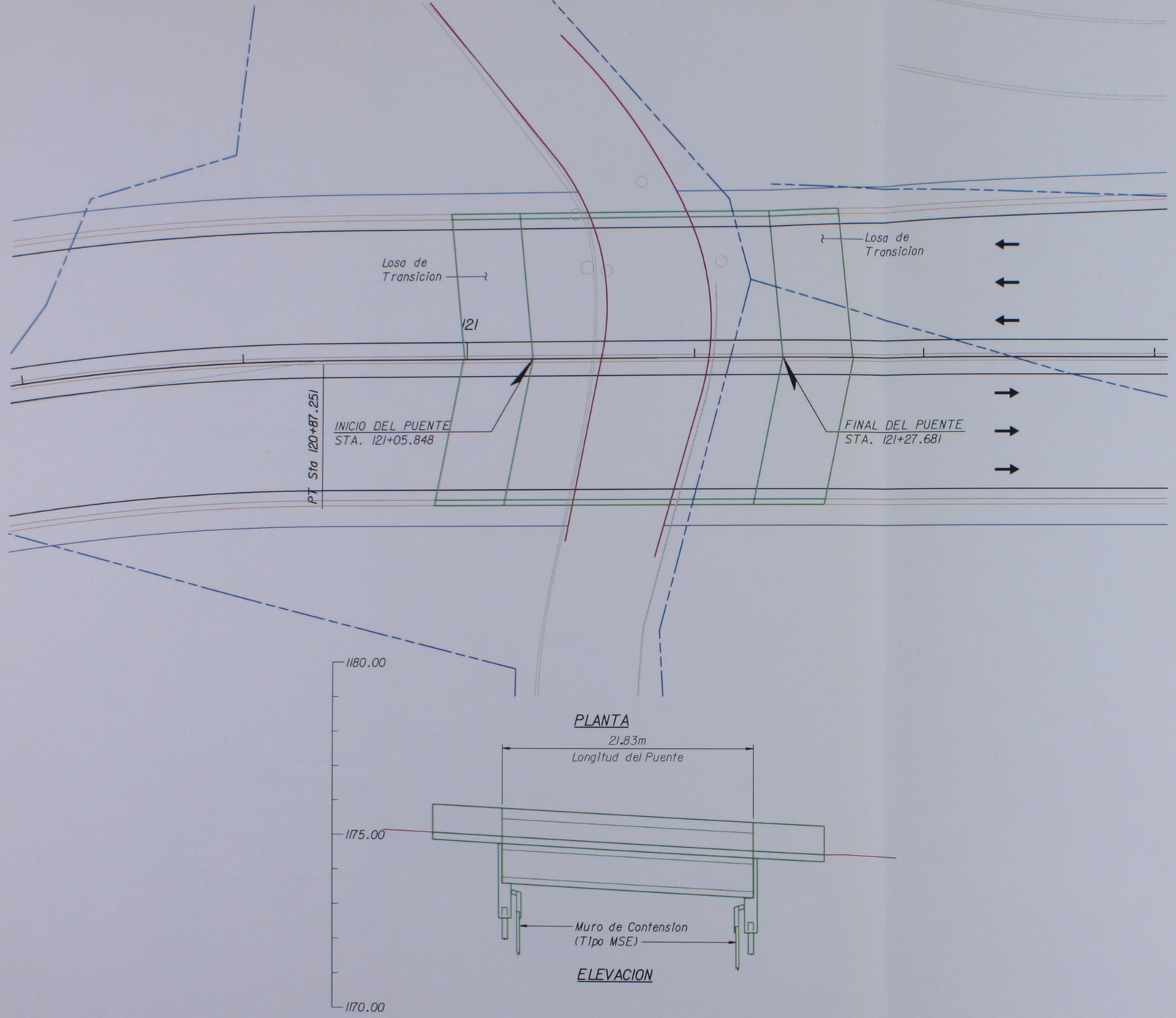


FIGURA 8.1A

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISEÑADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

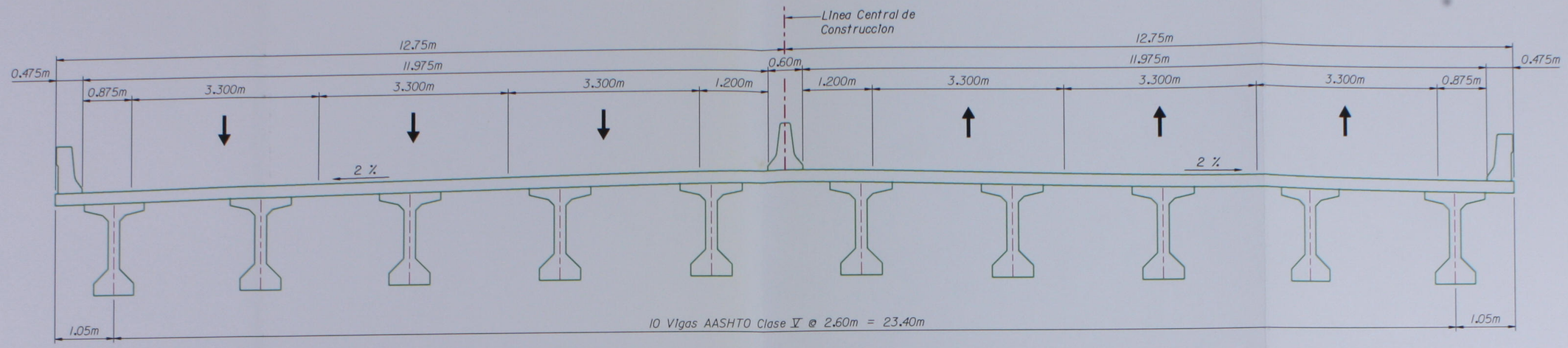
URS

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

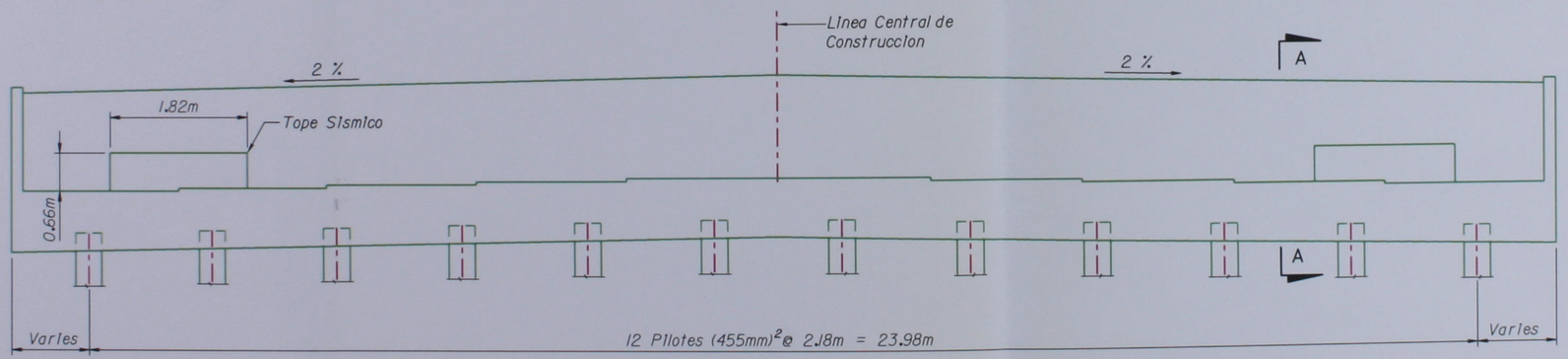
PUENTE NO.1

ESCALA:
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:

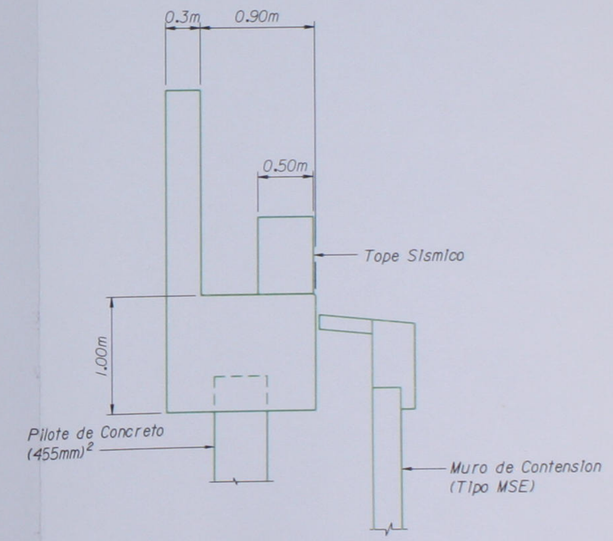
sion/bridges/olanel 1.dgn 05/01/01 06:44:45 PM



PUENTE NO. 2
SECCION TIPICA



BASTION - ELEVACION



SECCION A-A

FIGURA 8.2

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISEÑADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

URS

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

PUENTE NO. 2
RADIAL ZAPOTE - CURRIDABAT

ESCALA:
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:

sion/bridges/Puentes sec.dgn 05/01/01 06:51:28 PM

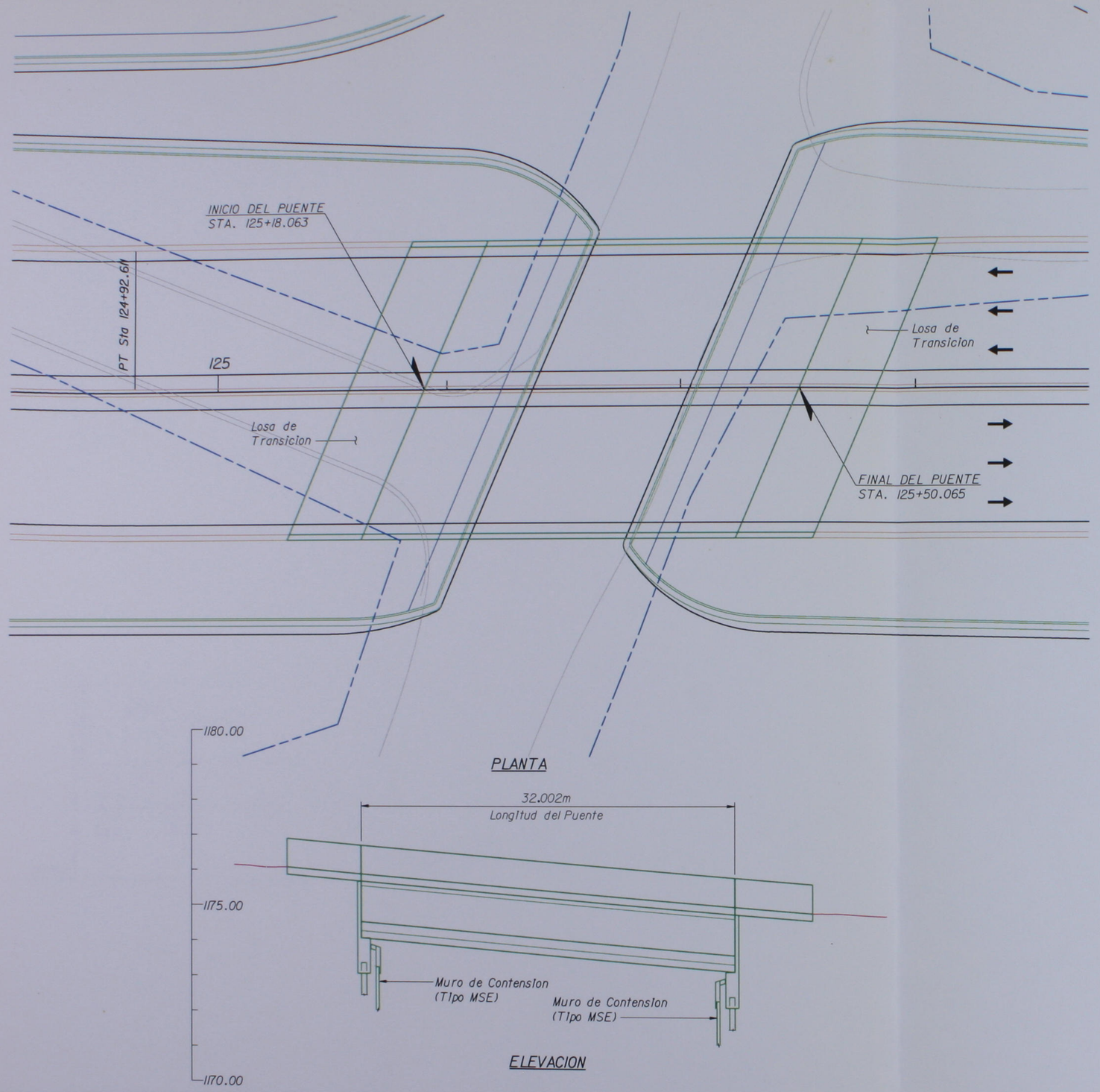


FIGURA 8.2A

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISENADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

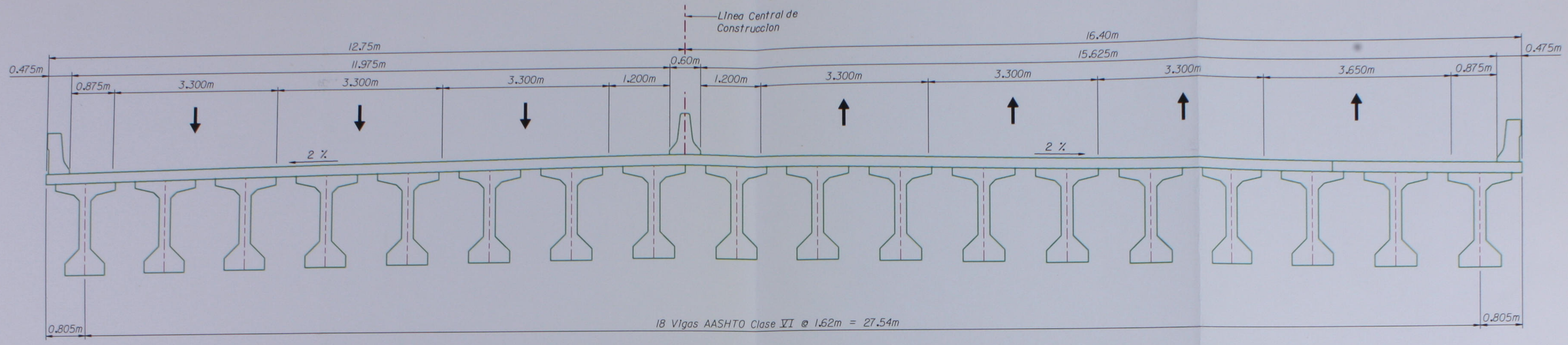
URS

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

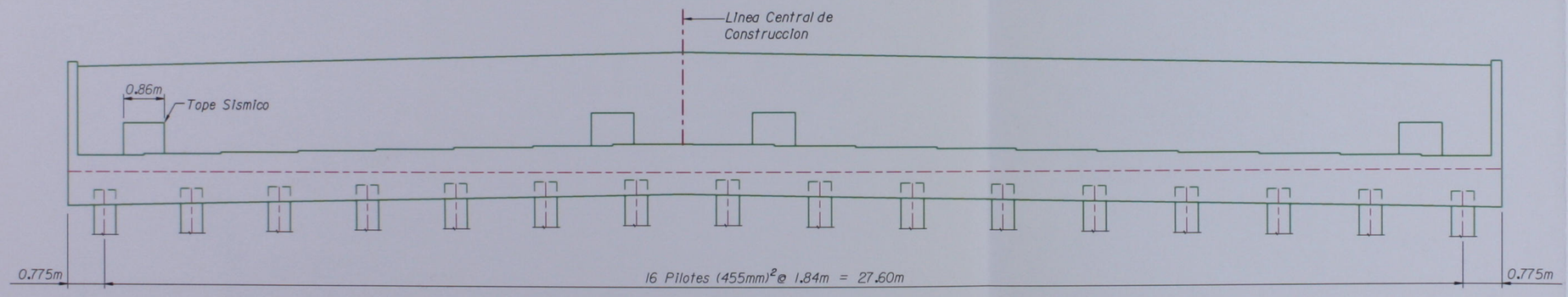
PUENTE NO. 2

ESCALA:
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:

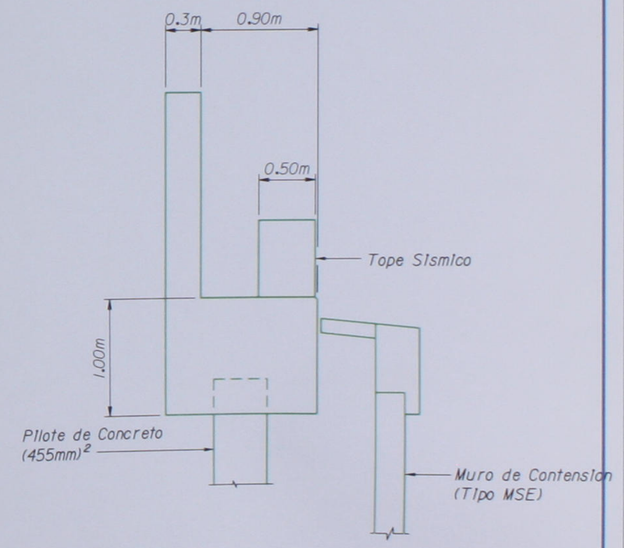
/bridges/olanel 2.dgn 05/01/01 06:45:38 PM



PUENTE NO. 3
SECCION TIPICA



BASTION - ELEVACION



SECCION A-A

FIGURA 8.3

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISEÑADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

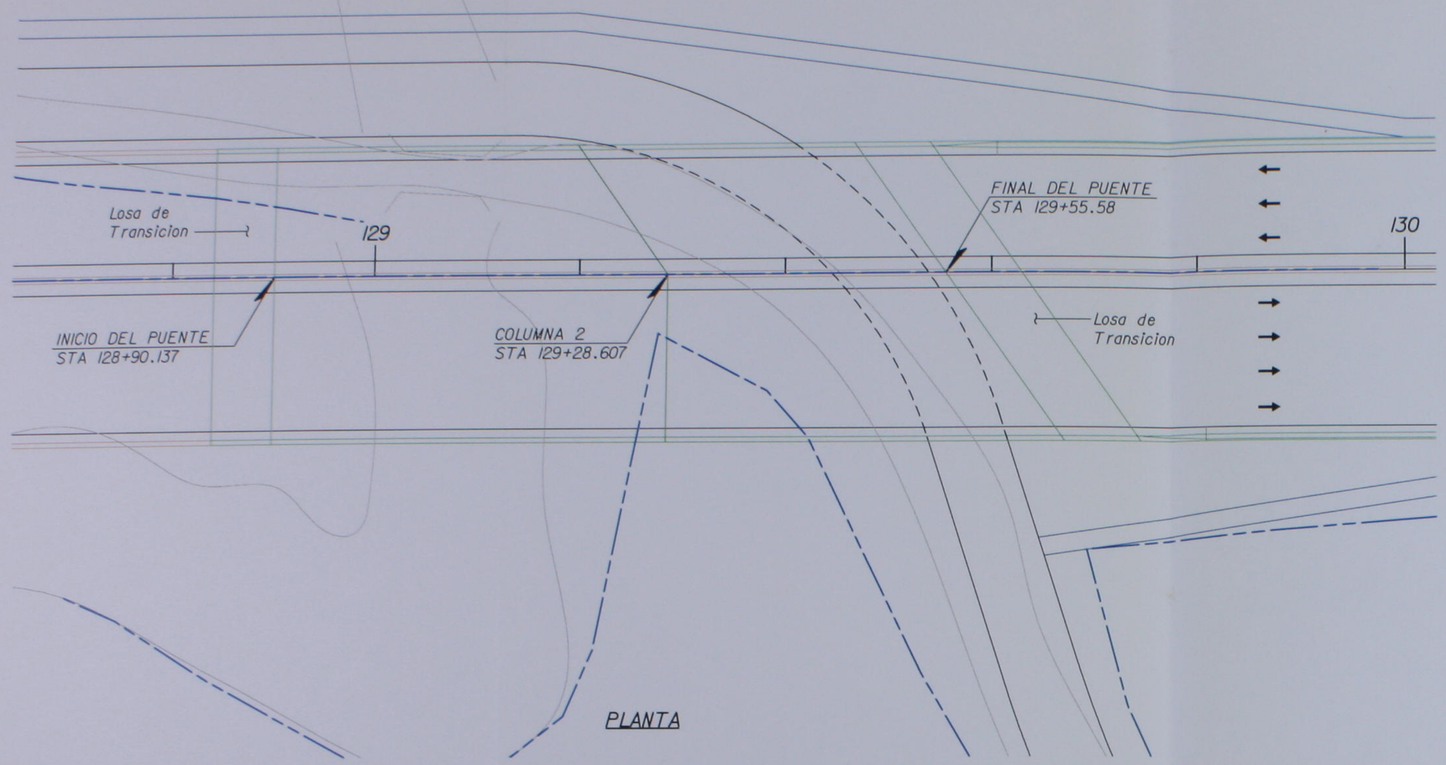
URS

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

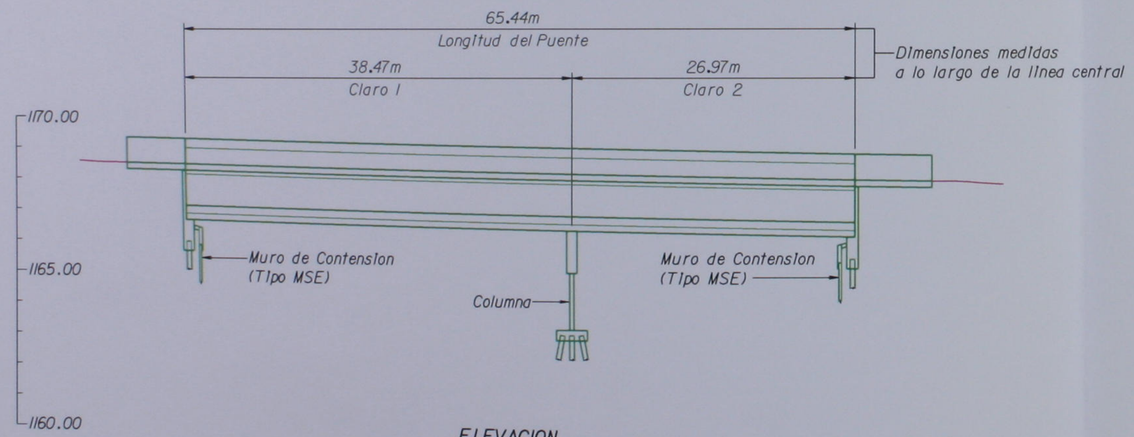
PUENTE NO. 3
RADIAL ZAPOTE - CURRIDABAT

ESCALA:
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:

sion/bridges/Puentes sec.dgn 05/01/01 06:54:48 PM



PLANTA



ELEVACION

FIGURA 8.3A

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION	DISENADO POR:	DIBUJADO POR:	REVISADO POR:	DIRECTOR:	FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

URS

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

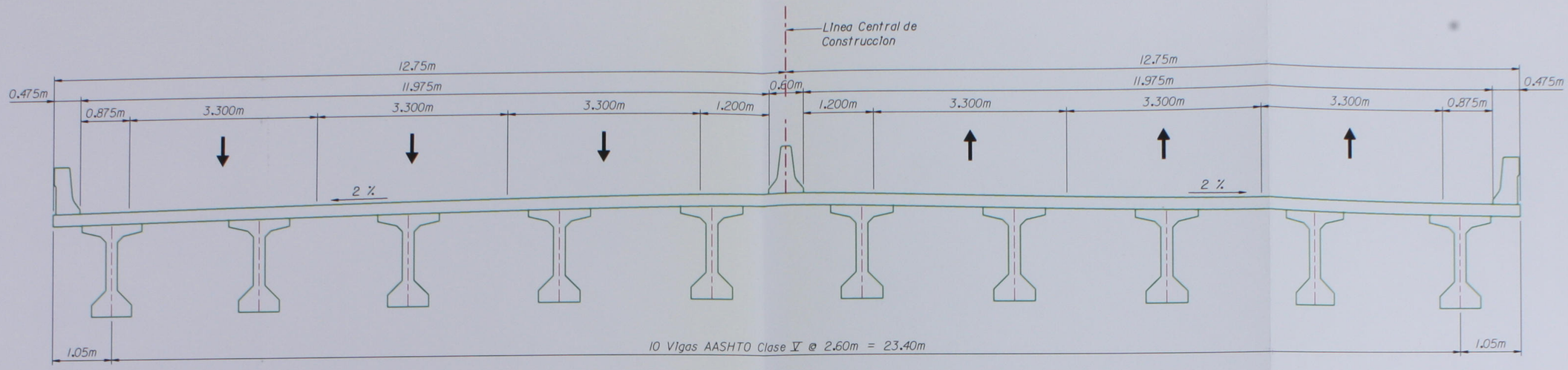
PUENTE NO. 3

ESCALA:

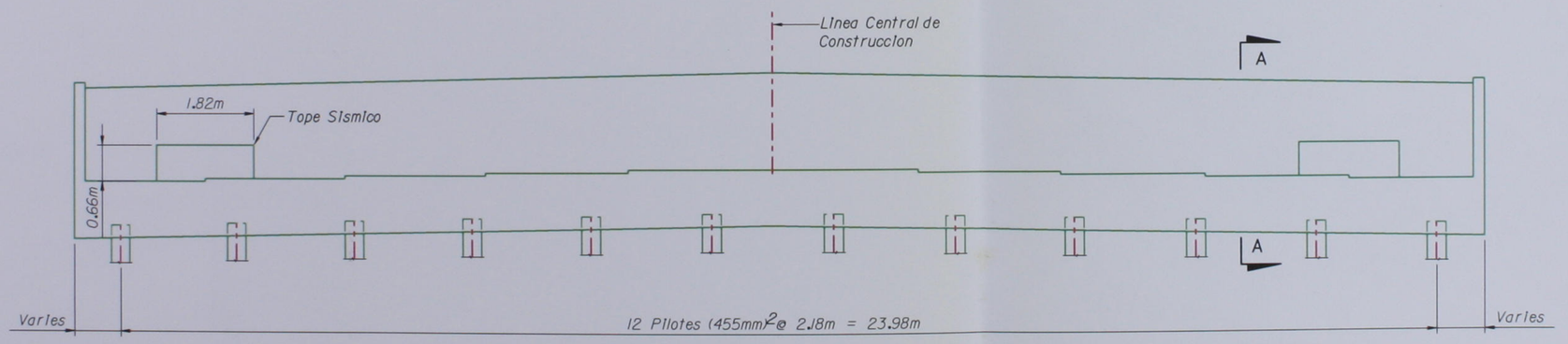
PROYECTO NO.: PP-03-99

DIBUJO NO.:

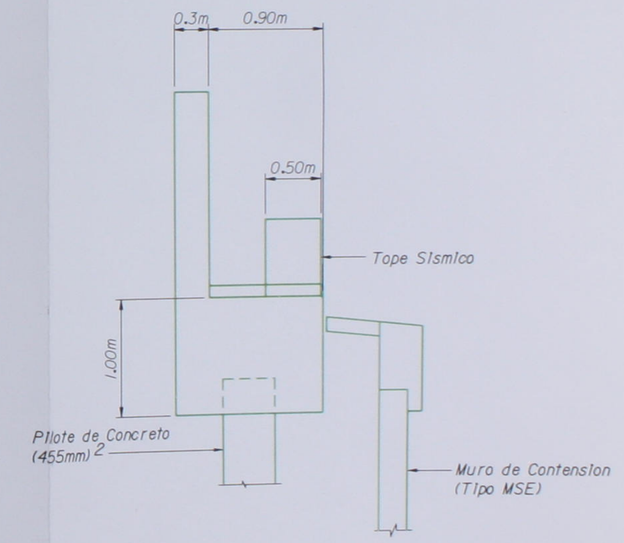
esion/bridges/olanel 3.dgn 05/01/01 06:46:15 PM



PUENTE NO. 4
SECCION TIPICA



BASTION - ELEVACION



SECCION A-A

FIGURA 8.4

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION	DISEÑADO POR:	DIBUJADO POR:	REVISADO POR:	DIRECTOR:	FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

URS

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

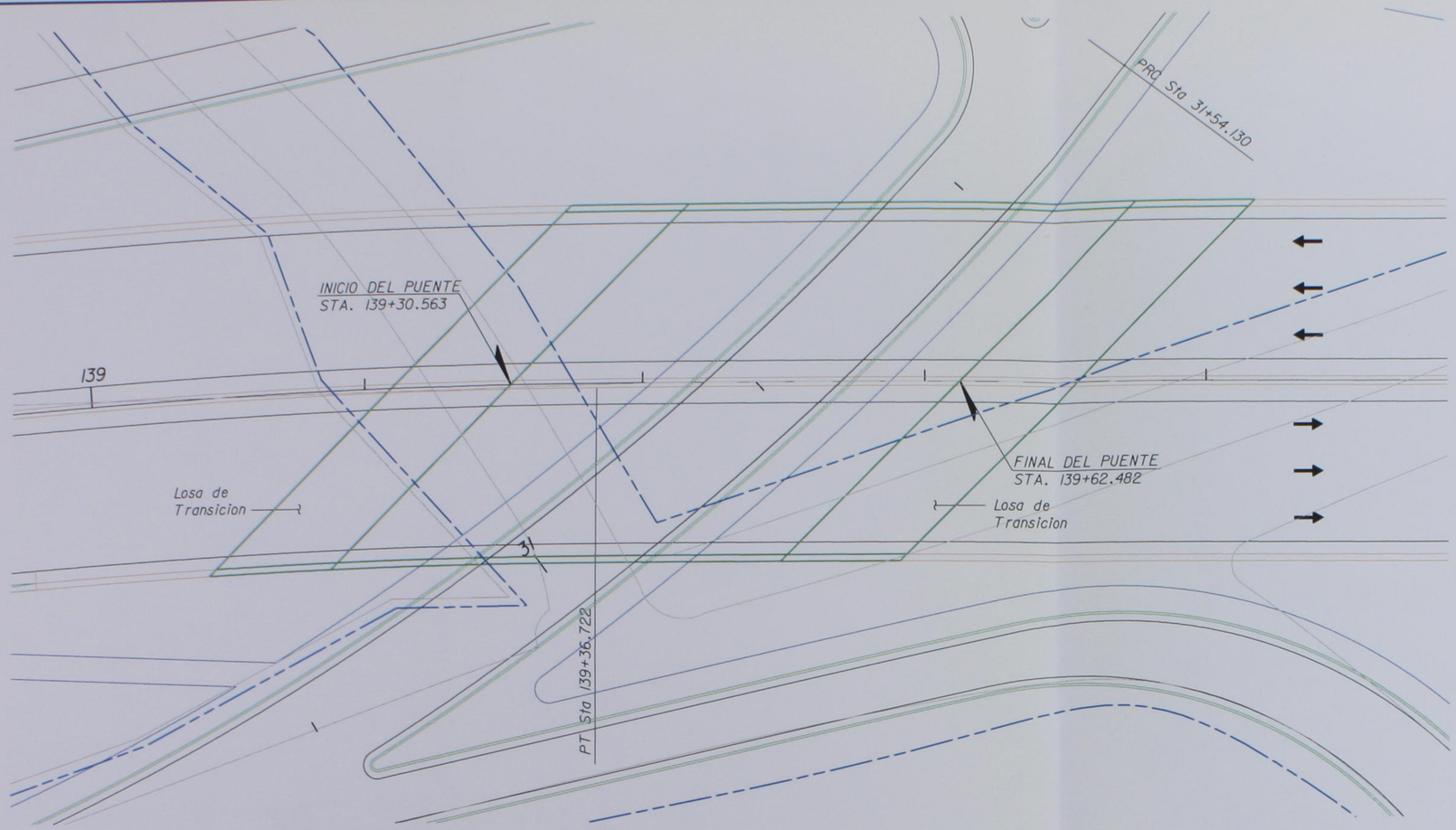
PUENTE NO. 4
RADIAL ZAPOTE - CURRIDABAT

ESCALA:

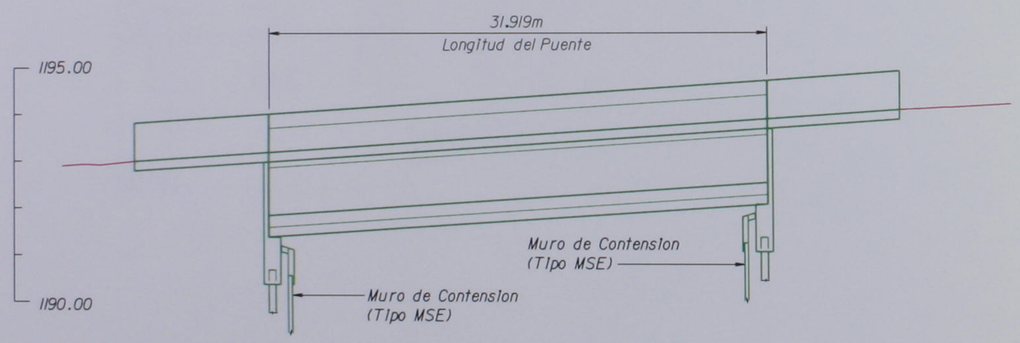
PROYECTO NO.: PP-03-99

DIBUJO NO.:

sian/bridges/Puentes sec.dan 05/01/01 06:54:58 PM



PLANTA



ELEVACION

FIGURA 8.4A

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION	DISENADO POR:	DIBUJADO POR:	REVISADO POR:	DIRECTOR:	FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

URS

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

PUENTE NO. 4

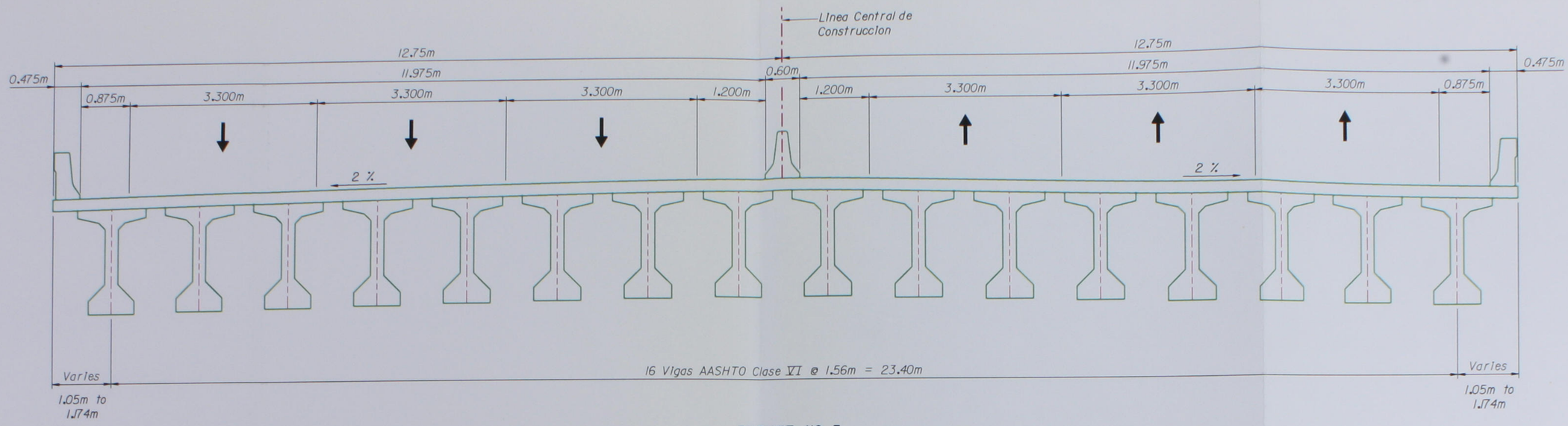
ESCALA:

PROYECTO NO.: PP-03-99

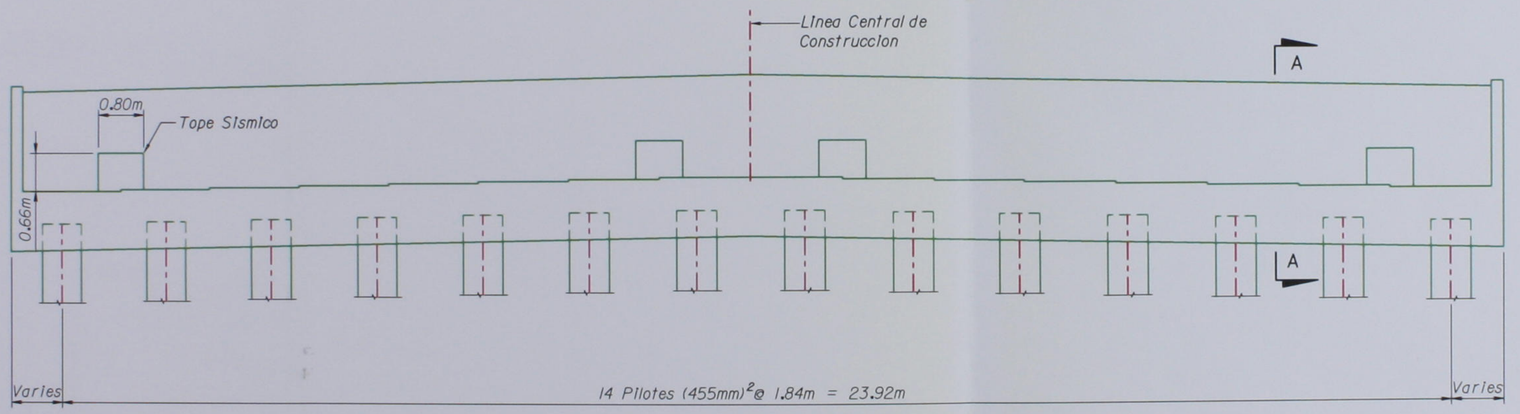
DIBUJO NO.:

$DATE$ $TIME$ $SOURCE$ $FILE$

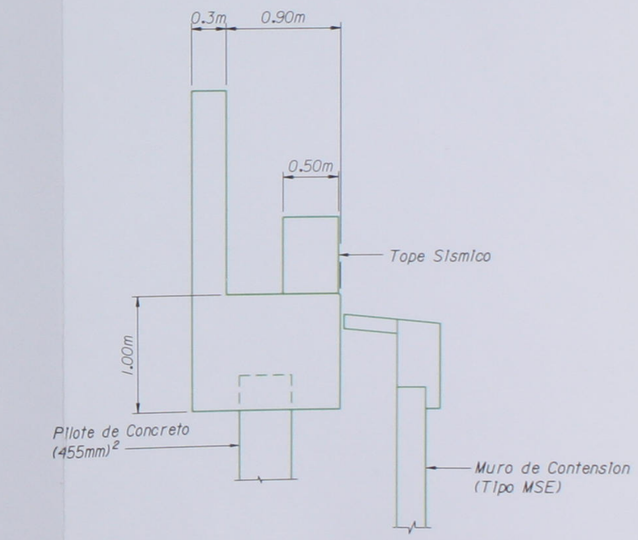
design/bridges/clanel 4.dgn 05/01/01 06:46:43 PM



PUENTE NO. 5
SECCION TIPICA



BASTION - ELEVACION



SECCION A-A

FIGURA 8.5

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISENADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

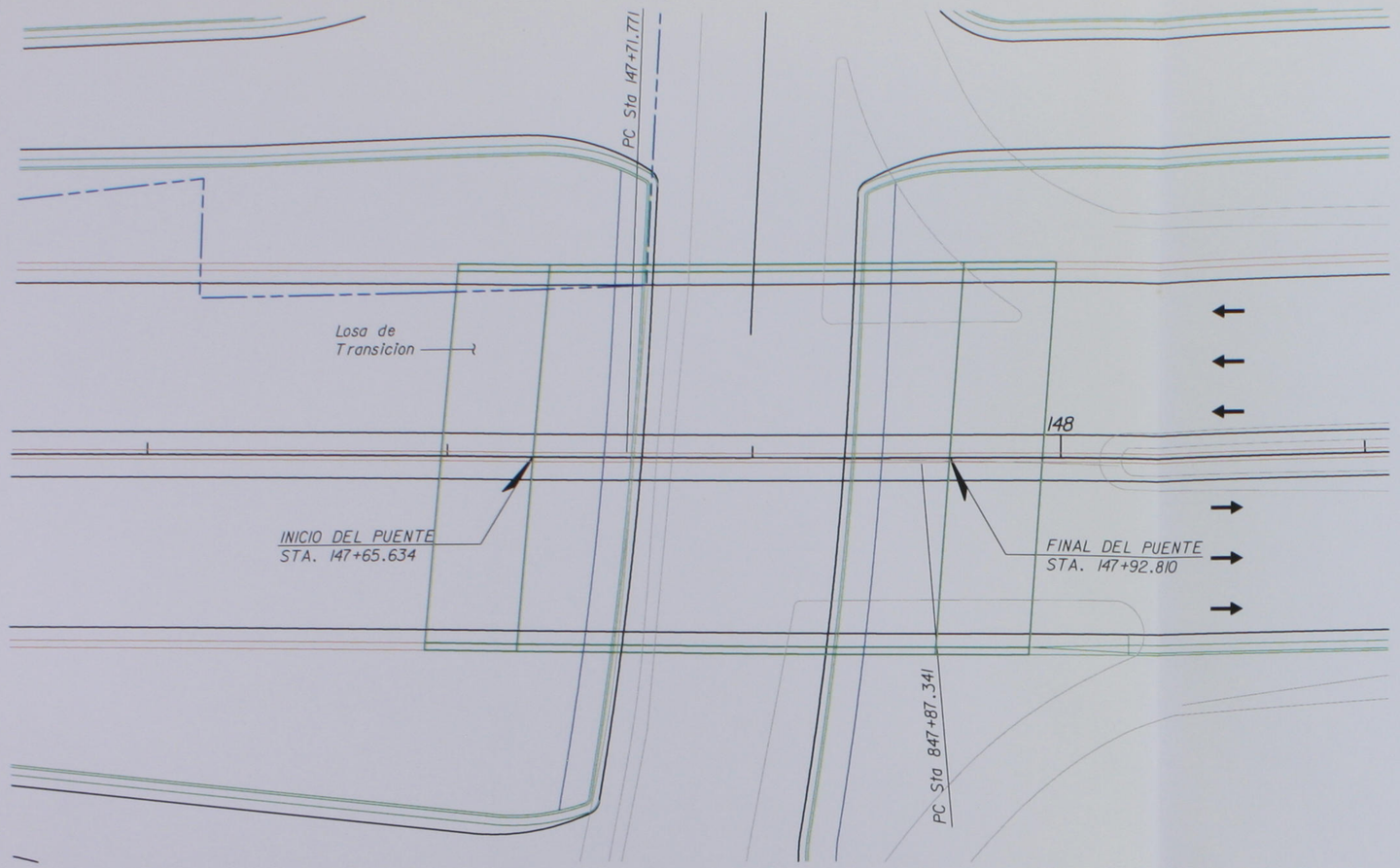
URS

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

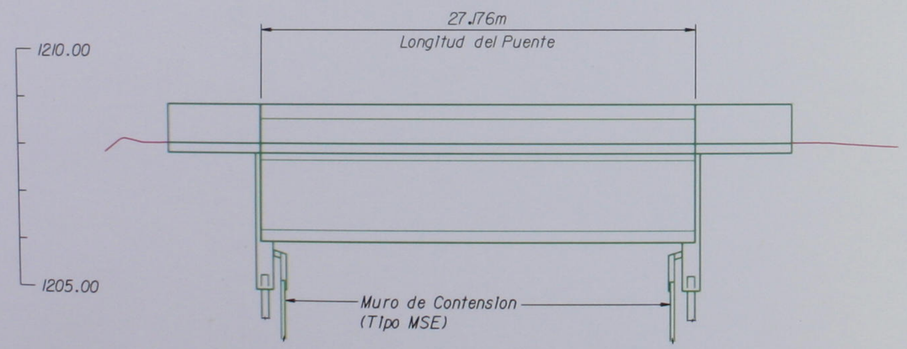
PUENTE NO. 5
RADIAL ZAPOTE - CURRIDABAT

ESCALA:
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:

design/bridges/Puentes sec.dgn 05/01/01 06:55:28 PM



PLANTA



ELEVACION

FIGURA 8.5A

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISEÑADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

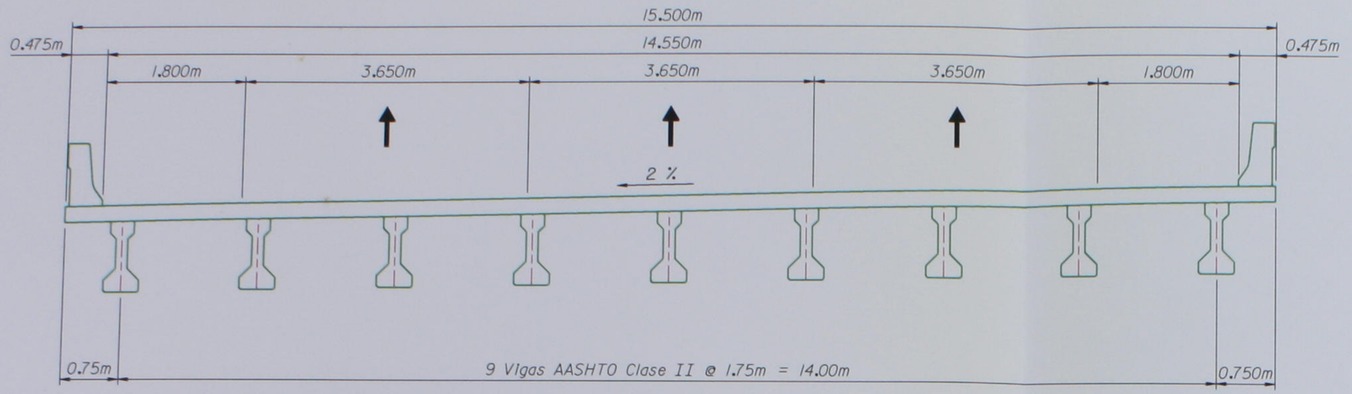
URS

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

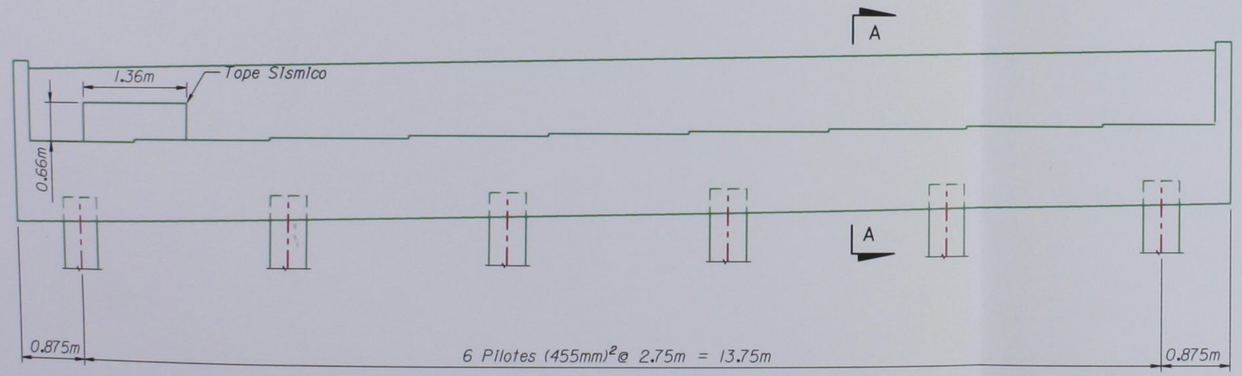
PUENTE NO. 5

ESCALA:
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:

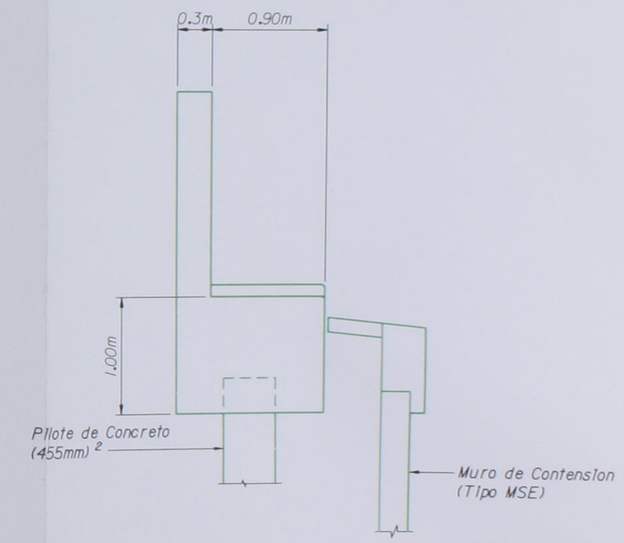
design/bridges/olanel 5.dgn 05/01/01 06:47:46 PM



PUENTE NO.6
SECCION TIPICA



PORTICO (CABALLETE) - ELEVATION BASTION NO.2
(Reflejo para Bastion No.1)



SECCION A-A

FIGURA 8.6

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISEÑADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

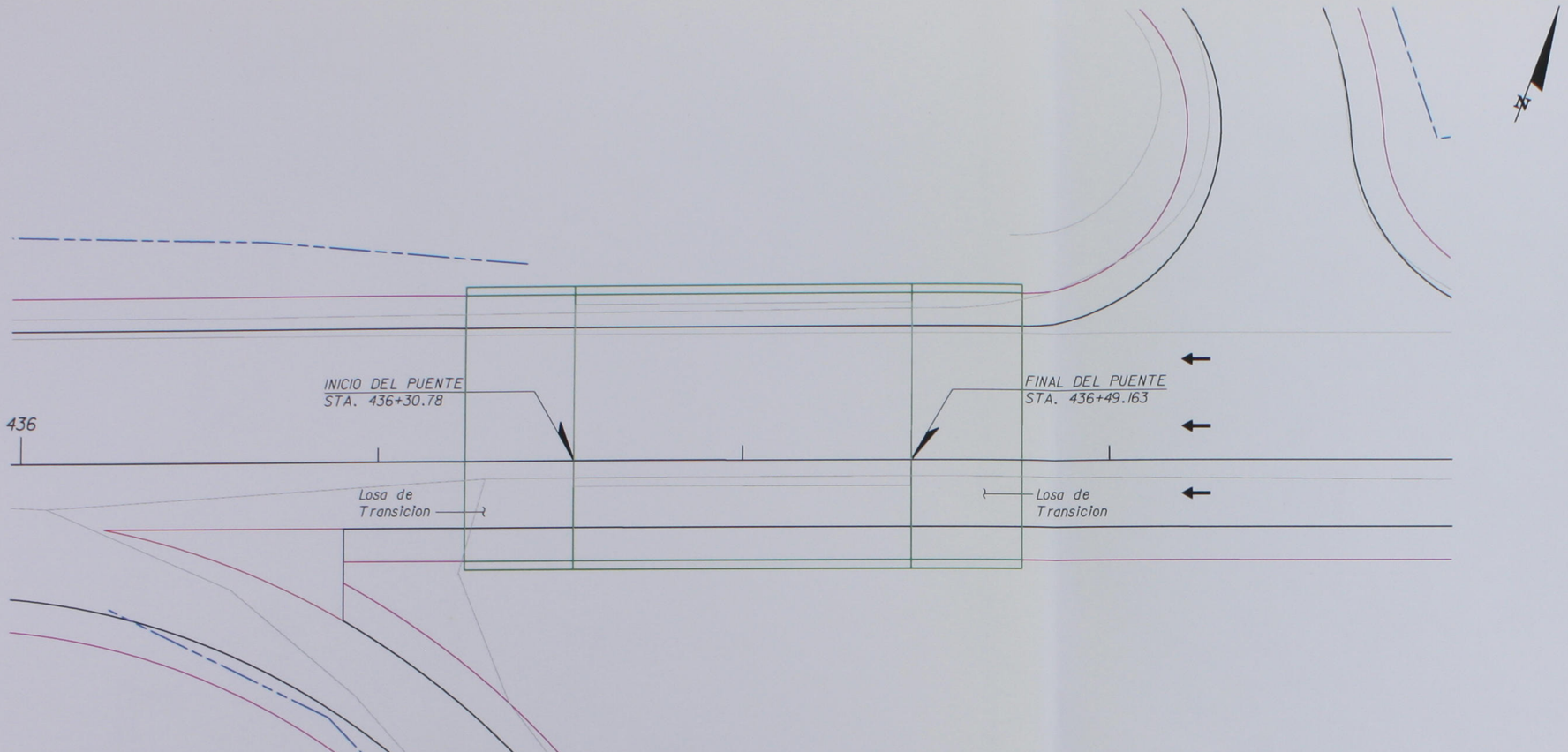
URS

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

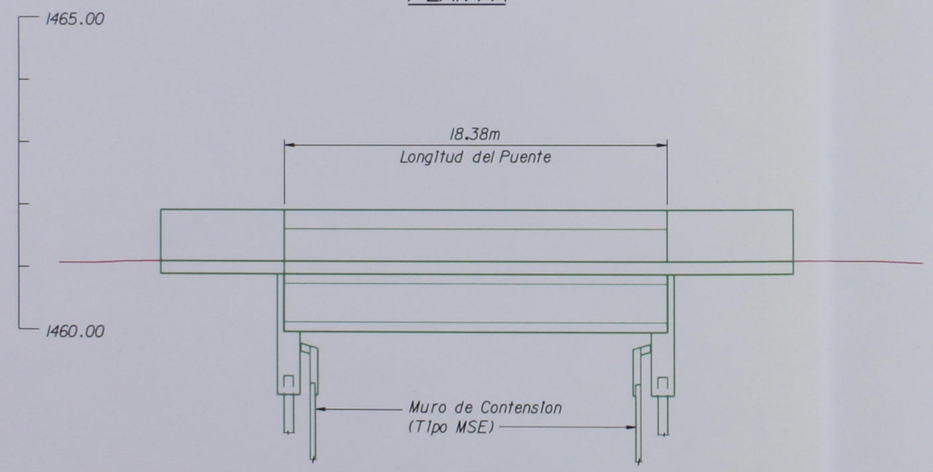
PUENTE NO. 6

ESCALA:
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:

desion/bridges/Puentes sec.dgn 05/01/01 06:55:50 PM



PLANTA



ELEVACION

FIGURA 8.6A

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISEÑADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

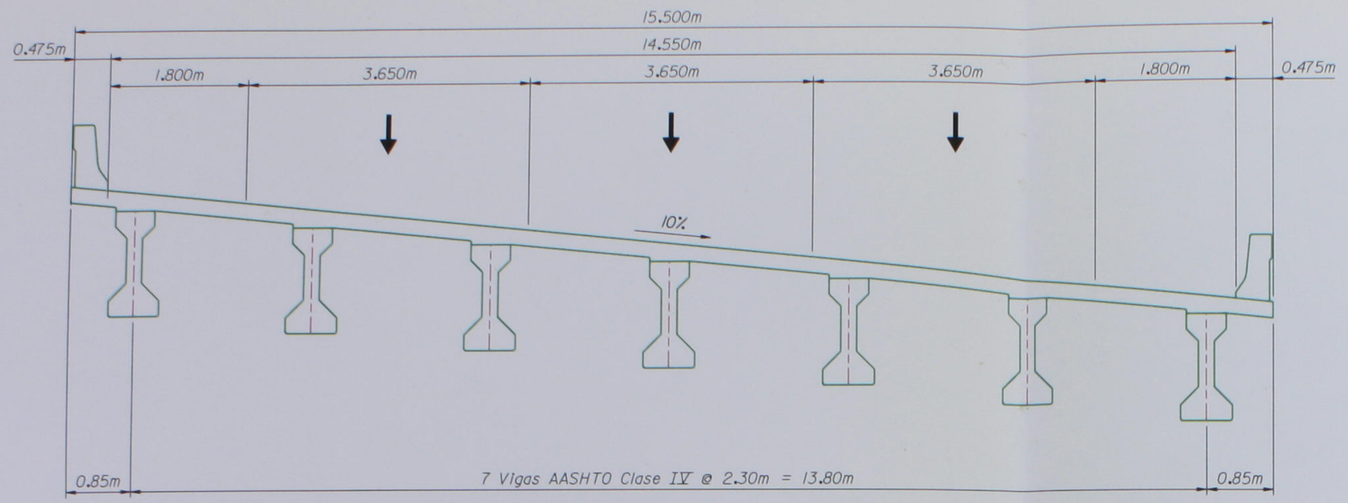
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

URS

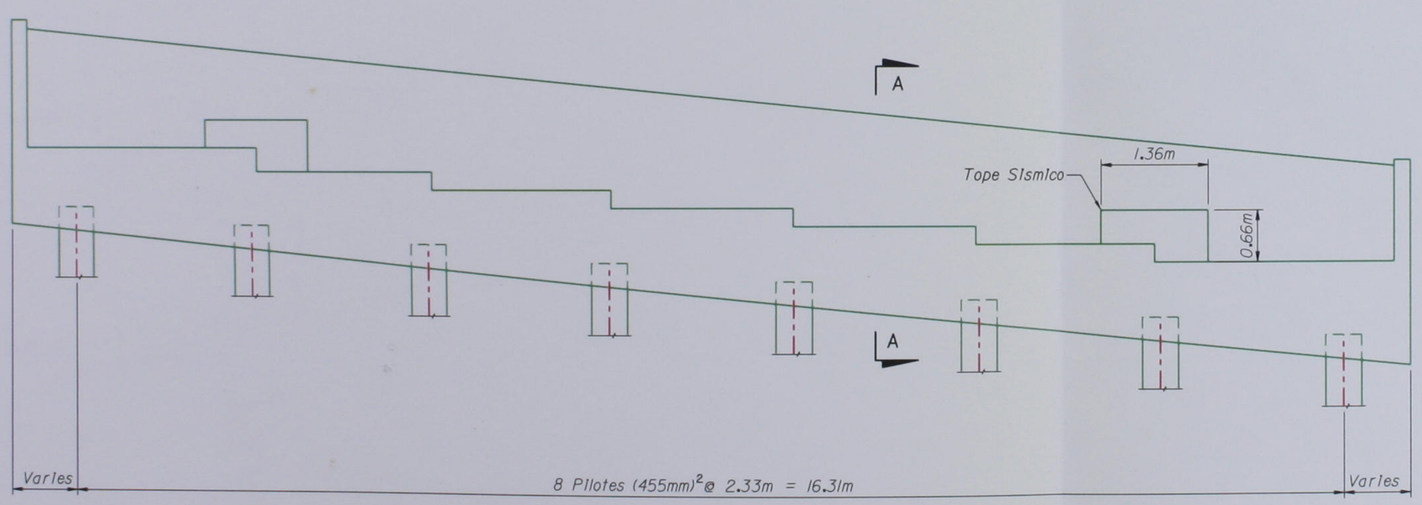
SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

PUENTE NO. 6

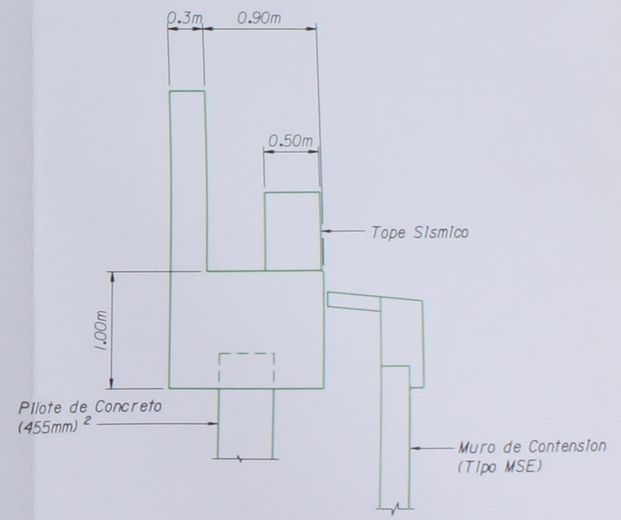
ESCALA:
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:



PUENTE NO.7
SECCION TIPICA



PORTICO (CABALLETE) - ELEVACION BASTION NO. 2
(Reflejo para Bastion I)



SECCION A-A

FIGURA 8.7

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISEÑADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

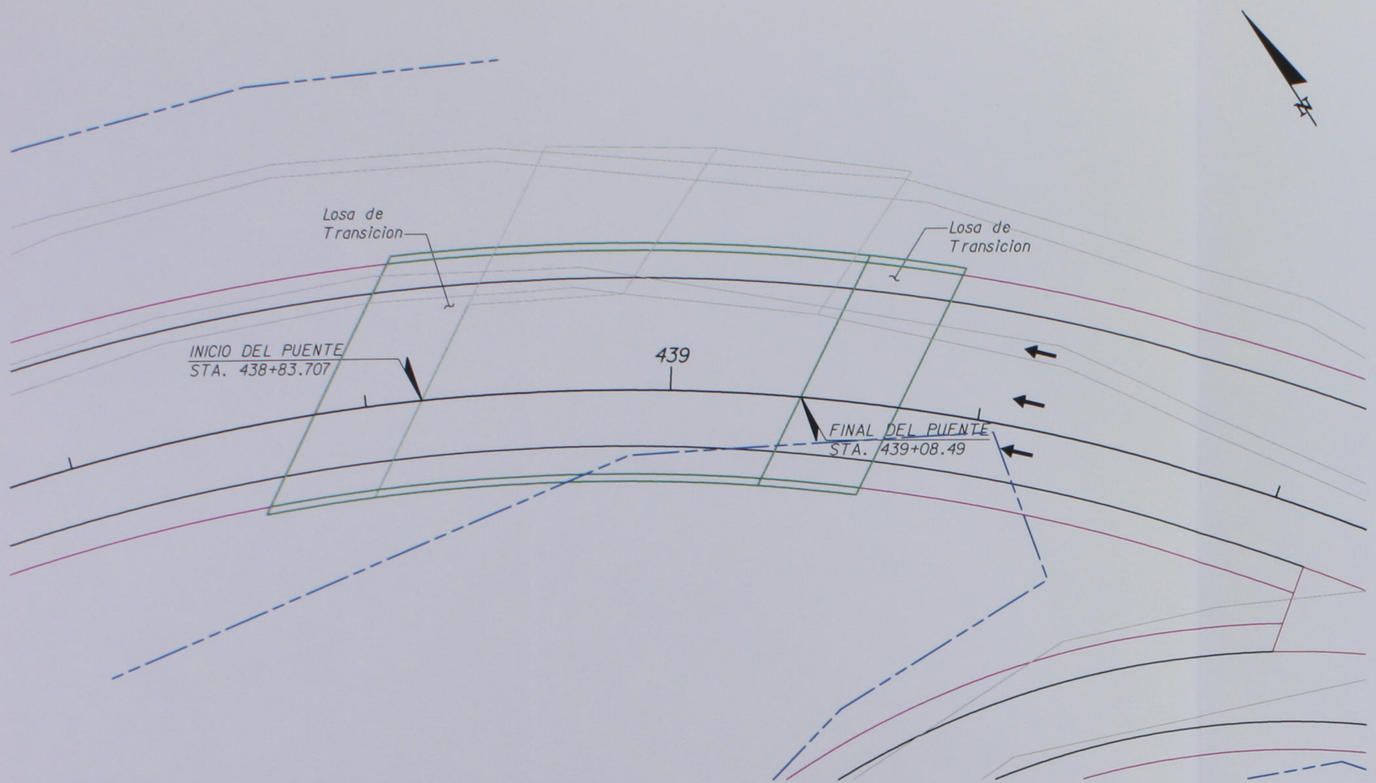
URS

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

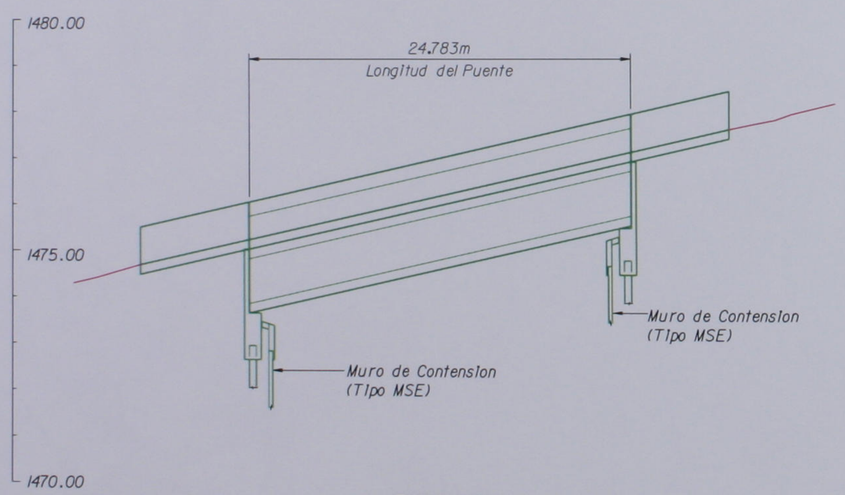
PUENTE NO. 7

ESCALA:
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:

design/bridges/Puentes sec.dgn 05/01/01 06:55:42 PM



PLANTA



ELEVACION

FIGURA 8.7A

REV	FECHA	POR	DESCRIPCION

DISEÑADO POR:
DIBUJADO POR:
REVISADO POR:
DIRECTOR:
FECHA:

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

URS

SAN JOSE - ZAPOTE - CARTAGO

PUENTE NO. 7

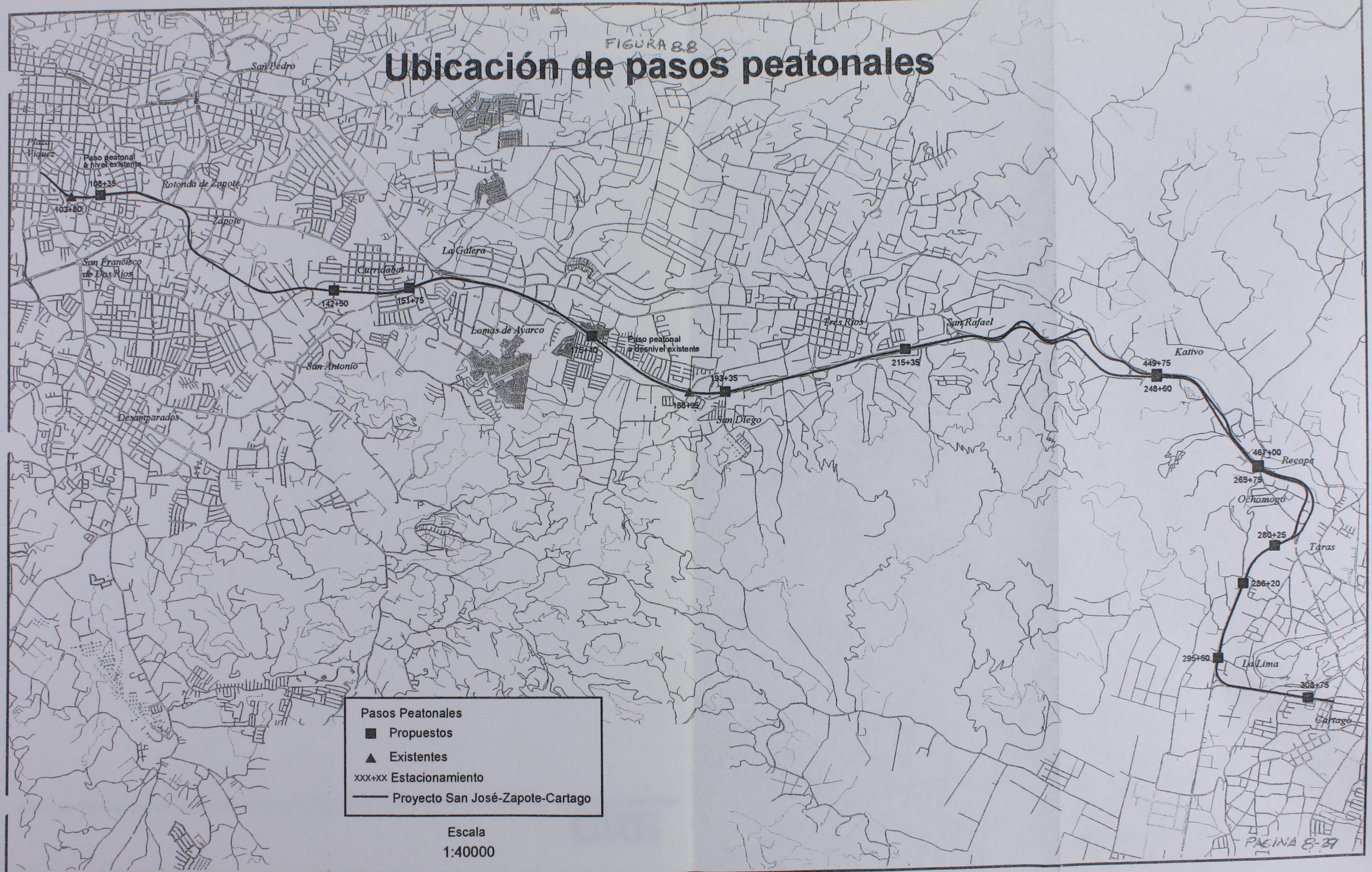
ESCALA:
PROYECTO NO.: PP-03-99
DIBUJO NO.:

$DATE$ $TIME$ $SOURCE$ $FILE$

design/bridges/plan1_7.dgn 05/01/01 06:48:59 PM

FIGURA 8.8

Ubicación de pasos peatonales



MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE PRELIMINAR
ESTUDIO DE INGENIERIA

URS

SECCION 9

IMPACTOS ECONOMICOS Y DEL MEDIOAMBIENTE

El objetivo de la Evaluación de Impacto Ambiental (EsIA), es determinar las características de los impactos asociados al Corredor Vial San José–Zapote–Cartago. Tales impactos, de carácter positivo y negativo, deben ser identificados en las diferentes tareas que se realizan para determinar las condiciones existentes y predecir las condiciones futuras una vez que el proyecto esté completado. Las tareas incluyen consideraciones en los campos de la ecología, calidad del aire y ruido existente, y condiciones socioeconómicas entre otros.

La presente evaluación se desarrolla al confrontar los resultados obtenidos del diagnóstico para cada una de las variables del medio y las características en detalle de cada una de las obras que comprenderá la construcción y operación del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago.

Es importante aclarar que esta evaluación es sólo un medio para alcanzar el fin del EsIA, que consiste en "*armonizar el desarrollo del proyecto con su medio ambiente*", a través de la aplicación y seguimiento de normas de protección que permitan prevenir, mitigar y/o compensar los efectos negativos, así como mantener y maximizar los positivos.

9.1 Modelo de Evaluación de Impactos Ambientales

Para la evaluación de los impactos ambientales relacionados con el desarrollo del proyecto, se consideran como criterio de selección las características específicas de cada proyecto, así como de las condiciones ambientales.

Considerando la naturaleza de las obras propuestas, el modelo de evaluación aplicado parte de la consideración de que el proyecto y el ambiente son dos sistemas interactuantes e interdependientes, los cuales se condicionan mutuamente. Las interacciones de los sistemas son evaluadas a través de valoraciones y ponderaciones, a partir de variables específicas.

Las valoraciones tienen origen en el criterio técnico de los diferentes profesionales que participaron en la elaboración del EsIA y son la base para la caracterización cuantitativa y cualitativa de los impactos.

9.1.1 El Ambiente como un Sistema

El ambiente natural puede ser subdividido en términos de los recursos naturales que lo componen. Todos estos elementos están unidos por circuitos bio–geo–químicos, que operan con ritmos e intensidades variables y que determinan la dinámica de los ecosistemas, siendo así un sistema bien definido. El subsistema natural evaluado para este proyecto comprende las siguientes variables:

- Aguas superficiales.
- Aguas subterráneas.
- Suelo y subsuelo.

- Aire.
- Flora y Fauna.

Por su parte, para el caso del sub-ambiente social, se identifican como componentes aquellos aspectos de carácter económico, sociodemográfico y arqueológico que podrían verse afectados por la actividad propuesta, como son:

- Recursos arqueológicos.
- Uso del suelo.
- Empleo.
- Plusvalía.
- Salud y seguridad ocupacional.
- Tenencia de la tierra.
- Expropiación.

9.1.2 El Proyecto como un Sistema

Al igual que el ambiente, el proyecto puede ser conceptualizado como un sistema, bajo dos perspectivas que generan dos bloques de componentes integrados. En primer lugar, se debe considerar que el proyecto es un todo coherente, que requiere un aporte procedente del ambiente para ser realizado y subsistir exitosamente.

En segundo lugar, el proyecto genera una serie de acciones interdependientes que determinarán efectos sobre ámbitos claves a nivel espacial. De esta manera, es importante mostrar claramente cuales serán las actividades más relevantes, tanto de la construcción como de la operación.

A partir de la relación e interacción de las actividades del proyecto y los componentes del medio ambiente, se origina la identificación y posterior evaluación de los impactos ambientales. Sin embargo, siendo que algunas de estas actividades son comunes para diferentes componentes del proyecto, se consideró la siguiente relación para efectos de la evaluación de impactos:

- Movimientos de tierra.
- Construcción de Obras Civiles.
- Descarga de Aguas Pluviales.
- Producción de Desechos Sólidos.
- Flujo Vehicular Terrestre.

9.1.3 Valoración de Impactos

Las interrelaciones entre el medio ambiente y el proyecto son evaluadas a través de valoraciones y ponderaciones, las cuales miden los resultados a partir de variables específicas. Estas variables definen las principales características de cada uno de los impactos considerados.

Las valoraciones tienen origen en el criterio técnico y experiencia de los profesionales que participaron en la elaboración del EsIA y son la base para la caracterización cuantitativa y cualitativa de los impactos.

El análisis se basa en la aplicación de un código alfanumérico para cada impacto potencial detectado, que expresa las cualidades y magnitudes asignadas (cuadro 13). Seguidamente, se resumen las características de cada criterio utilizado en la valoración.

Cuadro 9.1
Proyecto Concesión de Obra con Servicio Público
del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago

Variables Consideradas para la Valoración de Impactos

Orden	Variable	Indicación
1º	**Dirección del Impacto** - Efecto positivo o negativo	+ /–
2º	**Magnitud** – Sobre una escala en orden creciente	0–3
3º	**Temporalidad** - Efecto temporal o permanente	Te / Pe
4º	**Espacialidad** - Efecto puntual, local, regional	Pu / Lo / Rg
5º	**Constancia** – Efecto reversible o irreversible	Re / Ir
6º	**Necesidad** – Efecto evitable o inevitable	Ev / In

La valoración neta del impacto ambiental es la suma algebraica de la magnitud bruta del impacto (segundo término del código), ± el valor agregado por los otros términos del código indicado en la tabla anterior.

En vista de que algunos de los valores de esta metodología se representan en forma alfabética y corresponden a una descripción cualitativa (no cuantitativa), el resultado final (valor del impacto), estará determinado en términos de su magnitud bruta y dirección del impacto.

9.2 Descripción y Análisis de Impactos Ambientales - Fase de Construcción

9.2.1 Impactos Socio–Económicos

9.2.1.1 Uso del suelo

El desarrollo del proyecto va a representar impactos sobre este componente, relacionados en forma directa con la exclusión de usos actuales. Sin embargo a pesar de los impactos la zona conservará las tendencias actuales, con respecto al uso del suelo, donde se señala la predominancia del uso urbano.

La exclusión de usos actuales se refiere específicamente a las áreas donde se van a expropiar terrenos, que actualmente están ocupados por estructuras de uso residencial, comercial o industrial. Debido a que el proyecto aprovecha, mayoritariamente, la infraestructura vial existente, se espera que el porcentaje de tierra a expropiar sea relativamente bajo. La zona con mayor impacto es el area donde se construira la Nueva Radial Zapote-Curridabat, aunque muchas de las propiedades necesarias para la nueva carretera ya estan adquiridas para dicho proposito.

9.2.1.2 Comunidades adyacentes al corredor vial

El desarrollo del proyecto va a representar interferencia con la movilización de los residentes locales, a raíz de la suspensión del tráfico vehicular, para ejecutar las obras. Esto puede significar un incremento en el tiempo de desplazamiento de la población, incomodidades y malestar, así como aumento del costo derivado del transporte.

Durante la etapa constructiva se espera también que las comunidades cercanas enfrenten molestias vinculadas con el polvo y ruido, generados por las obras y el equipo de construcción.

El desplazamiento de la población que va ser expropiada es un aspecto que implica desarticulación social y desarraigo, tanto para la población movilizada como para la que se queda en su lugar actual. Estos fenómenos variarán de intensidad dependiendo de las condiciones actuales de ocupación del terreno, de la magnitud del desplazamiento (número de familias o negocios desplazados).

Con respecto a las partes donde se deberá expropiar a los actuales ocupantes, se podría verificar la pérdida, para las familias movilizadas, de las fuentes de empleo e ingreso actuales, lo cual representa un impacto negativo de carácter permanente para esta población.

Otro impacto vinculado con el anterior es el desplazamiento de locales o empresas que brindan empleo a pobladores locales, privando a estos de la fuente de ingreso, sin embargo este fenómeno, de ocurrir, sería en pequeña escala, pues en la zona predomina la pequeña y mediana empresa, donde laboran pocas personas, por lo que no representaría un rompimiento del equilibrio económico.

Durante esta fase, la movilización de maquinaria pesada y el cierre de vías representan una disminución de la seguridad vial.

9.2.1.3 Potencial de relocalización de viviendas y negocios

La reubicación de la población movilizada puede responder a un proceso planificado y regulado por un ente responsable, o respetar la posibilidad de los reubicados de buscar la solución en forma individual. Este es el mecanismo previsto por la normativa vinculante, por lo que la alternativa de reubicación es definida por el individuo afectado, limitándose, la responsabilidad del Estado, a restituir el valor de los bienes expropiados, de manera justa y eficiente.

En vista de que la mayor parte de las propiedades en la zona son pequeñas o medianas, no se considera difícil encontrar opciones de reubicación donde pueda contarse con la misma disponibilidad de bienes y servicios con los que se cuenta ahora. Es importante tratar de garantizar

que la población no se vea privada de su fuente de ingresos o empleo en razón de la movilización, o de ser así contemplar los mecanismos compensatorios previstos por la ley (este criterio es fundamental en la negociación con los dueños de negocio).

9.2.1.4 Servicios comunitarios

La ejecución de obras de construcción altera la dinámica comunal, dificultando la movilización. Esto puede determinar un entorpecimiento en la prestación de ciertos servicios, como por ejemplo el de recolección de basura. Es necesario coordinar adecuadamente los horarios de implementación de obras para asegurar que no afecten la cobertura de dichos servicios.

9.2.1.5 Desarrollo económico del área

El proyecto no representa alteraciones drásticas del desarrollo económico del área, ni en la etapa de construcción ni de operación, pues forma parte de las tendencias predominantes, al llevarse a cabo en un área previamente impactada. Los impactos económicos son a pequeña escala, y se deben analizar desde una perspectiva individual (familias o negocios afectados) y no local o general.

9.2.1.6 Servicios de emergencia y gubernamentales

El proyecto no afecta las redes de cobertura de servicios de emergencia y/o gubernamentales, tampoco altera el acceso de las comunidades a los mismos. Por el contrario, una vez concluída la obra se beneficiarán los servicios de emergencia; como las ambulancias, de tener una vía recientemente recarpeteada con más capacidad vehicular y más seguridad de tránsito.

9.2.1.7 Paisaje

Esta fase representa una degradación visual temporaria en las áreas afectadas, por acumulación de maquinaria pesada y desechos a lo largo de la vía.

9.2.2 Impactos a los Recursos Culturales

9.2.2.1 Sitios de valor histórico y/o arqueológico

a. Pérdida de Patrimonio Arqueológico (–2/Pe/Pu/Ir/Ev)

El conocimiento histórico de la zona en la cual se encuentra el Corredor Vial San José–Zapote–Cartago y el estudio ejecutado en los terrenos del mismo para el presente EsIA, permitieron identificar la presencia de patrimonio de interés arqueológico.

Si se asocia esta presencia con el comportamiento típico de los asentamientos prehispánicos de la zona y con la ejecución de movimientos de tierra para cada uno de los componentes, se asume que históricamente la red vial relacionada con el Corredor Vial San José–Zapote–Cartago ha determinado la afectación y pérdida de patrimonio arqueológico.

Las obras de construcción del proyecto podrían representar la afectación del Monumento a las Garantías Sociales, que posee un valor cultural e histórico, de alcance nacional. Otros valores de este tipo quedan fuera del área de influencia.

Con respecto al patrimonio arqueológico, las áreas donde no se hayan dado procesos de urbanización, destinadas históricamente a usos agrícolas o lotes en desuso, tienen un alto potencial de contener recursos arqueológicos. De desarrollarse obras que impliquen movilización de maquinaria pesada y modificación de uso del suelo, este recurso quedaría destruido, por lo que es necesario llevar a cabo una evaluación arqueológica completa en los sitios donde se vayan a desarrollar dichas obras.

Se estima que los impactos son negativos de magnitud media (–2), de tipo permanente, puntuales de características irreversibles. Sin embargo, es un impacto evitable mediante la aplicación adecuada de normas de mitigación.

9.2.2.2 Facilidades recreativas o parques públicos

La oferta de este tipo de facilidades en la zona es más bien limitada, y refiere a centros de cobertura vecinal. Por otra parte, las obras del proyecto no representa impactos significativos sobre los mismos.

9.2.3 Impactos a los Recursos Naturales

9.2.3.1 Suelos

a. Pérdida de Suelo (–1/Te/Pu/Ir/Ev)

Se estima que la construcción de muros de retención y la realización de cortes, así como la realización de movimientos de tierra para ampliar el trazo del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, generarían procesos de erosión hídrica y eólica, tales como formación de canales, surcos, nubes de polvo y extraordinariamente derrumbes que afectarían las capas superiores y la regolita del perfil de suelo.

Por el tipo de impacto, se estima que éste será temporal, limitado al tiempo que realicen las obras de construcción; los impactos potenciales son puntuales, que se limitan al área del proyecto; se estiman que serán evitables mediante la aplicación adecuada de normas de mitigación.

b. Eliminación de Cobertura de Suelo en Áreas de Túnel (–1/Pe/Pu/Ir/In)

En el área donde se construirán los túneles, es necesario la excavación y eliminación de suelo. Se estima que el impacto si bien es cierto será negativo, es un impacto de baja magnitud porque actualmente el área se encuentra intensamente impactada por las vías y la Rotonda de las Garantías Sociales.

Por el tipo de proyecto, el impacto será permanente, de tipo puntual ya que afecta únicamente el área del túnel, inevitable y con efectos irreversibles.

9.2.3.2 Reservas Acuáticas

No se prevéen impactos relacionados con la fase de construcción del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago que afecten las reservas de agua, ya sea subterránea o superficial.

9.2.3.3 Calidad del Agua

a. Descarga de Aguas Pluviales (–1/Te/Lo/Re/Ev)

Las obras de construcción a lo largo del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, tendrán un efecto sobre la calidad de las aguas superficiales. El suelo será afectado por el arrastre de material a raíz de la escorrentía pluvial, coadyuvado por las deficiencias en la red de aguas pluviales. Este impacto se asocia con el efecto sobre las aguas superficiales (cuerpos del entorno), en razón del aporte de contaminantes (sedimentación) que altera la calidad de las aguas.

El efecto negativo de las aguas pluviales se establece en razón del arrastre de contaminantes identificado por medio del trabajo de campo y la activación de procesos erosivos esperada. Sin embargo, se ha determinado que los impactos son temporales, reversibles y evitables a través de medidas de mitigación apropiadas.

El efecto de la descarga de aguas pluviales es poco significativo. Sobre los asentamientos humanos podrá reactivar el efecto de inundaciones sobre viviendas del entorno. Sobre la infraestructura y los servicios, el impacto se valoró en función del deterioro en la calidad de las aguas en el entorno y el riesgo sobre la salud y seguridad comunal.

9.2.3.4 Fauna

a. Descarga de Aguas Pluviales (–1/Te/Lo/Re/Ev)

La única relación de impacto esperada con el medio biótico (en particular la fauna), se asocia con el efecto sobre ecosistemas acuáticos que aún persistan en los cuerpos de agua superficial del entorno y que recibirán a partir de esa descarga, sedimentación y otros contaminantes artificiales. Será un impacto temporal, reversible y evitable con las apropiadas medidas de mitigación si son tomadas con anterioridad a la construcción en el sitio. De todas formas, su magnitud es baja, ya que las condiciones de alta contaminación que presentan los ríos del entorno, no permite dar un valor alto al recurso agua afectado.

b. Migración de la Fauna (–2/Pe/Rg/Re/Ev)

Se estima que debido a la eliminación de cobertura vegetal y suelo al realizar los movimientos de tierra, existirá fauna a la que se le eliminará el hábitat, obligando a realizar una migración a otros nichos ecológicos capaces de sustentarlos.

El impacto es negativo de baja magnitud (debido a que el trazo del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago se encuentra en un área urbana intensamente alterada). El efecto será permanente, de tipo regional y que puede ser reversible y evitable mediante la adecuada aplicación de medidas de mitigación.

9.2.3.5 Flora

a. Eliminación de Cobertura Vegetal (–1/Pe/Lo/Re/Ev)

Actualmente, el área de influencia del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago se encuentra intensamente alterada y urbanizada. Sin embargo, existen remanentes de cobertura vegetal relacionada con cuerpos de agua superficial que eventualmente será eliminada para realizar los movimientos de tierra.

Esta actividad implica un impacto negativo de baja magnitud que será permanente y afectará en forma local a los ecosistemas existentes. Se estima que los efectos pueden ser evitables y reversibles mediante la adecuada aplicación de medidas de mitigación.

9.2.4 Impactos Físicos

9.2.4.1 Ruidos

a. Contaminación Sónica (0)

El trazo del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, se encuentra en un área urbanizada y con tráfico vehicular importante, por lo que la generación de ruidos en la fase de construcción no incrementará grandemente la condición de ruido actual.

También en este caso debe adicionarse al aporte de la flota vehicular que transita en el entorno, en forma conjunta generan una atmósfera de ruido que afecta a su entorno inmediato. Tal condición es una realidad y su tendencia apunta al crecimiento con el incremento en el tráfico vehicular. En este sentido, se estima que el impacto por ruido no superará los niveles actuales o su potencial de crecimiento de no realizarse las obras en el corredor vial.

9.2.4.2 Calidad del Aire

a. Contaminación del Aire (0)

La cantidad de las fuentes móviles de emisiones atmosféricas históricamente han alterado las condiciones naturales de calidad del aire tanto del área del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago como del entorno.

Se tiene que además el Corredor Vial San José–Zapote–Cartago se encuentra en un área urbana altamente contaminada, lo que significa un aporte más de contaminantes por fuentes móviles que

en suma, al igual que la contaminación por ruido, no representan impacto de importancia en las condiciones actuales de deterioro de la calidad del aire.

9.2.4.3 Construcción

a. Movimientos de Tierra (–1/Te/Pu/Re/Ev)

Los elementos del medio físico serán afectados por los cambios que la actividad producirá sobre la dinámica de las aguas subterráneas (reducción de la capacidad de infiltración); asimismo, por la pérdida de suelo (horizonte productivo) y por la activación de procesos erosivos que producirán arrastre y aporte de sedimentos a las aguas pluviales y a los cuerpos de agua en el entorno, así como emanación de finos que deterioran la calidad del aire, tanto en el sitio como en el entorno.

Serán efectos en su mayoría temporales, reversibles y evitables a través de medidas de mitigación.

El efecto de la actividad sobre el medio biótico es muy poco significativo en vista de la total alteración de los recursos de flora, fauna y ecosistemas (efecto antrópico histórico). Se valora un impacto bajo sobre la flora, en vista de la eliminación de alguna cobertura vegetal remanente en las áreas en donde se desarrollarán los nuevos componentes. Asimismo, un impacto de iguales características sobre los ecosistemas remanentes en los cuerpos de agua del entorno.

Un efecto negativo medio se espera sobre los asentamientos humanos, la salud y la seguridad comunal, básicamente por el aumento en el tránsito de maquinaria pesada durante esta actividad y que repercute sobre las vías públicas y las comunidades del entorno inmediato.

Este impacto se manifiesta también en relación con la infraestructura y los servicios, aunque de magnitud baja, ya que los trabajos afectarán las actividades operativas de las vías que operan actualmente. En su mayoría, los impactos serán temporales, reversibles e inevitables.

Se espera un único impacto positivo derivado de esta actividad y que estará ligado a la oferta de empleo; no obstante, será un impacto poco significativo y de carácter temporal mientras dure la fase de construcción.

b. Ampliación y Construcción de Vías (–1/Pe/Lo/Ir/In)

Se espera un impacto poco significativo sobre el medio físico, ya que la mayoría se habrán manifestado como consecuencia de los movimientos de tierra. Sobre las aguas subterráneas, esta actividad implicará cambios en la dinámica por generar impermeabilización y modificar el patrón de drenaje y recarga.

9.2.4.4 Contaminación

a. Contaminación del Suelo y Sub–suelo (0)

Por el tipo de proyecto, la construcción del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago no implica la contaminación del suelo y sub–suelo.

b. Contaminación de Aguas Superficiales (–1/Te/Rg/Re–Ir/Ev)

Observaciones ejecutadas en el área de influencia del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago y su entorno, han permitido conocer que algunas de las actividades y las deficiencias en los sistemas de recolección–disposición de aguas pluviales y servidas, han generado un aporte regular de contaminantes a los cuerpos de agua superficial del entorno. Entre las principales fuentes se pueden mencionar:

- Sedimentación originada por procesos de erosión; arrastre de materiales a través del alcantarillado pluvial.
- Solventes, pinturas y otras sustancias contaminantes provenientes de industrias, de escurrimiento libre.
- Desechos líquidos lixiviados, que tienen como origen las acumulaciones clandestinas de desechos sólidos domésticos e industriales. Las acumulaciones clandestinas se encuentran generalmente en la ribera de los ríos y quebradas que drenan el área, incrementando la extensión de la contaminación por lixiviados.

Los efectos por contaminación de aguas superficiales por el aporte de líquidos contaminantes que se canalizan hacia los cuerpos de agua debido a la construcción del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, representan un impacto negativo de magnitud baja, cuyo efecto es temporal y afectación regional. Dependiendo del tipo de contaminante que se aporte, el efecto es irreversible, aunque la ocurrencia de los impactos es evitable mediante la aplicación de adecuadas medidas de mitigación.

c. Modificación en el Flujo y Problemas de Tráfico Vehicular (–1/Te/Lo/Re/In)

El proceso de desarrollo regional, ha sido particularmente determinado por la existencia de la Autopista Florencio del Castillo.

La fase de construcción del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, implicará una afectación negativa en el flujo vehicular en las áreas donde se realizarán tanto obras de construcción, como de ampliación. Los efectos serán temporales, reversibles e inevitables. Si bien las obras serán a nivel puntual, se estima que los efectos serán locales.

9.3 Descripción y Análisis de Impactos Ambientales. Fase de Operación

9.3.1 Impactos Socio–Económicos

9.3.1.1 Uso del suelo

Como impactos indirectos de esta fase sobre el uso del suelo tenemos, a corto plazo, la limitación en cuanto a la posibilidad de destinar a ciertos usos las áreas aledañas a la carretera (esta situación se refiere sobre todo a las difíciles condiciones para la actividad agrícola, la protección y conservación de áreas de bosque, así como la construcción y habilitación de áreas recreativas).

Es posible que a mediano y largo plazo se desarrollen focos de actividad comercial o industrial en las zonas aledañas a la carretera, específicamente en los puntos donde se habiliten salidas o accesos. Esto, en razón de que la mayoría de dichos puntos ya están ocupados, se espera que ocurra a baja escala.

Otro efecto indirecto vinculado con la habilitación del corredor, es desarrollo de procesos de urbanización no planificados, inducidos por el proyecto. Es común que a lo largo de la vía se asienten núcleos de población, lo cual de suceder podría alterar la dinámica prevaleciente con respecto al uso del suelo. Sin embargo, el nivel de densidad actual reduce las posibilidades de ocupación a solamente algunos sectores, ubicados principalmente en el tramo de La Unión y la entrada a Cartago.

9.3.1.2 Comunidades adyacentes al corredor vial

El desarrollo del proyecto va a representar interferencia con la movilización de los residentes locales, en la fase operativa, por la eliminación de accesos a comunidades aledañas a la carretera. Esto puede significar un incremento en el tiempo de desplazamiento de la población, así como del costo derivado del transporte. La habilitación del corredor podria representar, como un impacto directo, la pérdida de algunos accesos actualmente existentes, lo cual podría dificultar la movilización de la población local. También puede conducir, a mediano y largo plazo, a la construcción de nuevos caminos secundarios u opciones de paso, de manera no planificada.

A lo largo del corredor se espera que se presenten problemas de ruido por tráfico vehicular, disminuyendo la calidad de vida de las comunidades aledañas.

Un impacto positivo relacionada con la operación normal del Corredor es la disminución de los tiempos de desplazamiento, al disminuir o evitar los congestionamientos, agilizando el flujo vehicular, lo cual representa beneficios a nivel local y regional. Este representa un beneficio directo para los residentes del área y para las personas que deben utilizar este ruta, que atiende directamente uno de los principales problemas identificados por la población del área de influencia.

El potencial de desarrollar nuevas actividades comerciales a lo largo de la vía representa una fuente de generación de empleo y de opciones de ingreso, que beneficiaría a los pobladores locales.

Con respecto a la seguridad vial, vemos que la operación normal del corredor representa un incremento del riesgo para el tráfico peatonal, así como del riesgo de accidentes con vehículos motorizados. El hecho de que se trate, mayoritariamente, de obras de ampliación, y de que la zona esté altamente urbanizada, reduce la magnitud del impacto, pues no representa una modificación drástica de las condiciones existentes.

9.3.1.3 Servicios comunitarios

El desarrollo del proyecto, sobre todo en las áreas donde se construirán tramos nuevos, se vincula con la desarticulación de las redes de cobertura de servicios comunales, fenómeno válido únicamente para aquellos tramos en los que se van a desarrollar obras nuevas, pues en los casos donde existe infraestructura vial el sistema se ha adpatado a las condiciones existentes.

Como se ha descrito en el Diagnóstico Ambiental, estos servicios son escasos y engloban, regularmente, a cantones enteros, por lo que no se espera que haya pérdida de los mismos, es decir que la continuidad de los mismos no sería afectada por la existencia del corredor.

9.3.1.4 Paisaje

Un impacto directo vinculado con la construcción de puentes o pasos elevados, como parte del diseño del corredor vial, es la pérdida de visibilidad del paisaje, sin embargo no representa una ruptura con la unidad paisajística predominante, que es de tipo urbano.

El desarrollo del proyecto puede acarrear, como efecto indirecto, degradación visual, a raíz de la proliferación de carteleras publicitarias a ambos lados del camino, práctica muy común.

9.3.2 Impactos a los Recursos Culturales

9.3.2.1 Sitios de valor histórico y/o arqueológico

Un impacto directo vinculado con la construcción de puentes o pasos elevados, como parte del diseño del corredor vial, es la pérdida de visibilidad del paisaje, sin embargo no representa una ruptura con la unidad paisajística predominante, que es de tipo urbano.

El desarrollo del proyecto puede acarrear, como efecto indirecto, degradación visual, a raíz de la proliferación de carteleras publicitarias a ambos lados del camino, práctica muy común.

9.3.3 Impactos a los Recursos Naturales

9.3.3.1 Suelos

En la fase operativa del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, no se prevéen impactos sobre el suelo, solo los temporarios debido a la construcción.

9.3.3.2 Reservas Acuáticas

a. Impermeabilización del Terreno (–1/Pe/Lo/Re/In)

La existencia del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, implica la impermeabilización del suelo a lo largo de su trazo. La impermeabilización del suelo, resultarán en una disminución de la recarga de los acuíferos que se encuentran en el área de influencia del proyecto.

Se estima que el impacto debido a la impermeabilización del terreno será negativo de baja magnitud, con efectos permanentes y que se evidenciarán en forma local. Los efectos pueden ser reversibles mediante la aplicación de normas de mitigación que compensen la disminución en la recarga de los acuíferos. Por el tipo de proyecto, se estima que el impacto es inevitable.

9.3.3.3 Calidad del Agua

a. Descarga de Aguas Pluviales (–1/Pe/Lo/Re/Ev)

Los efectos de la descarga de aguas pluviales sobre el medio físico se mantendrán constantes en términos de la permanencia del efecto. El impacto debido a la descarga de aguas pluviales será evidente en un aumento en la carga que se aportará a los cuerpos de agua receptores, aumentando el potencial de ocurrencia de inundación en sitios con historia de inundaciones.

Esta actividad tendrá un efecto significativo sobre el medio físico. El suelo será afectado por el arrastre de material a raíz de la escorrentía pluvial, coadyuvado por las deficiencias en la red de aguas pluviales. Este impacto se asocia con el efecto sobre las aguas superficiales, en razón del aporte de contaminantes y sedimentos que altera la calidad de las aguas.

El efecto negativo de las aguas pluviales se establece en razón del arrastre de contaminantes identificado por medio del trabajo de campo y la activación de procesos erosivos esperada. Los efectos serán negativos y afectarán principalmente en los ámbitos físicos y social, de carácter permanente, reversible y evitable a través de medidas de mitigación apropiadas.

9.3.3.4 Fauna

a. Contaminación Sónica (–2/Pe/Rg/Re/Ev)

Se espera un aumento en la contaminación sónica debido al aumento en el tráfico vehicular, el cual tendrá implicaciones en la fauna remanente en el área de influencia del proyecto. Se estima que existirán especies de fauna que se verán obligados a alejarse a sitios con menor afectación por el desarrollo urbano.

Los efectos serán negativos de baja magnitud (porque el trazo del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago se encuentra en un área intensamente alterada), con efectos permanentes, de carácter regional, reversibles y evitables mediante la aplicación de medidas adecuadas de mitigación.

9.3.3.5 Flora

a. Recuperación de Zonas Verdes (+1/Pe/Lo/Ir/In)

Con la operación del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago y como parte del proceso de mejoramiento ambiental y paisajístico, se realizarán obras de recuperación de la cobertura vegetal en los sitios impactados, así como en los sitios que se encuentran en el área de influencia del proyecto.

Con la recuperación de las zonas verdes, se estima que se fomentará, ya sea el regreso o permanencia de especies de fauna que se verán afectadas por la operación del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago.

En este sentido, se estima que los impactos por la recuperación de zonas verdes serán positivos de baja magnitud, con efectos permanentes y locales, de carácter irreversible e inevitable.

9.3.4 Impactos Físicos

9.3.4.1 Ruidos

a. Contaminación Sónica (–2/Pe/Rg/Re/Ev)

Una vez que el Corredor Vial San José–Zapote–Cartago entre en operación el tráfico vehicular aumentará considerablemente, aumentando tanto las emisiones atmosféricas como el ruido relacionado con los vehículos automotores.

Se estima que el aumento de la contaminación sónica tendrá efectos negativos de magnitud media, que serán permanentes (aunque no constantes) y que afectarán en forma regional (debido a que las fuentes de emisión de ruido son móviles); los efectos son de carácter reversible y evitables mediante la aplicación de medidas de mitigación adecuadas.

9.3.4.2 Calidad del Aire

a. Contaminación del Aire (–2/Pe/Rg/Re/Ev)

Al igual que el caso de la contaminación sónica, las emisiones gaseosas aumentarán con la operación del Corredor Vial San José–Zapote–Cartago, alterando las condiciones naturales de calidad del aire tanto del área del proyecto como del entorno.

Los impactos serán negativos de magnitud media y permanente; se estima que los efectos serán regionales, reversibles y evitables siempre y cuando los vehículos se mantengan en buenas condiciones mecánicas.

9.3.4.3 Contaminación

a. Contaminación de Aguas Subterráneas (–2/Pe/Rg/Ir/Ev)

Debido a que el Corredor Vial San José–Zapote–Cartago se constituirá en un cuerpo impermeabilizante que evitará el aporte de sustancias contaminantes al agua subterránea; sin embargo, las aguas que recoja y sean canalizados hacia los colectores de agua eventualmente se aportan a los acuíferos que se encuentran en profundidad.

Los efectos serán negativos de magnitud media, permanentes y de afectación regional. Los efectos serán irreversibles y pueden ser evitables mediante la aplicación de medidas de mitigación adecuadas.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE PRELIMINAR
ESTUDIO DE INGENIERIA

URS

SECCION 10

DRENAJE

10.1 Introducción

El análisis conceptual de drenaje tiene como primera función recolectar la información existente en términos de sistemas en uso y estructuras de drenaje operando dentro del corredor vial. Esta data se usa para determinar las características del área y los patrones de flujos del agua. Finalmente, el sistema de drenaje propuesto se desarrollara de forma tal que minimice los impactos al sistema existente, al mismo tiempo que provea un nivel de servicio aceptable y protección contra la acumulación de aguas en la vía pública.

Debido al rápido desarrollo urbano que ha tenido este corredor, es de esperar un aumento de la escorrentía superficial. El diseño propuesto ha de analizar todos los drenajes menores y alcantarillas existentes de la carretera para determinar si han sufrido deterioro que afecte su capacidad hidráulica. En el caso de que la capacidad del sistema sea inferior a la escorrentía real, se propondrán mejoras conjuntas al sistema de drenaje del corredor vial.

A lo largo del proyecto se puede observar que la dirección de los flujos de descarga tienen una orientación generalmente del noreste hacia el suroeste. Los sistemas de drenaje existentes y los diferentes ríos aledaños al corredor vial estan siendo usados para descargar los volúmenes de aguas pluviales provenientes de la carretera. Existen tramos de la red vial donde el sistema de drenaje se ha expandido para incluír los aportes provenientes de mejoramientos de calles ó proyectos cercanos. Estos volúmenes de aguas colindantes no ha suscitado un re-diseño del sistema de drenaje del área.

10.2 Sistema de drenaje existente

Las condiciones existentes para el drenaje de las aguas pluviales a lo largo del corredor vial San José-Zapote-Cartago muestra características muy diferentes en los tres segmentos en que se ha dividido el proyecto, a continuación se explica cada sistema de drenaje por separado:

- Autopista Estado de Israel

La longitud de este segmento es aproximadamente de 2 kilómetros, la carretera existente presenta una sección típica de cuatro (4) carriles, dos (2) en cada dirección, con una isleta divisoria de hierba de ancho variable. A ambos lados de la vía exterior existe la presencia de cordón y cuneta. El área adyacente a la carretera esta completamente urbanizada con muy pocos terrenos disponibles que ofrezcan la oprtunidad de ser usados como áreas de permeabilidad.

Los volúmenes de aguas pluviales provenientes de la carretera son colectados por varias alcantarillas a lo largo del cordón y la cuneta, y son evacuadas por mediación de tuberías de drenaje longitudinales y paralelas a ambos lados de la carretera. Algunas de estas tuberías simplemente descargan fuera del área hacia un sistema remoto de infiltración. Otras tuberías desaguan directamente en el Río Octoro.

- Nueva Radial Zapote-Curridabat

Este segmento del proyecto se extiende por aproximadamente 2.9 kilometros, atravezando una zona que es fundamentalmente residencial y comercial. El único sistema de drenaje que sirve esta área son los pequeños sistemas locales que descargan los volúmenes de aguas pluviales fuera del la vía ó directamente al Río Puruses.

- Autopista Florencio del Castillo

La Autopista Florencio del Castillo representa el tramo más largo de los tres segmentos, con una longitud de aproximadamente 17.6 kilometros. La carretera descarga los volúmenes de aguas hacia la isleta central de la vía con una depresión del terreno bien definida y cubierta de hierba ó hacia las cunetas colindante a ambos lados de la vía. Dichas depresiones definidas del terreno ó bajíos eventualmente descargan estos volúmenes fuera del area a travéz de una serie de tuberías de drenaje transversales que conducen las aguas desde la zona noreste hacia la zona suroeste. Se pudo observar que algunos de los sistemas de descarga lo hacen directamente en los Ríos La Cruz, Tiribi, Arriaz y Taras.

10.3 Sistema de drenaje propuesto

Como resultado directo de la expansión propuesta para el corredor vial San José-Zapote-Cartago, se incrementará la superficie impermeable a lo largo de todo el proyecto, al igual que habrá un incremento del volumen de aguas pluviales a drenar. La medida propuesta para propiciar el desague de este volumen de agua a drenar es construir una serie de sistemas de drenaje (dren francés) a través de los diferentes segmentos del proyecto, estos serán construidos fuera de la influencia de los carriles de tránsito donde normalmente no circula tráfico vehicular, directamente debajo de los espaldones en las zonas rurales ó las zonas urbanas.

Debido al bajo nivel del manto freático en el área del proyecto, se prevee que el funcionamiento del sistema de drenaje francés operará de una forma más eficiente para controlar y descargar los volúmenes de aguas provenientes de la carretera.

El objetivo del diseño del sistema de drenaje es poder desaguar los volúmenes a través del sistema existente y de los ríos del área adyacente al proyecto, propiciando así una descarga similar a las condiciones existentes. La dirección del patrón de flujo de las aguas se mantendrá de acuerdo al existente, del noreste al suroeste. El diseño propuesto para el drenaje utilizará el sistema positivo de desague existente, de este modo cualquier exceso de aguas pluviales que el sistema de drenaje francés no pueda absober sería descargado en sitios remotos previamente identificados y preparados para retener dicho exceso de volúmenes.

10.4 Criteria de Diseño

A continuación se presentan los parámetros técnicos utilizados en los calculos de drenaje para el Corredor Vial San José-Zapote-Cartago.

Distribución de flujos

Para poder determinar el espacio máximo entre alcantarillas, se analizan dos factores diferentes. Primero, la capacidad de la sección típica del pavimento de acarrear la escorrentía superficial dentro de los límites permitidos. Segundo, se debe determinar la capacidad de las alcantarillas interceptadoras propuestas. Una vez determinados estos dos factores, se establecen los límites prácticos y las condiciones que controlan el espaciamiento de las alcantarillas propuestas.
En las secciones de carreteras que no tienen espaldones del ancho adequado, el resultado de la distribución de flujos de la escorrentía real de un evento pluvial de 25 años de frequencia, no debe de pasar de la mitad de la linea de tránsito adyacente al espaldón. En las secciones de carreteras con espaldón de ancho adequado, dicha distribución de flujos ó escorrentía real no debe de llegar a la carrilera de tránsito.

Las formulas siguientes fueron utilizadas en las calculaciones de drenajes:

Roadway Cross-Section Capacity:

$$Q = \frac{0.3784}{n} S_x^{1.67} S^{0.5} T^{2.67}$$

Q = contributing flow (m^3/s)
n = manning's n
S_x = pavement cross slope (m/m)
S = pavement logitudinal slope (m/m)
T = total spread (m)

Also,

$$Q = ciak / 360$$

Q = contributing flow (m^3/s)
C = runoff coefficient
A = drainage area (hectares)
i = rainfall intensity (mm/h)
k = design storm frequency factor

Also,

$$A = (B_W)(B_L)/10000$$

A = drainage area (hectares)
B_W = drainage basin width (m)
B_L = drainage basin length (m)

Note that this formula asumes a rectangular drainage basin, and a drainage basin that extends only to the right-of-way line.

Therefore,

B_L = unknown inlet spacing (m)

Inlet Capacity:

$$E_Q = 1 - (1 - W/T)^{2.67}$$

E_Q = ratio of frontal flow to total gutter flow
W = width of inlet grate (m)
T = total spread (m)

Also,

$$R_f = 1 - 0.09(V - V_o)$$

R_f = ratio of frontal flow intercepted to total frontal flow (must be ≤ 1.00)
V = velocity of flow in the gutter (m/s)
V_o = velocity where splash-over first occurs (m/s)

$$V = \frac{0.7568}{n} S^{0.5} S_X{}^{0.67} T^{0.67}$$

V = velocity of flow in the gutter (m/s)
n = manning's n
S = pavement longitudinal slope (m/m)
S_x = pavement cross slope (m/m)
T = total spread (m)

$$V_o = (3.01181) L^{0.6454720} (0.3048)^{1-0.6454720}$$

V_o = velocity where splash-over first occurs (m/s)
L = length of inlet grate (m)

Note that this formula asumes a grate type P-1-7/8-4.

Also,

$$R_S = 1/\left(1+\frac{0.15v^{1.8}}{S_X L^{2.3}}\right)$$

R_s = ratio of side flow intercepted to total side flow
V = velocity if flow in the gutter (m/s)
S_x = pavement cross slope (m/m)
L = length of inlet grate (m)

Also,

$$E = R_f E_o + R_S(1 - E_o))$$

E = efficiency of inlet grate
R_f = ratio of frontal flow intercepted to total frontal flow
E_o = ratio of frontal flow to total gutter flow
R_s = ratio of side flow inercepted to total side flow (must be $\leqslant$ 1.00)

Also,

$$Q_i = EQ$$

Q_i = intercepted flow (m^3/s)
E = efficiency of inlet grate
Q = total gutter flow (m^3/s)
E = 1.0 for 100% interception

Also,

$$Q = Ciak/360$$

Q = contributing flow (m3/s)
C = runoff coefficient
A = drainage area (hectares)
i = rainfall intensity (mm/h)
k = design storm frequency factor

Also,

$$A = (B_w)(B_L)/10000$$

A = drainage area (hectares)
B_w = drainage basin width (m)

B_L = drainage basin length (m)

Note that this formula asumes a rectangular drainage basin, and a drainage basin that extends only to the right-of-way line.

Therefore,

B_L = unknown inlet spacing (m)

Curb-opening inlets:

$$L_T = 0.076 Q^{0.42} S^{0.3} \left(\frac{1}{n s_x} \right)^{0.6}$$

L_T = curb opening length required to intercept 100% of the gutter flow (m)
Q = contributing flow (m^3/s)
S = pavement, longitudinal slope (m/m)
n = manning's n
S_x = pavement cross slope (m/m)

Also,

$Q = ciak/360$

Q = contributing flow (m3/s)
C = runoff coefficient
i = rainfall intensity (mm/h)
A = drainage area (hectares)
k = design storm frequency factor

Also,

$A = (B_w)(B_L)/10000$

A = drainage area (hectares)
B_w = drainage basin width (m)
B_L = drainage basin length (m)

Note that this formula asumes a rectangular drainage basin, and a drainage basin that extends only to the right-of-way line.

Therefore,

B_L = unkown inlet spacing (m)

Alcantarillas de Combinación

La capacidad de intercepción de una alcantarilla de combinación (curb inlet); que consiste de una abertura en el cordón y una rejilla metálica, no es mayor que la capacidad de intercepción de una alcantarilla de rejilla por si sola. La capacidad de las alcantarillas se computa sin tomar en consideración la abertura en el cordón.

Escorrentía real y la capacidad de las alcantarillas

Para sentar las bases del diseño final de drenaje; la escorrentía típica y las calculaciones de la capacidad de las alcantarillas se realizarán en base a la escorrentía máxima permitida a lo largo del proyecto. Estos cálculos se efectúan utilizando los perfiles propuestos para el diseño de la carretera y el tipo de alcantarilla propuesta.

La criteria siguiente de ingeniería se utilizará para analizar la escorrentía:

1) 1.2 m = 1.2 m de espaldón
2) 1.65 m = la mitad de una carrilera de 3.3 m
3) 1.95 m = 0.3 m de espaldón + la mitad de una carrilera de 3.3 m
4) 2.10 m = 0.6 m de espaldón + la mitad de una carrilera de 3.0 m
5) 2.35 m = 0.7 m de espaldón + la mitad de una carrilera de 3.3 m
6) 2.525 m = 0.875 m de espaldón + la mitad de una carrilera de 3.3 m

Los siguientes tipos de alcanterillas serán analizadas:

1) cub inlet type 5 – (alcantarilla de combinación tipo 5)
2) curb inlet type 7 – (alcantarilla de combinación tipo 7)
3) curb inlet type 8 – (alcantarilla de combinación tipo 8)
4) barrier wall inlet (BWI) – (alcantarilla de barrera para paredes de retención)
5) median barrier wall inlet (MBWI) – (alcantarilla de barrera divisoria)

SPREAD CALCULATIONS (INLET TYPE 5)

ROADWAY CROSS SECTION CAPACITY							
Total allowable spread (meters)	1.650	1.650	1.650	2.350	2.350	2.350	2.350
Maximum spread for 75% inlet flow interception (meters)	3.283	1.508	1.541	1.652	1.492	1.641	1.526
Controlling spread width (meters)	1.650	1.508	1.541	1.652	1.492	1.641	1.526
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.00152	0.03800	0.03040	0.01720	0.04300	0.01800	0.03340
Pavement cross slope (m/m)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Manning's n	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Drainage basin runoff coefficient	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Rainfall intensity (mm/h)	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4
Design storm frequency factor	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Drainage basin width (meters)	12.65	12.65	12.65	14.55	14.55	14.55	14.55
Mximum inlet spacing (meters)	**18.09**	**71.13**	**67.41**	**53.08**	**63.94**	**53.34**	**59.85**

INLET CAPACITY							
Maximum spread for 75% inlet flow interception (meters)	3.283	1.508	1.541	1.652	1.492	1.641	1.526
Ratio of frontal flow to total gutter flow	0.384	0.698	0.688	0.657	0.703	0.660	0.693
Width of inlet grate (meters)	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545
Length of inlet grate (meters)	1.195	1.195	1.195	1.195	1.195	1.195	1.195
Velocity where splash-over first occurs (m/s)	2.217	2.217	2.217	2.217	2.217	2.217	2.217
Manning's n	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.00152	0.03800	0.03040	0.01720	0.04300	0.01800	0.03340
Pavement cross slope (m/m)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Velocity of flow in the gutter (m/s)	0.416	1.236	1.122	0.884	1.305	0.900	1.168
Ratio of frontal flow intercepted to total frontal flow	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ratio of side flow intercepted to total side flow	0.593	0.171	0.197	0.273	0.157	0.267	0.186
Efficiency of inlet grate (=1.000 for 100% interception)	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750

SPREAD CALCULATIONS (INLET TYPE 5)

ROADWAY CROSS SECTION CAPACITY							
Total allowable spread (meters)	2.350	2.350	2.350	2.350	2.350	2.350	
Maximum spread for 75% inlet flow interception (meters)	1.567	1.821	1.471	1.691	1.524	1.467	
Controlling spread width (meters)	1.567	1.821	1.471	1.691	1.524	1.467	
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.02600	0.01000	0.05190	0.01500	0.03380	0.05370	
Pavement cross slope (m/m)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
Manning's n	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	
Drainage basin runoff coefficient	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	
Rainfall intensity (mm/h)	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4	
Design storm frequency factor	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	
Drainage basin width (meters)	14.55	14.55	14.55	14.55	14.55	14.55	
Mximum inlet spacing (meters)	**56.68**	**52.49**	**67.64**	**52.75**	**59.99**	**68.30**	

INLET CAPACITY							
Maximum spread for 75% inlet flow interception (meters)	1.567	1.821	1.471	1.691	1.524	1.467	
Ratio of frontal flow to total gutter flow	0.681	0.613	0.709	0.646	0.693	0.711	
Width of inlet grate (meters)	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545	0.545	
Length of inlet grate (meters)	1.195	1.195	1.195	1.195	1.195	1.195	
Velocity where splash-over first occurs (m/s)	2.217	2.217	2.217	2.217	2.217	2.217	
Manning's n	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.02600	0.01000	0.05190	0.01500	0.03380	0.05370	
Pavement cross slope (m/m)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	
Velocity of flow in the gutter (m/s)	1.049	0.719	1.421	0.838	1.174	1.442	
Ratio of frontal flow intercepted to total frontal flow	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Ratio of side flow intercepted to total side flow	0.217	0.353	0.138	0.293	0.184	0.135	
Efficiency of inlet grate (=1.000 for 100% interception)	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	

SPREAD CALCULATIONS (INLET TYPE BWI)

ROADWAY CROSS SECTION CAPACITY							
Total allowable spread (meters)	1.950	1.950	1.950	1.950	2.525	2.525	2.525
Maximum spread for 75% inlet flow interception (meters)	2.983	3.205	2.925	3.110	3.100	2.930	3.097
Controlling spread width (meters)	1.950	1.950	1.950	1.950	2.525	2.525	2.525
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.03040	0.01270	0.04470	0.01720	0.01720	0.04300	0.01800
Pavement cross slope (m/m)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Manning's n	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Drainage basin runoff coefficient	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Rainfall intensity (mm/h)	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4
Design storm frequency factor	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Drainage basin width (meters)	10.50	10.50	10.50	10.50	14.55	14.55	14.55
Mximum inlet spacing (meters)	**152.26**	**98.41**	**184.63**	**114.53**	**164.77**	**260.52**	**168.56**

INLET CAPACITY							
Maximum spread for 75% inlet flow interception (meters)	2.983	3.205	2.925	3.110	3.100	2.930	3.097
Ratio of frontal flow to total gutter flow	0.717	0.684	0.726	0.698	0.700	0.725	0.700
Width of inlet grate (meters)	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124
Length of inlet grate (meters)	1.280	1.280	1.280	1.280	1.280	1.280	1.280
Velocity where splash-over first occurs (m/s)	2.318	2.318	2.318	2.318	2.318	2.318	2.318
Manning's n	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.03040	0.01270	0.04470	0.01720	0.01720	0.04300	0.01800
Pavement cross slope (m/m)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Velocity of flow in the gutter (m/s)	1.746	1.184	2.089	1.350	1.348	2.052	1.378
Ratio of frontal flow intercepted to total frontal flow	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ratio of side flow intercepted to total side flow	0.115	0.207	0.086	0.170	0.171	0.088	0.165
Efficiency of inlet grate (=1.000 for 100% interception)	0.750	0.750	0.750	0.750	0.751	0.750	0.750

SPREAD CALCULATIONS (INLET TYPE BWI)

ROADWAY CROSS SECTION CAPACITY							
Total allowable spread (meters)	2.525	2.525	2.525	2.525	2.525	2.525	2.525
Maximum spread for 75% inlet flow interception (meters)	2.961	3.012	3.297	2.907	3.150	2.965	2.903
Controlling spread width (meters)	2.525	2.525	2.525	2.525	2.525	2.525	2.525
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.03340	0.02600	0.01000	0.05190	0.01500	0.03380	0.05370
Pavement cross slope (m/m)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Manning's n	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Drainage basin runoff coefficient	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Rainfall intensity (mm/h)	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4
Design storm frequency factor	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Drainage basin width (meters)	14.55	14.55	14.55	14.55	14.55	14.55	14.55
Mximum inlet spacing (meters)	**229.61**	**202.58**	**125.63**	**286.22**	**153.87**	**230.98**	**291.14**

INLET CAPACITY							
Maximum spread for 75% inlet flow interception (meters)	2.961	3.012	3.297	2.907	3.150	2.965	2.903
Ratio of frontal flow to total gutter flow	0.720	0.713	0.671	0.729	0.692	0.720	0.729
Width of inlet grate (meters)	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124
Length of inlet grate (meters)	1.280	1.280	1.280	1.280	1.280	1.280	1.280
Velocity where splash-over first occurs (m/s)	2.318	2.318	2.318	2.318	2.318	2.318	2.318
Manning's n	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.03340	0.02600	0.01000	0.05190	0.01500	0.03380	0.05370
Pavement cross slope (m/m)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Velocity of flow in the gutter (m/s)	1.821	1.625	1.071	2.242	1.272	1.833	2.279
Ratio of frontal flow intercepted to total frontal flow	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ratio of side flow intercepted to total side flow	0.107	0.128	0.238	0.076	0.186	0.106	0.074
Efficiency of inlet grate (=1.000 for 100% interception)	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750

SPREAD CALCULATIONS (INLET TYPE MBWI)

ROADWAY CROSS SECTION CAPACITY							
Total allowable spread (meters)	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100
Maximum spread for 75% inlet flow interception (meters)	3.667	1.404	1.447	1.447	1.704	1.384	1.596
Controlling spread width (meters)	2.100	1.404	1.447	1.447	1.704	1.384	1.596
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.00152	0.03800	0.03040	0.03040	0.01270	0.04270	0.01720
Pavement cross slope (m/m)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Manning's n	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Drainage basin runoff coefficient	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Rainfall intensity (mm/h)	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4
Design storm frequency factor	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Drainage basin width (meters)	12.65	12.65	12.65	17.00	17.00	17.00	17.00
Mximum inlet spacing (meters)	**17.50**	**29.86**	**28.95**	**21.54**	**21.54**	**22.67**	**21.05**

INLET CAPACITY							
Maximum spread for 75% inlet flow interception (meters)	3.667	1.404	1.447	1.447	1.704	1.384	1.596
Ratio of frontal flow to total gutter flow	0.312	0.673	0.659	0.659	0.587	0.679	0.615
Width of inlet grate (meters)	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480
Length of inlet grate (meters)	1.320	1.320	1.320	1.320	1.320	1.320	1.320
Velocity where splash-over first occurs (m/s)	2.364	2.364	2.364	2.364	2.364	2.364	2.364
Manning's n	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.00152	0.03800	0.03040	0.03040	0.01270	0.04270	0.01720
Pavement cross slope (m/m)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Velocity of flow in the gutter (m/s)	0.342	0.898	0.819	0.819	0.591	0.943	0.658
Ratio of frontal flow intercepted to total frontal flow	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ratio of side flow intercepted to total side flow	0.636	0.235	0.265	0.265	0.394	0.219	0.349
Efficiency of inlet grate (=1.000 for 100% interception)	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750

SPREAD CALCULATIONS (INLET TYPE MBWI)

ROADWAY CROSS SECTION CAPACITY							
Total allowable spread (meters)	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Maximum spread for 75% inlet flow interception (meters)	1.596	1.383	1.581	1.428	1.482	1.807	1.354
Controlling spread width (meters)	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.01720	0.04300	0.01800	0.03340	0.02600	0.01000	0.05190
Pavement cross slope (m/m)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Manning's n	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Drainage basin runoff coefficient	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Rainfall intensity (mm/h)	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4	161.4
Design storm frequency factor	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Drainage basin width (meters)	14.55	14.55	14.55	14.55	14.55	14.55	14.55
Mximum inlet spacing (meters)	**11.49**	**18.16**	**11.75**	**16.01**	**14.12**	**8.76**	**19.95**
INLET CAPACITY							
Maximum spread for 75% inlet flow interception (meters)	1.596	1.383	1.581	1.428	1.482	1.807	1.354
Ratio of frontal flow to total gutter flow	0.615	0.680	0.619	0.665	0.648	0.561	0.689
Width of inlet grate (meters)	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480	0.480
Length of inlet grate (meters)	1.320	1.320	1.320	1.320	1.320	1.320	1.320
Velocity where splash-over first occurs (m/s)	2.364	2.364	2.364	2.364	2.364	2.364	2.364
Manning's n	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.01720	0.04300	0.01800	0.03340	0.02600	0.01000	0.05190
Pavement cross slope (m/m)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Velocity of flow in the gutter (m/s)	0.658	0.946	0.669	0.851	0.770	0.545	1.024
Ratio of frontal flow intercepted to total frontal flow	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ratio of side flow intercepted to total side flow	0.349	0.218	0.342	0.252	0.288	0.429	0.195
Efficiency of inlet grate (=1.000 for 100% interception)	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750

SPREAD CALCULATIONS (INLET TYPE MBWI)

ROADWAY CROSS SECTION CAPACITY							
Total allowable spread (meters)	1.200	1.200	1.200				
Maximum spread for 75% inlet flow interception (meters)	1.642	1.423	1.350				
Controlling spread width (meters)	1.200	1.200	1.200				
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.01500	0.03380	0.05370				
Pavement cross slope (m/m)	0.02	0.02	0.02				
Manning's n	0.015	0.015	0.015				
Drainage basin runoff coefficient	0.95	0.95	0.95				
Rainfall intensity (mm/h)	161.4	161.4	161.4				
Design storm frequency factor	1.1	1.1	1.1				
Drainage basin width (meters)	14.55	14.55	14.55				
Mximum inlet spacing (meters)	**10.73**	**16.10**	**20.30**				

INLET CAPACITY							
Maximum spread for 75% inlet flow interception (meters)	1.642	1.423	1.350				
Ratio of frontal flow to total gutter flow	0.603	0.667	0.691				
Width of inlet grate (meters)	0.480	0.480	0.480				
Length of inlet grate (meters)	1.320	1.320	1.320				
Velocity where splash-over first occurs (m/s)	2.364	2.364	2.364				
Manning's n	0.015	0.015	0.015				
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.01500	0.03380	0.05370				
Pavement cross slope (m/m)	0.02	0.02	0.02				
Velocity of flow in the gutter (m/s)	0.627	0.854	1.040				
Ratio of frontal flow intercepted to total frontal flow	1.000	1.000	1.000				
Ratio of side flow intercepted to total side flow	0.369	0.251	0.191				
Efficiency of inlet grate (=1.000 for 100% interception)	0.750	0.750	0.750				

SPREAD CALCULATIONS (INLET TYPE 7)

ROADWAY CROSS SECTION CAPACITY					
Total allowable spread (meters)	1.950	1.950	1.950	1.950	
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.03040	0.01270	0.04470	0.01720	
Pavement cross slope (m/m)	0.03	0.03	0.03	0.03	
Manning's n	0.015	0.015	0.015	0.015	
Drainage basin runoff coefficient	0.95	0.95	0.95	0.95	
Rainfall intensity (mm/h)	161.4	161.4	161.4	161.4	
Design storm frequency factor	1.1	1.1	1.1	1.1	
Drainage basin width (meters)	10.50	10.50	10.50	10.50	
Mximum inlet spacing (meters)	**152.256**	**98.410**	**184.626**	**114.526**	

INLET CAPACITY					
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.03040	0.01270	0.04470	0.01720	
Total allowable spread (meters)	1.950	1.950	1.950	1.950	
Pavement cross slope (m/m)	0.03	0.03	0.03	0.03	
Manning's n	0.015	0.015	0.015	0.015	
Drainage basin runoff coefficient	0.95	0.95	0.95	0.95	
Rainfall intensity (mm/h)	161.4	161.4	161.4	161.4	
Design storm frequency factor	1.1	1.1	1.1	1.1	
Drainage basin width (meters)	10.50	10.50	10.50	10.50	
Curb opening length (meters)	1.200	1.200	1.200	1.200	
Mximum inlet spacing (meters)	**290.996**	**542.813**	**220.948**	**437.081**	

MAXIMUM INLET SPACING					
Maximum inlet spacing due to pavement capacity (meters)	152.256	98.410	184.626	114.526	
Maximum inlet spacing due to inlet capacity (meters)	290.996	542.813	220.948	437.081	
Controlling condition	PAVEMENT	PAVEMENT	PAVEMENT	PAVEMENT	
Maximum inlet spacing	**152.256**	**98.410**	**184.626**	**114.526**	

SPREAD CALCULATIONS (INLET TYPE 8)

ROADWAY CROSS SECTION CAPACITY					
Total allowable spread (meters)	1.650	1.650	1.650	1.650	
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.03040	0.01270	0.04470	0.01720	
Pavement cross slope (m/m)	0.03	0.03	0.03	0.03	
Manning's n	0.015	0.015	0.015	0.015	
Drainage basin runoff coefficient	0.95	0.95	0.95	0.95	
Rainfall intensity (mm/h)	161.4	161.4	161.4	161.4	
Design storm frequency factor	1.1	1.1	1.1	1.1	
Drainage basin width (meters)	6.50	6.50	6.50	6.50	
Mximum inlet spacing (meters)	**157.449**	**101.767**	**190.923**	**118.432**	

INLET CAPACITY					
Pavement longitudinal slope (m/m)	0.03040	0.01270	0.04470	0.01720	
Total allowable spread (meters)	1.650	1.650	1.650	1.650	
Pavement cross slope (m/m)	0.03	0.03	0.03	0.03	
Manning's n	0.015	0.015	0.015	0.015	
Drainage basin runoff coefficient	0.95	0.95	0.95	0.95	
Rainfall intensity (mm/h)	161.4	161.4	161.4	161.4	
Design storm frequency factor	1.1	1.1	1.1	1.1	
Drainage basin width (meters)	6.50	6.50	6.50	6.50	
Curb opening length (meters)	1.200	1.200	1.200	1.200	
Mximum inlet spacing (meters)	**470.070**	**876.853**	**356.917**	**706.053**	

MAXIMUM INLET SPACING					
Maximum inlet spacing due to pavement capacity (meters)	157.449	101.767	190.923	118.432	
Maximum inlet spacing due to inlet capacity (meters)	470.070	876.853	356.917	706.053	
Controlling condition	PAVEMENT	PAVEMENT	PAVEMENT	PAVEMENT	
Maximum inlet spacing	**157.449**	**101.767**	**190.923**	**118.432**	

Hidrología

Para determinar las características hidrológicas del área del proyecto se analizaron las lecturas pluviales históricas registradas en tres (3) pluviómetros en las cercanías del proyecto. La información registrada para lluvias de un máximo de 24 horas, data de los años 1949 – 2000.

Usando la distribución Gumbel, se pueden predecir las tormentas de lluvias máximas de 24 horas utilizadas para el diseño de drenaje con frequencia estadística de 500 años. También se presenta una tabla de intensidad-duración (intensity-duration), para facilitar las calculaciones hidráulicas utilizando la "equación racional". Este análisis hidrológico sienta las bases para llevar a cabo las calculaciones del drenaje, es muy importante que exista suficiente data histórica pluvial para obtener un análisis estadístico preciso.

Tomando en consideración que existen aproximadamente 51 años de data histórica pluvial, y que el diseño hidráulico para el proyecto utilizará información basada en un evento de 25 años, se estima que es suficiente el registro pluvial existente para obtener una data hidrológica precisa.

ESTACION: SAN JOSE

LONGITUD: 84^05' **LATITUD: 9^56'** **ALTITUD: 1172 m**

AÑO	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm) MESES												MESES CON DATOS	MAXIMO ANNUAL (X) (mm)	MES MAXIMO ANNUAL	$(X-\bar{X})^2$
	1 MAY.	2 JUN.	3 JUL.	4 AGO.	5 SEP.	6 OCT.	7 NOV.	8 DIC.	9 ENE.	10 FEB.	11 MAR.	12 ABR.				
1949 - 1950	-	-	-	-	-	-	-	-	7.2	5.1	1.6	57.5	4	57.5	12.0	371.1
1950 - 1951	58.1	29.6	91.0	55.1	50.3	45.0	47.0	38.0	1.0	3.7	0.8	23.3	12	91.0	3.0	202.7
1951 - 1952	39.4	45.2	43.4	34.4	57.0	67.3	24.9	24.0	0.9	9.0	14.8	29.5	12	67.3	6.0	89.6
1952 - 1953	53.2	30.3	46.9	24.9	74.1	53.5	45.4	19.8	15.3	1.3	1.1	8.1	12	74.1	5.0	7.1
1953 - 1954	77.2	50.0	29.2	60.3	61.2	23.6	17.2	21.8	0.0	7.2	8.0	56.2	12	77.2	1.0	0.2
1954 - 1955	42.3	57.9	48.4	65.5	28.0	48.4	32.9	8.3	0.2	2.0	2.3	2.6	12	65.5	4.0	126.9
1955 - 1956	41.6	72.5	39.0	31.0	46.3	112.6	27.4	21.7	9.0	19.7	0.0	7.6	12	112.6	6.0	1284.2
1956 - 1957	63.8	59.4	59.2	36.6	43.3	57.9	40.3	13.6	0.0	3.6	13.0	8.3	12	63.8	1.0	168.1
1957 - 1958	50.5	43.7	23.7	45.0	49.7	37.6	5.8	16.0	4.6	0.0	6.8	27.7	12	50.5	1.0	689.8
1958 - 1959	24.5	79.3	27.3	43.0	30.6	65.0	16.1	7.9	0.0	1.4	0.0	27.6	12	79.3	2.0	6.4
1959 - 1960	73.5	52.6	52.6	39.8	33.3	32.8	17.5	1.2	1.9	16.6	24.0	20.4	12	73.5	1.0	10.7
1960 - 1961	80.3	41.0	42.2	24.5	62.7	58.8	33.7	7.9	0.2	0.0	1.2	8.1	12	80.3	1.0	12.5
1961 - 1962	13.3	54.7	47.2	32.6	83.7	81.0	18.0	24.7	2.3	0.0	1.2	16.5	12	83.7	5.0	48.1
1962 - 1963	48.5	56.8	33.9	58.1	55.7	62.1	35.0	22.6	4.0	12.9	2.0	22.1	12	62.1	6.0	215.0
1963 - 1964	36.4	40.0	39.5	41.4	76.7	69.5	53.0	6.6	2.0	3.8	0.0	19.0	12	76.7	5.0	0.0
1964 - 1965	26.5	61.5	47.0	53.1	46.0	68.0	25.1	32.2	1.1	5.4	6.6	0.0	12	68.0	6.0	76.8
1965 - 1966	59.1	49.9	14.8	32.3	49.9	105.7	86.7	11.3	14.1	15.5	9.2	3.0	12	105.7	6.0	837.3
1966 - 1967	65.4	37.4	72.0	70.7	25.5	31.0	35.6	22.3	0.8	0.0	0.0	20.2	12	72.0	3.0	22.7
1967 - 1968	21.4	88.0	24.0	53.8	40.2	42.2	14.6	1.9	1.1	35.4	2.6	20.0	12	88.0	2.0	126.3
1968 - 1969	57.2	45.6	48.0	58.5	64.5	36.7	39.4	5.5	45.0	0.0	36.5	24.1	12	64.5	5.0	150.4
1969 - 1970	23.7	88.0	24.4	84.7	51.5	31.5	88.4	52.1	5.8	2.0	49.1	106.7	12	106.7	12.0	896.2
1970 - 1971	47.4	63.7	59.3	62.2	62.0	64.1	30.5	25.1	5.1	23.7	1.4	36.4	12	64.1	6.0	160.4
1971 - 1972	52.0	38.7	61.4	92.6	45.1	45.2	40.8	4.2	35.5	0.2	2.9	4.8	12	92.6	4.0	250.8
1972 - 1973	40.7	46.8	35.1	35.0	34.1	46.9	11.3	42.9	0.4	0.9	18.6	27.9	12	46.9	6.0	891.8
1973 - 1974	49.6	55.8	44.5	55.9	46.9	39.9	23.8	15.4	1.4	0.9	0.3	36.4	12	55.9	4.0	435.3
1974 - 1975	56.0	46.1	76.4	58.7	61.0	57.6	9.8	37.2	0.7	1.0	0.0	30.6	12	76.4	3.0	0.1
1975 - 1976	68.3	44.3	53.4	63.5	65.3	22.6	37.1	14.0	4.4	0.4	0.0	19.2	12	68.3	1.0	71.6
1976 - 1977	34.1	36.2	23.9	36.4	65.0	42.1	41.5	3.4	1.1	0.0	1.0	5.3	12	65.0	5.0	138.4
1977 - 1978	43.2	30.8	13.0	55.3	46.7	51.0	25.8	1.2	5.6	2.7	1.4	15.4	12	55.3	4.0	460.7
1978 - 1979	48.4	50.5	40.3	23.3	59.6	31.0	76.7	15.8	2.4	7.9	0.0	47.2	12	76.7	7.0	0.0
1979 - 1980	42.4	32.3	47.7	60.0	29.5	46.2	25.5	16.7	11.3	11.3	1.6	5.6	12	60.0	4.0	281.0
1980 - 1981	74.7	51.5	32.7	63.7	57.3	46.5	48.6	33.6	0.0	0.0	55.0	16.1	12	74.7	1.0	4.3
1981 - 1982	41.7	61.1	114.6	59.6	57.7	77.1	39.8	7.7	1.6	13.1	4.6	25.4	12	114.6	3.0	1431.6
1982 - 1983	33.2	118.2	30.3	14.4	44.0	78.0	18.1	1.3	0.0	15.7	12.5	36.2	12	118.2	2.0	1717.0
1983 - 1984	35.4	34.6	22.8	39.3	46.7	46.0	48.3	16.2	5.5	11.5	1.6	1.5	12	48.3	7.0	810.2
1984 - 1985	66.0	28.2	88.5	58.2	46.3	26.4	30.0	11.5	0.0	0.0	0.0	11.5	12	88.5	3.0	137.7
1985 - 1986	30.0	54.7	15.0	68.4	45.2	72.8	41.5	4.8	0.6	0.0	4.6	1.5	12	72.8	6.0	15.7
1986 - 1987	48.2	46.0	29.3	48.4	40.5	75.7	20.2	8.0	0.1	0.0	21.9	43.1	12	75.7	6.0	1.1
1987 - 1988	22.9	84.6	73.4	52.0	50.2	28.0	15.7	4.2	7.4	0.0	0.0	5.2	12	84.6	2.0	61.4
1988 - 1989	67.3	89.5	38.6	102.6	43.3	52.0	20.4	5.8	0.4	0.3	5.8	3.0	12	102.6	4.0	667.5
1989 - 1990	47.3	88.3	51.3	52.3	49.9	61.2	41.7	26.3	11.0	0.2	6.3	8.7	12	88.3	2.0	133.1
1990 - 1991	32.0	24.8	42.6	58.0	47.8	53.1	25.0	50.5	0.0	1.4	9.5	6.5	12	58.0	4.0	352.1
1991 - 1992	55.4	38.4	10.8	64.2	43.8	74.2	28.8	5.9	0.0	20.1	0.0	34.8	12	74.2	6.0	6.6
1992 - 1993	39.1	52.8	27.8	36.6	41.9	88.2	19.1	15.4	12.3	0.5	35.9	9.8	12	88.2	6.0	130.8
1993 - 1994	43.9	64.6	58.5	55.2	50.6	29.8	27.7	50.6	3.1	1.5	4.3	65.1	12	65.1	12.0	136.0
1994 - 1995	42.1	33.9	15.2	35.0	41.3	46.8	90.8	12.6	0.0	0.0	18.6	33.9	12	90.8	7.0	197.0
1995 - 1996	42.1	53.8	82.1	63.1	38.2	65.9	11.1	4.6	-	-	-	-	8	82.1	3.0	28.5
AÑOS REGISTRADOS (N) =			**47**										**TOTAL =**	**3607.9**		**13862.6**

MEDIA $(\bar{X})$ = 3607.9/47

MEDIA $(\bar{X})$ = 76.8

DESVIACION TIPICA = [13862.6/(47-1)]^0.5

DESVIACION TIPICA = 17.4

ESTACION: RANCHO REDONDO

LONGITUD: 83^57' **LATITUD: 9^57'** **ALTITUD: 1780 m**

AÑO	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)												MESES CON DATOS	MAXIMO ANNUAL (X) (mm)	MES MAXIMO ANNUAL	$(X-\bar{X})^2$
	MESES															
	1 MAY.	2 JUN.	3 JUL.	4 AGO.	5 SEP.	6 OCT.	7 NOV.	8 DIC.	9 ENE.	10 FEB.	11 MAR.	12 ABR.				
1950 - 1951	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.9	1	27.9	12.0	5096.8
1951 - 1952	76.2	101.6	85.1	30.5	55.9	101.6	50.8	19.0	2.5	22.9	25.4	3.8	12	101.6	6.0	5.3
1952 - 1953	55.9	44.4	50.8	25.4	43.2	114.3	43.2	16.5	36.8	0.0	0.0	7.6	12	114.3	6.0	225.2
1953 - 1954	58.4	93.9	55.9	15.2	106.2	35.6	25.4	30.5	2.5	3.8	7.6	16.5	12	106.2	5.0	47.7
1954 - 1955	49.5	67.3	62.2	71.1	90.2	72.4	73.5	38.1	16.5	0.0	8.9	5.1	12	90.2	5.0	82.7
1955 - 1956	71.1	88.9	65.3	59.7	76.2	76.2	22.9	30.5	20.3	7.6	0.0	7.6	12	88.9	2.0	108.0
1956 - 1957	91.4	53.3	53.3	38.1	38.1	58.4	40.6	22.9	0.0	0.0	60.9	8.9	12	91.4	1.0	62.3
1957 - 1958	99.1	60.9	127.0	50.8	93.9	121.9	73.7	45.5	40.6	12.7	40.6	15.2	12	127.0	3.0	767.7
1958 - 1959	91.4	76.2	43.2	22.9	86.4	40.6	50.8	35.6	0.0	0.0	0.0	72.4	12	91.4	1.0	62.3
1959 - 1960	58.4	81.2	22.8	96.5	92.7	57.2	50.8	53.3	10.2	7.6	38.1	10.2	12	96.5	4.0	7.8
1960 - 1961	76.2	55.0	92.0	59.0	52.0	65.0	37.0	24.0	0.0	0.0	26.5	25.0	12	92.0	3.0	53.2
1961 - 1962	50.0	89.0	70.0	40.0	83.0	30.0	44.0	54.0	20.0	1.0	0.0	46.0	12	89.0	2.0	105.9
1962 - 1963	74.0	55.0	90.0	34.0	60.0	70.0	-	176.5	5.0	10.0	7.0	23.5	11	176.5	8.0	5961.1
1963 - 1964	-	40.3	30.7	31.2	60.5	56.2	25.2	44.5	17.4	0.0	-	30.1	10	60.5	5.0	1504.8
1964 - 1965	37.0	85.0	68.0	50.2	53.0	45.0	17.0	18.3	9.2	3.2	0.0	0.0	12	85.0	2.0	204.3
1965 - 1966	40.9	58.2	30.4	75.5	62.4	124.5	130.0	15.0	47.5	27.2	1.2	7.2	12	130.0	7.0	943.0
1966 - 1967	55.3	50.7	72.3	59.2	56.2	96.3	36.0	58.5	0.0	0.0	0.0	59.0	12	96.3	6.0	9.0
1967 - 1968	28.3	70.5	-	-	68.3	89.5	65.3	-	-	-	-	-	5	89.5	6.0	95.9
1968 - 1969	-	-	-	67.1	80.1	58.1	78.6	27.3	16.4	0.0	4.2	18.8	9	80.1	5.0	368.3
1969 - 1970	37.2	57.6	41.5	57.8	66.3	57.3	194.5	95.8	51.5	17.9	68.6	157.0	12	194.5	7.0	9064.6
1970 - 1971	81.0	35.5	37.0	75.0	75.4	64.9	159.9	127.6	56.0	6.9	2.6	43.6	12	159.9	7.0	3673.3
1971 - 1972	46.5	60.3	66.3	69.0	75.0	53.0	34.8	4.0	47.8	5.0	2.4	8.3	12	75.0	5.0	590.1
1972 - 1973	79.6	43.5	46.1	77.8	50.0	67.0	57.6	29.2	8.4	1.4	0.0	18.5	12	79.6	1.0	387.8
1973 - 1974	56.6	66.5	43.4	59.4	65.4	56.4	33.4	65.9	0.0	6.8	0.0	37.4	12	66.5	2.0	1075.3
1974 - 1975	44.4	66.0	59.8	45.1	60.2	45.3	32.4	138.3	1.9	0.0	0.0	0.0	12	138.3	8.0	1521.6
1975 - 1976	44.6	70.0	52.3	66.7	51.3	79.8	42.4	49.1	21.1	2.3	0.0	25.1	12	79.8	6.0	379.9
1976 - 1977	66.4	66.5	52.5	61.2	66.5	66.5	66.5	5.2	2.8	0.0	14.0	1.5	12	66.5	7.0	1075.3
1977 - 1978	29.2	47.3	11.0	91.1	43.5	37.5	73.6	5.4	4.3	34.0	10.0	2.3	12	91.1	4.0	67.1
1978 - 1979	75.2	58.9	42.8	40.0	79.2	55.8	46.6	18.4	0.0	3.6	0.0	60.0	12	79.2	5.0	403.7
1979 - 1980	61.3	45.5	79.2	109.1	54.0	83.0	33.2	27.3	9.9	21.0	0.0	3.1	12	109.1	4.0	96.2
1980 - 1981	88.5	63.2	43.2	42.7	77.4	48.2	59.9	81.7	8.4	4.6	25.2	33.0	12	88.5	1.0	116.5
1981 - 1982	67.2	49.6	33.3	59.5	40.0	104.6	70.4	12.4	4.2	0.0	1.4	7.9	12	104.6	6.0	28.2
1982 - 1983	66.0	63.4	39.0	19.7	96.6	80.8	15.6	0.0	2.0	13.3	12.4	12.6	12	96.6	5.0	7.2
1983 - 1984	38.4	37.2	49.1	39.7	89.0	86.7	75.4	21.4	39.1	34.4	11.8	0.0	12	89.0	5.0	105.9
1984 - 1985	49.8	39.4	57.4	77.4	82.6	45.3	18.2	12.3	4.5	3.4	0.0	3.1	12	82.6	5.0	278.6
1985 - 1986	30.3	35.0	60.2	44.2	37.4	60.2	47.8	6.8	15.6	0.0	39.0	8.2	12	60.2	3.0	1528.2
1986 - 1987	90.0	59.0	31.4	51.4	58.4	35.7	24.0	12.7	12.5	3.1	2.8	40.0	12	90.0	1.0	86.3
1987 - 1988	24.2	41.3	33.0	60.6	35.4	44.5	24.0	17.4	62.3	0.0	3.3	7.1	12	62.3	9.0	1368.4
1988 - 1989	81.1	55.8	64.2	67.9	96.9	87.0	20.0	36.7	1.4	15.2	1.3	3.5	12	96.9	5.0	5.7
1989 - 1990	28.5	31.7	51.2	85.2	135.2	48.6	34.3	25.6	1.8	1.3	6.8	9.1	12	135.2	5.0	1289.4
1990 - 1991	25.0	86.0	58.9	46.2	56.3	96.5	48.7	31.5	3.8	1.5	4.5	12.0	12	96.5	6.0	7.8
1991 - 1992	47.4	43.4	17.3	55.0	37.0	84.7	31.8	36.8	0.0	22.2	-	16.4	11	84.7	6.0	212.9
1992 - 1993	51.6	55.4	48.0	59.8	66.0	34.0	34.5	5.7	30.6	3.3	17.2	4.5	12	66.0	5.0	1108.4
1993 - 1994	53.4	49.0	99.7	40.0	80.0	42.2	12.0	92.3	24.5	0.0	4.1	36.2	12	99.7	3.0	0.2
1994 - 1995	72.7	105.8	52.7	40.0	43.5	77.8	70.5	15.0	3.7	14.8	18.0	29.7	12	105.8	2.0	42.4
1995 - 1996	56.0	112.2	80.6	84.0	181.2	86.2	29.3	5.7	34.0	114.0	15.3	25.0	12	181.2	5.0	6708.9
1996 - 1997	70.0	68.3	120.5	86.2	65.0	58.7	54.8	12.0	19.0	5.5	15.0	159.4	12	159.4	12.0	3613.0
1997 - 1998	68.5	85.0	9.1	31.4	79.2	47.6	75.2	-	0.0	2.1	14.0	0.0	11	85.0	2.0	204.3
1998 - 1999	39.2	80.0	64.8	59.0	66.0	116.6	80.0	81.0	5.9	10.8	16.1	87.2	12	116.6	6.0	299.6
1999 - 2000	0.0	57.2	46.2	69.4	52.8	90.0	52.0	29.2	-	-	-	-	8	90.0	6.0	86.3
AÑOS REGISTRADOS (N) =	**50**												**TOTAL =**	**4964.6**		**51144.4**
													MEDIA ($\bar{X}$) =	**4964.6/50**		
													MEDIA ($\bar{X}$) =	**99.3**		
													DESVIACION TIPICA =	**[51144.4/(50-1)]^0.5**		
													DESVIACION TIPICA =	**32.3**		

ESTACION: LA CANGREJA

LONGITUD: 83^58' **LATITUD: 9^48'** **ALTITUD: 1830 m**

AÑO	PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm) MESES												MESES CON DATOS	MAXIMO ANNUAL (X) (mm)	MES MAXIMO ANNUAL	$(X-\bar{X})^2$
	1 MAY.	2 JUN.	3 JUL.	4 AGO.	5 SEP.	6 OCT.	7 NOV.	8 DIC.	9 ENE.	10 FEB.	11 MAR.	12 ABR.				
1962 - 1963	-	-	-	26.9	53.9	44.2	55.3	17.4	26.4	8.1	30.6	73.6	9	73.6	12.0	14.6
1963 - 1964	42.6	36.8	26.0	22.3	53.1	50.2	23.9	22.6	4.4	2.2	4.3	58.8	12	58.8	12.0	120.4
1964 - 1965	38.1	48.2	56.3	55.4	61.3	39.1	14.3	23.6	13.8	10.1	4.9	3.2	12	61.3	5.0	71.8
1965 - 1966	76.7	27.9	18.8	63.6	66.9	35.1	54.6	35.4	27.3	23.6	8.5	17.6	12	76.7	1.0	48.0
1966 - 1967	11.3	26.7	47.2	56.0	45.7	52.4	15.2	10.9	14.2	19.5	26.0	34.1	12	56.0	4.0	189.7
1967 - 1968	8.7	37.4	29.1	59.5	36.0	28.7	15.2	13.2	18.8	16.2	5.8	4.9	12	59.5	4.0	105.5
1968 - 1969	29.8	32.4	22.4	32.4	48.0	47.0	37.6	16.6	4.0	3.5	5.8	28.9	12	48.0	5.0	474.1
1969 - 1970	20.6	37.7	13.3	51.6	34.5	25.8	44.0	10.0	17.3	11.2	5.0	-	11	51.6	4.0	330.3
1970 - 1971	41.9	57.9	25.0	29.1	67.3	39.1	73.2	124.5	28.0	19.2	14.9	53.7	12	124.5	8.0	2995.0
1971 - 1972	66.9	32.5	37.1	27.1	33.1	50.3	34.2	20.5	13.6	18.8	5.8	9.2	12	66.9	1.0	8.3
1972 - 1973	45.8	31.7	44.7	22.3	22.5	29.2	13.0	35.1	19.4	6.6	1.0	42.7	12	45.8	1.0	574.7
1973 - 1974	37.4	59.6	34.1	35.9	33.3	37.8	23.6	34.0	20.2	13.8	5.2	32.6	12	59.6	2.0	103.5
1974 - 1975	43.7	34.4	21.2	38.0	17.7	66.1	9.8	28.6	19.8	5.8	5.4	14.3	12	66.1	6.0	13.5
1975 - 1976	36.7	54.6	39.4	29.8	42.0	20.3	64.3	40.6	10.5	13.3	9.9	9.6	12	64.3	7.0	30.0
1976 - 1977	50.4	59.5	32.4	24.1	43.9	33.9	17.8	18.3	19.6	8.4	14.0	4.2	12	59.5	2.0	105.5
1977 - 1978	45.9	44.6	20.0	43.4	80.5	55.4	27.5	3.3	18.3	26.1	22.3	5.3	12	80.5	5.0	115.1
1978 - 1979	42.4	26.0	22.9	24.3	40.6	49.6	29.9	38.6	31.9	9.3	6.5	35.8	12	49.6	6.0	407.0
1979 - 1980	31.2	71.7	24.1	79.7	62.5	49.8	13.1	36.3	9.6	9.6	9.4	6.3	12	79.7	4.0	98.5
1980 - 1981	38.7	56.5	35.7	28.7	33.8	21.6	48.8	38.2	36.3	53.2	10.6	27.7	12	56.5	2.0	176.2
1981 - 1982	66.3	43.8	41.4	88.8	82.1	61.0	33.1	10.8	14.1	10.0	10.8	27.9	12	88.8	4.0	362.0
1982 - 1983	34.6	27.3	27.8	14.1	47.0	62.5	43.2	13.5	28.1	13.9	24.6	16.2	12	62.5	6.0	52.9
1983 - 1984	20.4	34.1	49.2	65.7	40.5	30.0	34.1	13.2	10.9	7.0	3.3	7.7	12	65.7	4.0	16.6
1984 - 1985	47.7	52.0	51.1	71.8	44.1	42.2	24.7	85.1	6.2	13.6	5.8	18.4	12	85.1	8.0	234.9
1985 - 1986	36.9	30.3	49.8	20.9	40.2	47.5	23.1	18.3	27.2	5.1	9.8	7.1	12	49.8	3.0	398.9
1986 - 1987	17.1	66.6	19.7	29.3	23.5	79.7	11.3	28.1	30.5	19.7	2.0	28.5	12	79.7	6.0	98.5
1987 - 1988	69.6	55.2	43.2	53.8	34.3	84.5	7.5	44.1	19.4	9.1	22.0	9.7	12	84.5	6.0	216.9
1988 - 1989	72.3	40.3	35.8	55.3	47.7	64.1	12.4	16.5	4.8	14.8	10.5	13.9	12	72.3	1.0	6.4
1989 - 1990	28.6	57.1	65.2	37.9	63.6	28.0	20.5	46.4	33.1	8.2	23.7	29.8	12	65.2	3.0	20.9
1990 - 1991	51.1	30.8	33.6	37.7	45.5	90.5	22.5	37.9	3.7	19.7	5.6	14.4	12	90.5	6.0	429.6
1991 - 1992	52.7	37.7	33.7	40.3	25.3	49.1	21.2	13.5	8.0	32.1	35.6	12.6	12	52.7	1.0	291.5
1992 - 1993	52.1	42.1	58.2	30.0	61.5	35.3	19.2	33.9	13.1	20.7	8.4	49.7	12	61.5	5.0	68.5
1993 - 1994	48.1	46.3	39.0	35.6	89.9	25.7	30.9	60.6	5.2	20.7	12.4	58.3	12	89.9	5.0	405.1
1994 - 1995	34.9	80.3	14.2	37.1	26.4	40.3	68.8	28.0	22.0	20.6	12.8	56.8	12	80.3	2.0	110.8
1995 - 1996	53.6	73.5	36.0	50.3	56.9	46.8	16.7	7.1	7.5	37.6	14.4	3.7	12	73.5	2.0	13.9
1996 - 1997	74.5	27.9	117.6	44.8	47.4	60.6	41.4	29.8	18.0	20.3	17.0	66.8	12	117.6	3.0	2287.4
1997 - 1998	40.1	48.0	10.0	41.8	28.0	54.7	31.9	24.3	6.7	9.6	13.5	5.2	12	54.7	6.0	227.2
1998 - 1999	61.4	55.6	72.4	62.9	39.6	53.8	53.2	32.7	5.3	23.5	10.2	28.6	12	72.4	3.0	6.9
1999 - 2000	47.5	26.5	62.1	66.2	23.5	32.8	44.0	32.9	-	-	-	-	8	66.2	4.0	12.8

AÑOS REGISTRADOS (N) = 38

TOTAL = 2651.4 11243.3

MEDIA $(\bar{X})$ = 2651.4/38

MEDIA $(\bar{X})$ = 69.8

DESVIACION TIPICA = [11243.3/(38-1)]^0.5

DESVIACION TIPICA = 17.4

PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS (mm)
USANDO LA DISTRIBUCION DE "GUMBEL"

ESTACION	MEDIA ($\overline{X}$)	DESVIACION TIPICA	PERIODO DE RETORNO							
			2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	25 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS	200 AÑOS	500 AÑOS
SAN JOSE	76.8	17.4	73.9	89.3	99.4	112.2	121.8	131.2	140.6	153.1
RANCHO REDONDO	99.3	32.3	94.0	122.5	141.4	165.3	183.0	200.6	218.2	241.3
LA CANGREJA	69.8	17.4	66.9	82.3	92.5	105.4	115.0	124.5	133.9	146.4

EJEMPLO:

ESTACION = SAN JOSE

PERIODO DE RETORNO = 25 AÑOS

PRECIPITACION MAXIMA = $\ln[-\ln(1-1/tp)](-0.7797)(\text{DESVIACION TIPICA})-0.45(\text{DESVIACION TIPICA})+\overline{X}$

tp = PERIODO DE RETORNO (AÑOS)
= 25

DESVIACION TIPICA = 17.4

MEDIA ($\overline{X}$) = 76.8

PRECIPITACION MAXIMA = $\ln[-\ln(1-1/25)](-0.7797)(17.4)-0.45(17.4)+76.8$

PRECIPITACION MAXIMA = 112.2 mm

VALORES DE INTENSIDAD (mm/h)

ESTACION DE SAN JOSE

TIEMPO (MINUTOS)	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	15	20	25	50	100
5	123.0	144.5	163.2	175.2	184.3	191.7	216.5	244.5
10	103.6	121.7	137.4	147.5	155.2	161.4	182.3	205.9
15	90.8	106.7	120.5	129.4	136.1	141.6	159.9	180.6
20	81.7	96.0	108.4	116.4	122.4	127.3	143.8	162.4
25	74.8	87.8	99.2	106.5	112.0	116.5	131.6	148.6
30	69.2	81.3	91.9	98.6	103.8	107.9	121.9	137.6
60	50.4	59.2	66.8	71.8	75.5	78.5	88.7	100.1
120	33.4	40.3	46.5	50.5	53.6	56.1	64.6	74.5
360	13.5	16.3	18.8	20.4	21.6	22.7	26.1	30.1
720	7.6	9.2	10.6	11.5	12.2	12.8	14.7	17.0
1440	4.3	5.2	6.0	6.5	6.9	7.2	8.3	9.6

Diseño del alcantarillado pluvial

Al analizar el diseño del alcantarillado pluvial, existen dos condiciones que se deben de tomar en consideración. Cuando la rasante ó gradiente hidráulico está por debajo de la corona de la tubería, existen características de flujo de canal abierto. Cuando la rasante ó gradiente hidráulico está por encima de la corona de la tubería, existen características de flujo a presión.

Sin tomar en consideración las condiciones de flujo existentes, las características mínimas de la inclinación de la tubería debe ser tal que produzca una velocidad de flujo mínima de 0.76 metros/segundo. El objetivo de esta inclinación mínima es prevenir la acumulación de arenillas y desechos que degraden ó reduzcan la capacidad de flujo del alcantarillado pluvial.

Open Chanel Flow (Flujo de canal abierto):

Manning's equation → $$Q = \frac{1.0}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

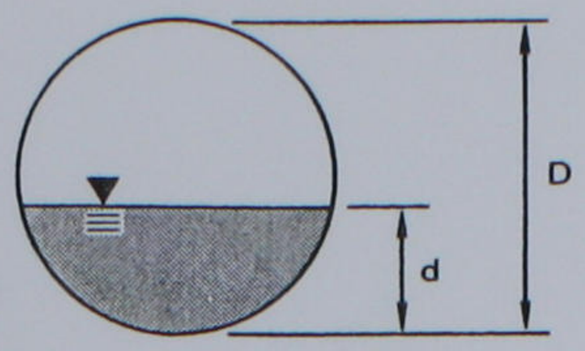
Q = contributing flow (m^3/s)
n = manning's n
A = flow area (m^2)
R = hydraulic radius (m)
S = physical pipe slope (m/m)

Also,

$$R = \frac{A}{P}$$

R = hydaulic radius (m)
A = flow area (m^2)
P = meted perimeter (m)

Appendix E: Area, Wetted Perimeter and Hydraulic Radius of Partially Filled Circular Pipes



$\frac{d}{D}$	$\frac{area}{D^2}$	$\frac{wet.\ per.}{D}$	$\frac{hyd.\ rad.}{D}$	$\frac{d}{D}$	$\frac{area}{D^2}$	$\frac{wet.\ per.}{D}$	$\frac{hyd.\ rad.}{D}$
0.01	0.0013	0.2003	0.0066	0.51	0.4027	1.5908	0.2531
0.02	0.0037	0.2838	0.0132	0.52	0.4127	1.6108	0.2561
0.03	0.0069	0.3482	0.0197	0.53	0.4227	1.6308	0.2591
0.04	0.0105	0.4027	0.0262	0.54	0.4327	1.6509	0.2620
0.05	0.0147	0.4510	0.0326	0.55	0.4426	1.6710	0.2649
0.06	0.0192	0.4949	0.0389	0.56	0.4526	1.6911	0.2676
0.07	0.0242	0.5355	0.0451	0.57	0.4625	1.7113	0.2703
0.08	0.0294	0.5735	0.0513	0.58	0.4723	1.7315	0.2728
0.09	0.0350	0.6094	0.0574	0.59	0.4822	1.7518	0.2753
0.10	0.0409	0.6435	0.0635	0.60	0.4920	1.7722	0.2776
0.11	0.0470	0.6761	0.0695	0.61	0.5018	1.7926	0.2797
0.12	0.0534	0.7075	0.0754	0.62	0.5115	1.8132	0.2818
0.13	0.0600	0.7377	0.0813	0.63	0.5212	1.8338	0.2839
0.14	0.0688	0.7670	0.0871	0.64	0.5308	1.8546	0.2860
0.15	0.0739	0.7954	0.0929	0.65	0.5404	1.8755	0.2881
0.16	0.0811	0.8230	0.0986	0.66	0.5499	1.8965	0.2899
0.17	0.0885	0.8500	0.1042	0.67	0.5594	1.9177	0.2917
0.18	0.0961	0.8763	0.1097	0.68	0.5687	1.9391	0.2935
0.19	0.1039	0.9020	0.1152	0.69	0.5780	1.9606	0.2950
0.20	0.1118	0.9273	0.1206	0.70	0.5872	1.9823	0.2962
0.21	0.1199	0.9521	0.1259	0.71	0.5964	2.0042	0.2973
0.22	0.1281	0.9764	0.1312	0.72	0.6054	2.0264	0.2984
0.23	0.1365	1.0003	0.1364	0.73	0.6143	2.0488	0.2995
0.24	0.1449	1.0239	0.1416	0.74	0.6231	2.0714	0.3006
0.25	0.1535	1.0472	0.1466	0.75	0.6318	2.0944	0.3017
0.26	0.1623	1.0701	0.1516	0.76	0.6404	2.1176	0.3025
0.27	0.1711	1.0928	0.1566	0.77	0.6489	2.1412	0.3032
0.28	0.1800	1.1152	0.1614	0.78	0.6573	2.1652	0.3037
0.29	0.1890	1.1373	0.1662	0.79	0.6655	2.1895	0.3040
0.30	0.1982	1.1593	0.1709	0.80	0.6736	2.2143	0.3042
0.31	0.2074	1.1810	0.1755	0.81	0.6815	2.2395	0.3044
0.32	0.2167	1.2025	0.1801	0.82	0.6893	2.2653	0.3043
0.33	0.2260	1.2239	0.1848	0.83	0.6969	2.2916	0.3041
0.34	0.2355	1.2451	0.1891	0.84	0.7043	2.3186	0.3038
0.35	0.2450	1.2661	0.1935	0.85	0.7115	2.3462	0.3033
0.36	0.2546	1.2870	0.1978	0.86	0.7186	2.3746	0.3026
0.37	0.2642	1.3078	0.2020	0.87	0.7254	2.4038	0.3017
0.38	0.2739	1.3284	0.2061	0.88	0.7320	2.4341	0.3008
0.39	0.2836	1.3490	0.2102	0.89	0.7384	2.4655	0.2996
0.40	0.2934	1.3694	0.2142	0.90	0.7445	2.4981	0.2980
0.41	0.3032	1.3898	0.2181	0.91	0.7504	2.5322	0.2963
0.42	0.3130	1.4101	0.2220	0.92	0.7560	2.5681	0.2944
0.43	0.3229	1.4303	0.2257	0.93	0.7612	2.6061	0.2922
0.44	0.3328	1.4505	0.2294	0.94	0.7662	2.6467	0.2896
0.45	0.3428	1.4706	0.2331	0.95	0.7707	2.6906	0.2864
0.46	0.3527	1.4907	0.2366	0.96	0.7749	2.7389	0.2830
0.47	0.3627	1.5108	0.2400	0.97	0.7785	2.7934	0.2787
0.48	0.3727	1.5308	0.2434	0.98	0.7816	2.8578	0.2735
0.49	0.3827	1.5508	0.2467	0.99	0.7841	2.9412	0.2665
0.50	0.3927	1.5708	0.2500	1.00	0.7854	3.1416	0.2500

Also,

$$Q = \frac{CIAK}{360}$$

Q = contributing flow (m^3/s)
C = runoff coefficient
I = rainfall intensity (mm/hr)
A = drainage area (hectares)
K = design storm frequency factor
= 1.1 for a 25-year storm

Pressure flow:

$$H = H_V + H_L + H_F$$

H = head, determined as the difference between the hydaulic grade line at the Downstream pipe and the energy grade line at the upstream pipe (m)
H_V = velocity head (m)
H_L = head loss due to pipe form conditions (m)
H_F = head loss due to friction (m)

But,

$$H_V = \frac{V^2}{2g}$$

H_V = velocity head (m)
V = average velocity of flow (m/s)
g = acceleration due to gravity (m/s^2)
= 9.81 m/s2

And,

$$H_V = K_L \frac{V^2}{2g}$$

H_L = head low due to pipe form conditions (m)
K_L = low coefficient for pipe form losses
V = average velocity of flow (m/s)
g = acceleration due to gravity (m/s^2)
= 9.81 m/s^2

And,

$$H_F = \left(\frac{19.6 n^2 L}{R^{1.33}} \right) \frac{V^2}{2g}$$

H_F = head los due to friction (m)
n = manning's n
L = length of pipe (m)
R = hydaulic radius (m)
V = average velocity of flow (m/s)
g = acceleration due to gravity (m/s^2)
= 9.81 m/s^2

And,

$$R = \frac{A}{P}$$

R = hydaulic radius (m)
A = flow area (m^2)
P = wetted perimeter (m)

And,

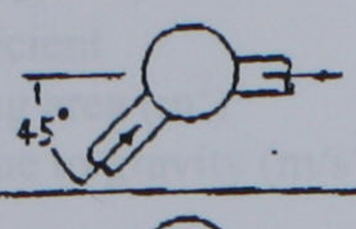
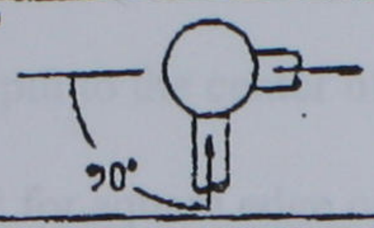
$$Q = VA$$

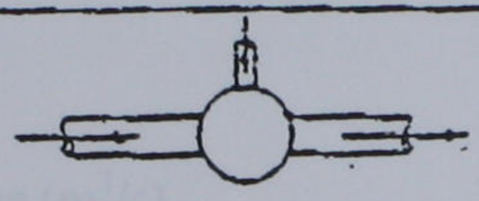
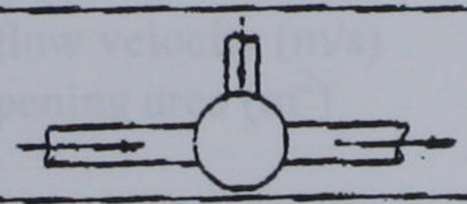
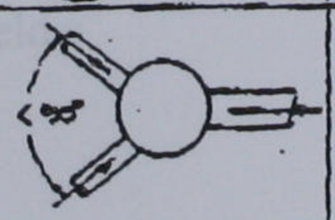
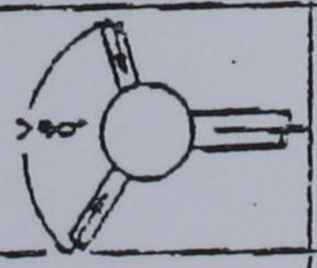
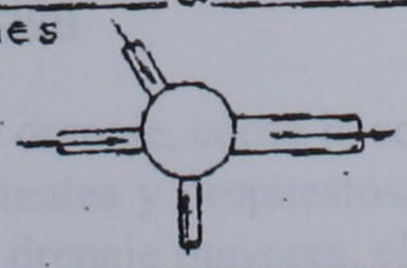
Q = contributing flow (m3/s)
V = average velocity of flaw (m/s)
A = flow area (m2)

Combining the above equation yields the following:

$$Q = A\sqrt{2gH \Big/ \left(1 + K_L + \frac{19.6 n^2 L}{R^{1.33}} \right)}$$

ACCEPTABLE HEAD LOSS COEFFICIENTS FOR ESTIMATING ENERGY LOSSES THROUGH MANHOLES/JUNCTIONS

SINGLE PIPE JUNCTIONS	
TYPE OF MANHOLE/JUNCTION	HEAD LOSS COEFFICIENT (K)
Trunkline only with no bend at junction 	0.5
Trunkline only with 45° bend at junction 	0.6
Trunkline only with 90° bend at junction 	0.8

MULTIPLE PIPE JUNCTIONS	
TYPE OF MANHOLE/JUNCTION	HEAD LOSS COEFFICIENT (K)
Trunkline with one small lateral 	0.6
Trunkline with one large lateral 	0.7
2 Roughly equivalent entrance lines with angle of < 90° between lines 	0.8
2 Roughly equivalent entrance lines with angle of > 90° between lines 	0.9
3 or more entrance lines 	1.0

Tubería Transversal (cross drain)

El diseño propuesto para la tubería transversal debe de estar basado en el control de tragante. En el caso del control de tragante donde la profundidad de la carga hidráulica es al menos 1.2 veces el diámetro de la tubería, la alcantarilla funciona como un orificio. Como resultado, la equación de orificio se puede utilizar para determinar la pérdida hidráulica a la entrada de la alcantarilla.

$$Q = CdA\sqrt{2gh}$$

Q = discharge (m^3/s)
Cd = orifice coefficient
A = origice opening area (m^2)
g = acceleration due to gravity (m/s^2)
= 9.81 m/s^2
h = headwater depth to the center of the orifice (m)

Cd = 0.62 for square edge openings
Cd = 1.0 for rounded openings

And,

$$Q = VA$$

Q = discharge (m^3/s)
V = average flow velocity (m/s)
A = orifice opening area (m^2)

Rearranging the equation yields:

$$h = \frac{V^2}{(Cd^2)2g}$$

Tiempo de concentración

Para pequeñas áreas de drenaje, como lo son aquellas que contribuyen escorrentía hacia las rejillas de sumidero ó caños existentes y propuestos, el tiempo de concentración mínimo que se usa es de 10 minutos. Para áreas de drenaje mayores, el tiempo de concentración debe de ser determinado usando la equación de Kirpich.

Kirpich equation:

$$t_c = 0.0145\left(\frac{L^3}{h}\right)^{0.385}$$

t_c = time of concentration (minutes)
L = length of flow path (m)
h = difference in elevation between the extreme ends of the flow path (m)

Control de Erosión

Medidas para controlar la erosión deben ser implementadas durante la construcción con el objetivo prevenir la entrada de sedimentos y escombros al sistema de drenaje propuesto para el proyecto. Se recomienda el uso de barreras de contención de escombros en los sitios cercanos a los ríos para prevenir la contaminación de las aguas durante el período de construcción. También se debe de prevenir la entrada de sedimentos en las alcantarillas ya que pueden tupir las tuberías del sistema de drenaje, y asi reducir la capacidad de las mismas. Las medidas de control de erosion deben de ser inspeccionadas con regularidad y sus elementos remplazados en caso de ser necesario, especialmente luego de fuertes lluvias en las zonas bajo construcción.

MINIMUM PHYSICAL PIPE SLOPES
(ASSUMING FULL OPEN CHANNEL FLOW)

PIPE DIAMETER (mm)	PIPE MATERIAL	MANNING'S n	MINIMUM FLOW VELOCITY (m/s)	FLOW AREA (m^2)	WETTED PERIMETER (m)	MINIMUM PHYSICAL PIPE SLOPE (m/m)	MINIMUM PHYSICAL PIPE SLOPE (%)
375	CONCRETE	0.012	0.76	0.110	1.178	0.00195	0.195
375	ALUMINUM	0.022	0.76	0.110	1.178	0.00656	0.656
450	CONCRETE	0.012	0.76	0.159	1.414	0.00153	0.153
450	ALUMINUM	0.022	0.76	0.159	1.414	0.00515	0.515
600	CONCRETE	0.012	0.76	0.283	1.885	0.00104	0.104
600	ALUMINUM	0.022	0.76	0.283	1.885	0.00351	0.351
750	CONCRETE	0.012	0.76	0.442	2.356	0.00078	0.078
750	ALUMINUM	0.022	0.76	0.442	2.356	0.00260	0.260
900	CONCRETE	0.012	0.76	0.636	2.827	0.00061	0.061
900	ALUMINUM	0.022	0.76	0.636	2.827	0.00204	0.204
1050	CONCRETE	0.012	0.76	0.866	3.299	0.00049	0.049
1050	ALUMINUM	0.022	0.76	0.866	3.299	0.00166	0.166
1200	CONCRETE	0.012	0.76	1.131	3.770	0.00041	0.041
1200	ALUMINUM	0.022	0.76	1.131	3.770	0.00139	0.139
1350	CONCRETE	0.012	0.76	1.431	4.241	0.00035	0.035
1350	ALUMINUM	0.022	0.76	1.431	4.241	0.00119	0.119
1500	CONCRETE	0.012	0.76	1.767	4.712	0.00031	0.031
1500	ALUMINUM	0.022	0.76	1.767	4.712	0.00103	0.103
1650	CONCRETE	0.012	0.76	2.138	5.184	0.00027	0.027
1650	ALUMINUM	0.022	0.76	2.138	5.184	0.00091	0.091
1800	CONCRETE	0.012	0.76	2.545	5.655	0.00024	0.024
1800	ALUMINUM	0.022	0.76	2.545	5.655	0.00081	0.081
1950	CONCRETE	0.012	0.76	2.986	6.126	0.00022	0.022
1950	ALUMINUM	0.022	0.76	2.986	6.126	0.00073	0.073
2100	CONCRETE	0.012	0.76	3.464	6.597	0.00020	0.020
2100	ALUMINUM	0.022	0.76	3.464	6.597	0.00066	0.066

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE PRELIMINAR
ESTUDIO DE INGENIERIA

URS

SECCION 11

ESTUDIO ECONOMICO DE TERRENOS Y CONSTRUCCION

11.1 Análisis Documental

Como primera actividad se recopilaron planimetrías del diseño del MOPT, mapas catastrales, planos catastrados de propiedades afectadas, expedientes administrativos de propiedades adquiridas por el Estado, alineamientos otorgados en el sector. En esta gestión se ralizaron visitas al Catastro Nacional, Procuradería General de la República, Registro Público de Propiedades, Departamento de Terrenos y Planeamiento vial del MOPT.

11.2 Reconocimiento del corredor principal

Se realizó un flagueo de la línea de centro, determinando el trazado del corredor principal del derecho de vía aproximado que se requiere para este tramo del proyecto. Esta labor se concretó luego de visitas al campo, haciendo el recorrido total del posible corredor, midiendo a cinta los anchos para definir la densidad de propiedades afectadas.

11.3 Censo general de propiedades

Se analizaron puntualmente los diferentes escenarios que presenta el sector, censando una a una todas las propiedades que posiblemente resultarán afectadas. Resultando 222 propiedades afectadas de las cuales 17 son del Estado para un 7.65%, 29 lotes están sin construcción para un 13.06% y 176 lotes construcción para un 79%. Ana analizaron puntualmente los diferentes escenarios que presenta el sector, censando una a una todas las propiedades que posiblemente resultarán afectadas.

11.4 Definición del uso del suelo

Paralelamente a labor de censo mediante el recorrido pormenorizado de la zona, fueron ubicados los diferente inmebles, de acuerdo al carácter de su explotación, su topografía, calidad de desarrollos y todos aquellos factores valorizantes o desalorizantes que influyan en la designación del valor.

Siguiendo como guía la anterior ubicación, mediante una labor de oficina durante dos días se procedió a dividir los terrenos en dos grandes grupos: industrial y habitacional, correspondiendo este párrafo a aquellos terrenos que por su tipo de ocupación han sido destinados a la explotación industrial, tales como agencias fiscales, fábricas de pretensados de concreto, talleres, fabricación de estructuras metálicas, planteles de maquinaria, fabricación de textiles, aserradero, predios dedicados a la exhibición y venta de vehículos, maquinarias y otros.

Corresponde ahora referirse a la agrupación de terrenos en construcción, destinados a casas de habitación, notoriamente siendo la mayoría. En el campo se hizo un conteo de éstas, dividiéndose en tipos genéricos que las agrupan por características similares tales como acabados y áreas, clasificándolas para la estimación de los valores.

11.5 Clasificación de las construcciones

Para establecer la clasificación de las construcciones, el valor asignado estará entre los extremos de precios de cada grupo y dependiendo del área estimada en el lavantemiento visual, debido a las características del estudio; así como también de los acabados aparentes y la presencia o ausencia de factores en el construcción que ubiquen las viviendas en algún punto dentro del rango de valores aquí establecidos, con edades oscilantes entre los 0 y 20 años.

En la valoración de las naves industriales, se parte del área estimada para cada una y de la asignación de un valor metro cuadrado, que depende de los acabados aparentes de las mismas.

Construcción Tipo A: Casas de interés social y de nivel bajo, con áreas de 35 a 50 metros cuadrados, acabados muy básicos y ausencia de algunos cielos, losetas de pisos, divisiones internas, etc.	Con un valor asignado que oscila entre ¢1,750,00.00 y ¢2,500,000.00
Construcción Tipo B: Casas de nivel bajo con áreas de 50 a 70 metros cuadrados. Acabados básicos. En buen estado de conservación aparente.	Con un valor asignado que oscila entre ¢2,750,000.00 y ¢5,300,000.00
Construcción Tipo C: Vivienda de nivel medio bajo con áreas de 70 a 100 metros cuadrados. Acabados regulares, en buen estdo de conservación aparente.	Con un valor asignado que oscila entre ¢5,500,000.00 y ¢12,000,000.00
Construcción Tipo D: Residencias de nivel medio con áreas de 100 a 150 metros cuadrados. Acabados buenos tradicionales. En buen estado de conservación aparente.	Precio total estimado entre ¢8,000,000.00 y ¢12,000,000.00
Construcción Tipo E: Casa de nivel medio-alto con áreas de 150 y 250 metros cuadrados. Acabados buenos tradicionales. En buen estado de conservación aparente.	Precio total estimado entre ¢12,750,000.00 y ¢25,000,000.00
Construcción Tipo F: Casa de nivel alto-bajo con áreas de 250 a 350 metros cuadrados. Acabados buenos. En buen estado de conservación aparente.	Precio total estimado entre ¢25,000,000.00 y ¢35,000,000.00

Construcción Tipo G:
Casa de nivel alto-medio con áreas de 300 a 400 metros cuadrados. Acabados muy buenos. En buen estado de conservación aparente.

Precio total estimado entre ¢36,000,000.00 y ¢50,000,000.00

Construcción Tipo H:
Casa de nivel alto con áreas de 400 metros cuadrados en adelante. Acabados muy buenos y algunos muy exclusivos. En buen estado de conservación aparente.

Precio total estimado a partir de ¢60,000,000.00

Nota: Una vez se tenga el conteo y la agrupación de casas según tipo se procede a asignarles un valor de acuerdo al grupo y al uso de factores de depreciación que disminuyen el valor dependiendo del estado de la construcción o de su edad aparente.

11.6 Levantamiento visual de terrenos y construcciones

La presente etapa del análisis, nos permite resaltar otros aspectos, sobre todo aquellos que detectan alguna facilidad comercial o ubicación estratégica, servicios públicos con que cuenta o la posibilidad de tenerlos, haciendo posible su consideración en la asignación del valor.

11.6.1 Sectores

Para efectos del presente estudio el derecho de vía de la carretera fue dividido en cuatro grandes sectores, a saber:

1) Partiendo de la Rotonda de las Garantías Sociales, hasta la Ruta Nacional 204 (Zapote – San Francisco, lado derecho), con una longitud aproximada de 703.30 m y una superficie aproximada de 43.04 m^2.

2) De la Ruta Nacional 204 (Zapote – San Francisco, lado derecho), hasta el cruce con el Río María Aguilar, margen derecha, con una longitud aproximada de 372.30 m y superficie aproximada de 23,177.30 m^2.

3) Del cruce con el Río María Aquilar, margen izquierda, hasta la calle denominada Los Madrigales, lado derecho, con una longitud aproximada de 577.85 m y superficie aproximada de 32,023.97 m^2.

4) De la Calle denominada Los Madrigales, hasta el Dispensador Hacienda Vieja, lugar en donde termina la sección Carretera Zapote-Curridabat, con una longitud aproximada de 1,295.38 m y superficie aproximada de 66,705.19 m^2.

11.7 Investigación de valores de acuerdo con oferta y demanda actual

Se recopiló información sobre precios de terrenos en la zona, prevaleciendo ofertas en sectores aledaños y valoración contemporáneos y anteriores ejecutados para los mismo términos presentes, sujetos al procedimiento comparativo, de conformidad con la tasación ponderada acorde con la metodología descrita.

Esta etapa del estudio fue realizada mediante consultas telefónicas, visitas al Departamento de Avalúos especiales de la Tributación Directa, peritos de instituciones Bancarias, Empresas Urbanizadoras y fundamentalmente utilizando el método comparativo, correlacionando el estudio de valores considerando el motivo del presente estudio, el cálculo de variables de ofetas en sectores aledaños y valoraciones anteriores, sometidas al ámbito de la tasación de la tierra dentro del radio de acción del medio analizado.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE PRELIMINAR

ESTUDIO DE INGENIERIA

URS

SECCION 12

FACTIBILIDAD ECONOMICA Y FINANCIERA

Entre sus esfuerzos por estimular las inversiones del sector privado en la economía del país, el Gobierno de Costa Rica inició un programa de privatización de las carreteras de peaje que incluye la política de introducir concesiones a particulares para la construcción, mantenimiento y operación de las carreteras. Dentro de este programa, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) está estudiando el proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago como carretera de propiedad privada. La Figura 1.1, Sección 1 ilustra el proyecto.

La concesión incluye la actual carretera Estado de Israel; la nueva sección propuesta, de 2.9 kilómetros de longitud, conocida como la "Nueva Radial Zapote Curridabat;" y la actual "Autopista Florencio del Castillo", entre Curridabat y Cartago, con una longitud de 17.6 kilómetros.

Entre los principales elementos de este estudio está la determinación del potencial financiero del proyecto como concesión, incluido el gasto de inversión necesario.

El objetivo de este análisis de factibilidad económica y financiera del proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago es elaborar una recomendación que incluya estimaciones del tráfico anual que paga peajes y los ingresos netos que se derivarán del proyecto durante el plazo de 30 años de la concesión. No se deberá considerar que el producto de este estudio contiene suficientes detalles para usarlo en la financiación del proyecto.

Para lograrlo, se analizaron los datos económicos y sobre el tráfico pertinentes; se recabaron datos sobre el tráfico; se identificaron y se evaluaron las mejoras planeadas del sistema regional de carreteras; se examinó el diseño de ingeniería del proyecto; y se llevó a cabo una serie de otras investigaciones y análisis. Entre los elementos que se estudiaron están los siguientes:

- Se reunieron datos sobre el tráfico para el sistema de carreteras;
- Se llevó a cabo un examen de la red regional de carreteras;
- Se inspeccionaron las condiciones generales de la tierra y de las vías de acceso;
- Se inspeccionaron las condiciones generales de las vías alternativas y de acceso;
- Se llevaron a cabo encuestas de origen y destino (OD) y de preferencia declarada;
- Se reunieron y se estudiaron los parámetros económicos históricos y proyectados;
- Se desarrollaron proyecciones del tráfico que paga peaje para el proyecto de carretera de peaje de la Nueva Radial San José-Curridabat, la sección Estado de Israel del proyecto y la sección Curridabat-Tres Ríos-Cartago del proyecto; y
- Se desarrollarán proyecciones de las estimaciones de los ingresos netos anuales por peajes en una parte ulterior del estudio, considerando los ingresos brutos por peajes, los gastos estimados de construcción y los gastos de mantenimiento y operación

Este informe se dedica a producir estimaciones del tráfico y se complementará mediante proyecciones ulteriores de ingresos y los análisis financieros pertinentes para el proyecto.

Aquí se presentan todos los elementos que ambos tienen en común, las proyecciones de tráfico y el análisis de ingresos y financiero.

12.1 Tarifas de peaje

Actualmente, el Gobierno está cobrando peajes en el corredor del proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago, en un solo sentido, entre Lomas de Ayarco y Ochomogo. Esta caseta de peaje está situada al sur del pueblo de Tres Ríos y el peaje que paga un automóvil de pasajeros es de 60 colones ($0.19 de dólar) [1]. En el futuro, este peaje se cobrará en ambos sentidos y se agregarán dos casetas de peaje al proyecto de concesion. El Cuadro 12.1 muestra los peajes unidireccionales que se cobran actualmente entre Tres Ríos y Hacienda Vieja.

Cuadro 12.1
Tarifa de peajes existente entre Tres Ríos y Hacienda Vieja

Automóviles	60 Colones ($0.19)
Ómnibus	120 Colones ($0.38)
Vehículos de 2-3 ejes	120 Colones ($0.38)
Vehículos de 5+ ejes	200 Colones($0.63)

12.2 Descripción de la red de transportes

La zona del estudio abarca toda la zona metropolitana de San José, que incluye Heredia y Alajuela, y, por supuesto, el proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago. Además de la red general de carreteras de la zona, están las siguientes carreteras:

Proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago: el proyecto que se ha de conceder en concesión tiene una longitud aproximada de 23 kilómetros. La carretera atraviesa dos zonas urbanas, San José y Cartago, y atraviesa zonas suburbanas y rurales entre estas dos ciudades (ver la Figura 12.1, página 5 - Sus secciones son: (1) la Radial Zapote, (2) la Nueva Radial Zapote-Curridabat, y (3) la Autopista Florencio del Castillo.

Las carreteras alternativas del proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago son: (1) la *Antigua carrretera a Tres Ríos*, (2) *Cartago-San José, a través de Coris* (carretera situada al sur del proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago, (3) y *Cartago-San José, a través de Rancho Redondo* (carreteras al norte del proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago).

[1] El tipo de cambio al 12 de febrero del año 2001: 1 USD=320 colones. Fuente: <www.expmedia.com>

Los modos de transporte alternativos son únicamente el servicio de autobuses, que utiliza un segmento importante de la población que no se puede permitir el viajar por automóvil particular. Actualmente, no hay servicio de ferrocarril, ni planes para ofrecerlo. El transporte aéreo no es una opción probable, dado el tamaño geográfico de la zona de influencia del proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago.

12.3 Mejoras planeadas de las carreteras

Las mejoras planeadas de las carreteras de la zona del estudio incluyen la carretera de peaje y otros proyectos, que son los siguientes:

- *Radial Zapote (Autopista Estado de Israel):* rehabilitación;
- *Nueva Radial Zapote–Curridabat:* carretera a construirse; y
- *Florencio del Castillo:* rehabilitación

Entre las otras carreteras planeadas en la zona, que se consideran como hipótesis en este estudio, están las siguientes carreteras metropolitanas principales: (1) Anillo Periférico Norte, Este y Oeste; (2); Circunvalación Norte; Radial Desamparados; y (4) Radial Heredia.

La Figura 12.2, página 6, muestra la comparación de tiempos de viaje y distancias del corredor propuesto.

12.4 Volúmenes y composición del transito

Los volúmenes históricos del tráfico de la zona se han obtenido de diferentes fuentes, entre ellas conteos efectuados por el Gobierno, realizados por el MOPT para períodos de diferentes años. Catorce estaciones permanentes se seleccionaron para el análisis del crecimiento histórico del tráfico en la región.

Un examen del crecimiento histórico del tráfico en la zona muestra que en la mayoría de las estaciones ha habido un crecimiento anual de entre el 5 y el 10 por ciento. Las estaciones situadas en zonas urbanas presentan un crecimiento errático (si se les compara entre sí), en tanto que las que están situadas en zonas menos urbanizadas tienen un crecimiento fuerte. Las tendencias muestran que la economía se ha frenado durante los últimos años del decenio de 1990. Esta tendencia a disminuir de la economía y del tráfico se ha recuperado: el crecimiento reciente es fuerte en la mayoría de los lugares de encuesta por esta y otras fuentes.

Además de los datos históricos, se llevaron a cabo entrevistas de origen y destino (OD) en cinco lugares de la zona del estudio, durante la semana, en mayo y junio del año 2000. Se obtuvo iariamente sobre los extremos de los viajes, la clasificación por clase de vehículo, la frecuencia, el motivo y otras características de los viajes. Se llevaron a cabo conteos de veinticuatro horas y se calculó el TPDA para cada estación que formó parte de la encuesta. La información obtenida de la encuesta de OD se utilizó para calibrar un modelo de transporte y para describir las características de los viajes para la zona de influencia del proyecto. La información sobre autobuses se obtuvo por medios distintos de las entrevistas a la orilla de la carretera que se describen.

Las encuestas de OD revelaron que el 56.5 por ciento de los vehículos sólo transportan a un ocupante, en tanto que el 27.8 por ciento transporta a dos. Los viajes relacionados con el trabajo constituyen el 69.7 por ciento del tráfico total y las compras (o recados) el 15.9. Casi la mitad de los viajes se realiza diariamente, en tanto que un poco menos de la tercera parte (el 29.3 por ciento) son poco frecuentes. El resto (22.0 por ciento) se efectúa de una a tres veces por semana.

En resumen, si se comparan las tres características se ve que los vehículos con uno o dos ocupantes realizan con frecuencia viajes relacionados con el trabajo, en tanto que los vehículos con un mayor número de ocupantes (tres personas o más) efectúan viajes personales de una a tres veces por semana.

12.5 Estacionalidad

Los perfiles estacionales del tráfico en la zona muestran niveles más altos durante los meses de febrero y julio y son más bajos en abril y agosto. La variación es, a lo sumo, del 10 por ciento del tráfico promedio anual.

12.6 Tarifas de peajes propuestas

Se han propuesto tres casetas de peaje troncales para el proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago, como se ve en la Figura 12.2: (1) en el extremo este de la Nueva Radial Zapote (segmento: Hacienda Vieja-Rotonda de Zapote), (2) en el actual emplazamiento de la caseta de peaje al este de Lomas de Ayarco (segmento: Tres Ríos-Hacienda Vieja) y (3) cerca de Ochomogo (segmento: La Lima-Tres Ríos).

Se cobrarán peajes en ambos sentidos (de y a San José). En este estudio se incluyen diferentes hipótesis (que se identifican con las letras A a D) con tarifas que van de US$0.02 a US$0.08 por kilómetro, con incrementos de dos centavos.

El cuadro cuadro 12.2 muestra las hipótesis de peajes estudiadas para el proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago y otras infromaciones pertinentes sobre peajes.

Como se obsserva en el cuadro, los peajes para un viaje completo a lo largo del proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago oscilan entre 140 y 500 colones (US$ 0.44 a US $1.56), dependiendo del sistema de peajes. Actualmente, se cobra un peaje de 60 colones (US$ 0.19) cerca de Tres Ríos. El nuevo sistema de peajes es, por lo tanto, drásticamente diferente, pero se ajusta a otros peajes en concesiones privadas del país.

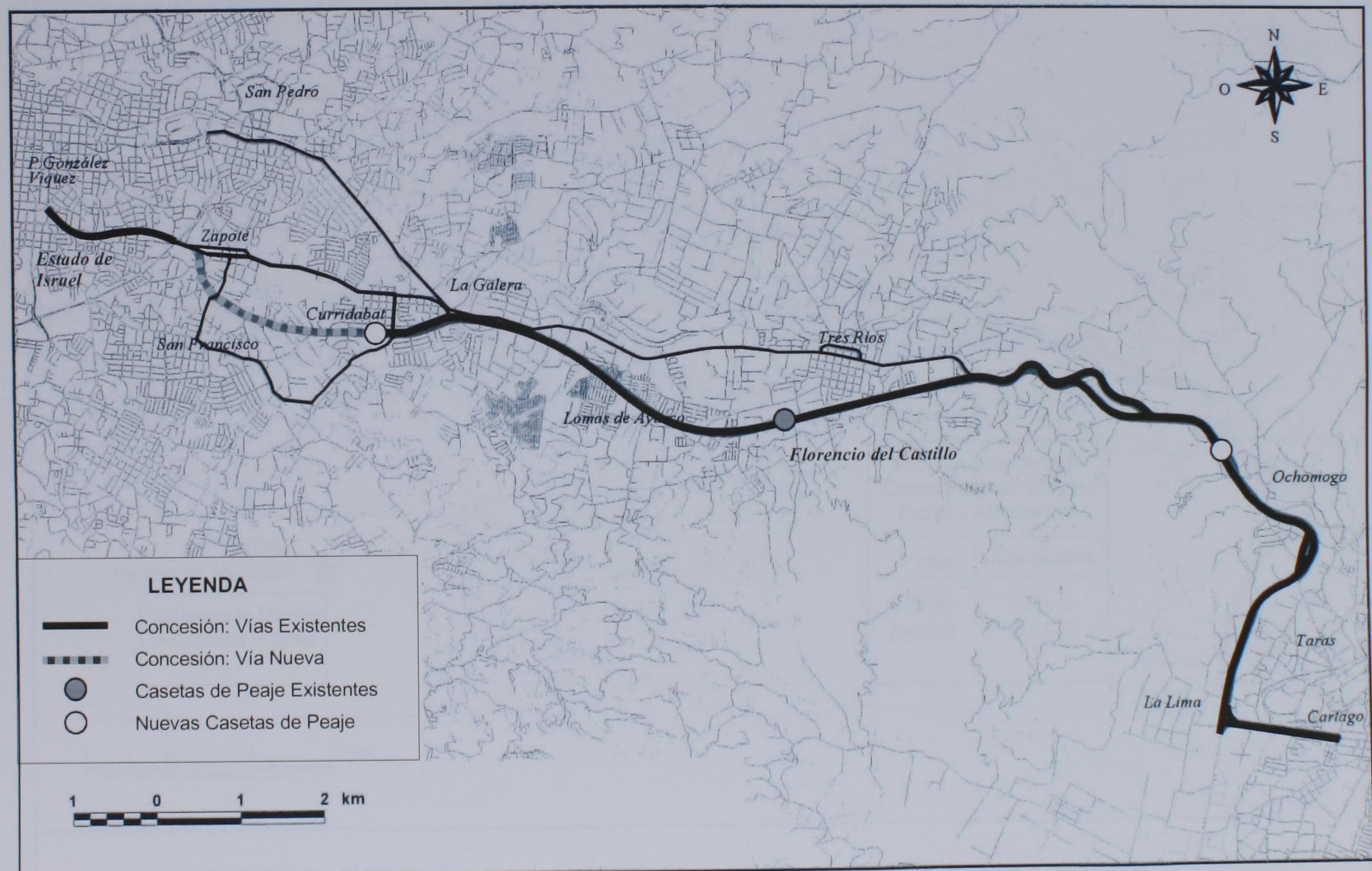


Figura 12.1 - Carretera de Peaje San José-Zapote-Cartago / Mapa del Corredor de la Vía

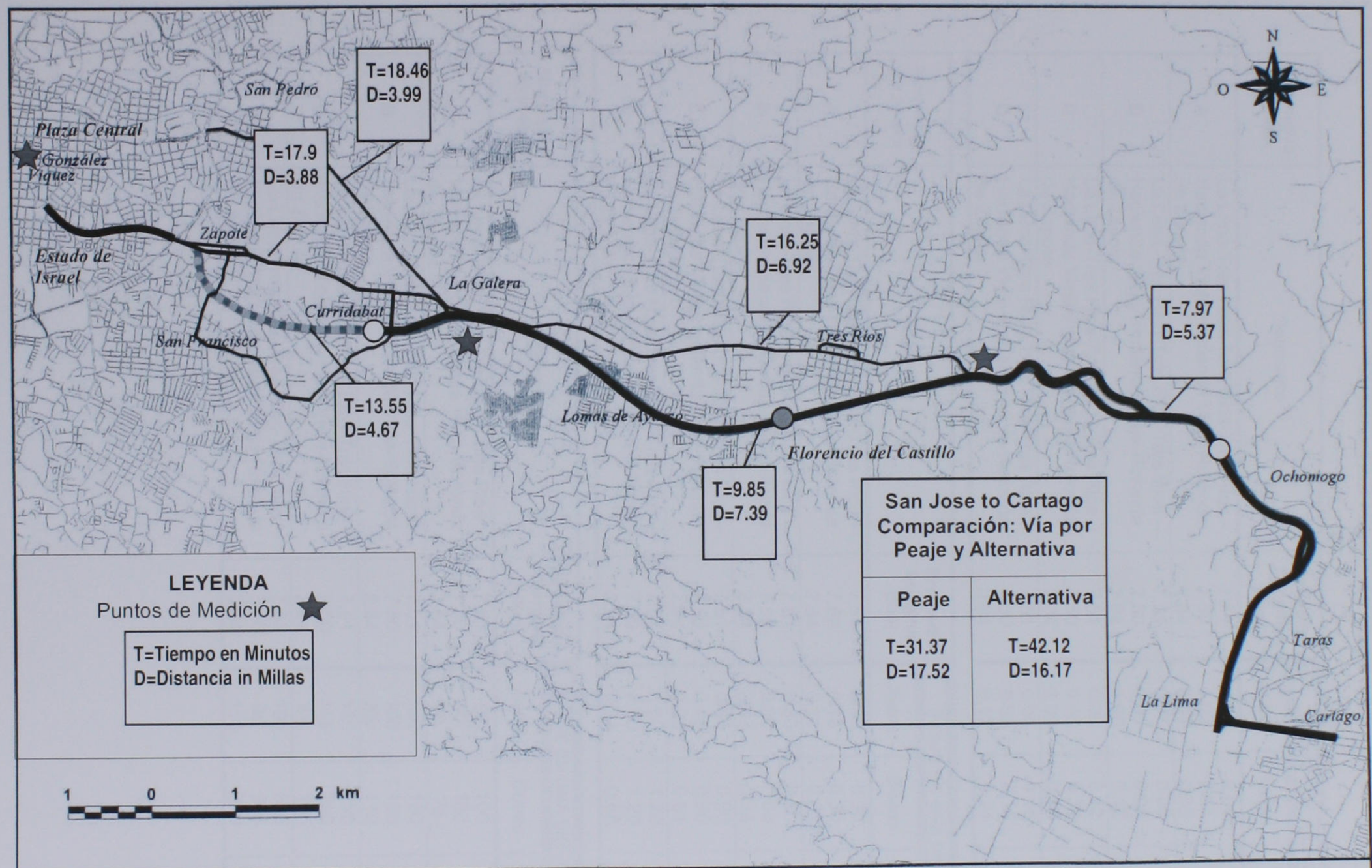


Figura 12.2 – Carretera de Peaje San José-Zapote-Cartago / Comparación de Tiempos de Viaje y Distancias

Cuadro 12.2 Hipótesis de peajes

Alternativa de peajes	Segmento	Promedio Longitud (Km)	PEAJE POR KILÓMETRO (US$)			
			Autos	Buses	Cam. 2-3 ejes	Cam. 5 ejes
A	La Lima-Tres Rios-Tres Rios-Tres Rios – Hacienda Vieja-Hacienda Vieja-Rotonda de Zapote	7.51 7.50 2.84	0.02 0.02 0.04	0.04 0.04 0.08	0.0 0.06 0.12	0.10 0.10 0.20
B	La Lima-Tres Rios-Tres Rios-Tres Rios – Hacienda Vieja-Hacienda Vieja-Rotonda de Zapote	7.51 7.50 2.84	0.04 0.04 0.06	0.08 0.08 0.12	0.12 0.12 0.18	0.20 0.20 0.30
C	La Lima-Tres Rios-Tres Rios-Tres Rios – Hacienda Vieja-Hacienda Vieja-Rotonda de Zapote	7.51 7.50 2.84	0.06 0.06 0.09	0.12 0.12 0.18	0.18 0.18 0.27	0.30 0.30 0.45
D	La Lima-Tres Rios-Tres Rios-Tres Rios – Hacienda Vieja-Hacienda Vieja-Rotonda de Zapote	7.51 7.50 2.84	0.08 0.08 0.12	0.16 0.16 0.24	0.24 0.24 0.36	0.40 0.40 0.60

Alternativa de peajes	Segmento	Promedio Longitud (Km)	PEAJE EN UNA DIRECCIÓN (US$)			
			Autos	Buses	Cam. 2-3 ejes	Cam. 5 ejes
A	La Lima-Tres Rios-Tres Rios-Tres Rios – Hacienda Vieja-Hacienda Vieja-Rotonda de Zapote	7.51 7.50 2.84	0.15 0.15 0.11	0.30 0.30 0.23	0.45 0.45 0.34	0.75 0.75 0.57
B	La Lima-Tres Rios-Tres Rios-Tres Rios – Hacienda Vieja-Hacienda Vieja-Rotonda de Zapote	7.51 7.50 2.84	0.30 0.30 0.17	0.60 0.60 0.34	0.90 0.90 0.51	1.50 1.50 0.85
C	La Lima-Tres Rios-Tres Rios-Tres Rios – Hacienda Vieja-Hacienda Vieja-Rotonda de Zapote	7.51 7.50 2.84	0.45 0.45 0.26	0.90 0.90 0.51	1.35 1.35 0.77	2.25 2.25 1.28
D	La Lima-Tres Rios-Tres Rios-Tres Rios – Hacienda Vieja-Hacienda Vieja-Rotonda de Zapote	7.51 7.50 2.84	0.60 0.60 0.34	1.20 1.20 0.68	1.80 1.80 1.02	3.00 3.00 1.71

Alternativa de peajes	Segmento	Promedio Longitud (Km)	PEAJE EN UNA DIRECCIÓN (COLONES)			
			Autos	Buses	Cam. 2-3 ejes	Cam. 5 ejes
A	La Lima-Tres Rios-Tres Rios-Tres Rios – Hacienda Vieja-Hacienda Vieja-Rotonda de Zapote	7.51 7.50 2.84	50 50 40	100 100 75	145 145 110	240 240 185
B	La Lima-Tres Rios-Tres Rios-Tres Rios – Hacienda Vieja-Hacienda Vieja-Rotonda de Zapote	7.51 7.50 2.84	100 100 55	195 195 110	290 290 165	480 480 275
C	La Lima-Tres Rios-Tres Rios-Tres Rios – Hacienda Vieja-Hacienda Vieja-Rotonda de Zapote	7.51 7.50 2.84	145 145 85	290 290 165	430 430 245	720 715 410
D	La Lima-Tres Rios-Tres Rios-Tres Rios – Hacienda Vieja-Hacienda Vieja-Rotonda de Zapote	7.51 7.50 2.84	195 95 110	385 385 220	575 575 330	955 955 545

12.7 Socioeconomía regional

El Gobierno ha logrado diversificar la economía y reducir la dependencia en el café y el banano hasta cierto punto con el correr de los años. Durante los años 90, el PIB creció aproximadamente un 5 por ciento anual, si se considera una breve recesión en 1996. La tasa de crecimiento de la población ha disminuido con el tiempo, pero sigue siendo alta con arreglo a las normas internacionales. Lo que es más importante, desde el ángulo de la viabilidad del proyecto, los niveles de propiedad de automóviles han aumentado aproximadamente un 5 por ciento anual en el último decenio. La estabilidad política nacional y el clima propicio para los negocios atrajeron $625 millones en inversiones directas en 1999, de acuerdo con estadísticas de las Naciones Unidas.

12.8 Proyecciones de trafico

Entre los pasos básicos que suelen utilizarse en la metodología de proyección del tráfico está un modelo de planificación del transporte que utiliza los datos socioeconómicos del censo de 1984 y entrevistas en los hogares llevadas a cabo en 1989; también se llevaron a cabo actualizaciones periódicas durante los últimos diez años.

Las tablas (matrices) de viajes se elaboraron utilizando una combinación de datos del censo llevado a cabo en 1984 y entrevistas en los hogares llevadas a cabo en 1989. Las proyecciones se preparan utilizando la relación histórica entre crecimiento de la población en la zona a la que da servicio cada una de las estaciones de peaje y el crecimiento del tráfico. El proceso de modelación también reconoció las repercusiones que tendrían las carreteras que compiten con el proyecto de carretera de peaje sobre las limitaciones de la capacidad y la distribución durante las horas pico sobre la carretera de peaje.

El cuadro 12.3 presenta las proyecciones del tráfico para el proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago con diferentes opciones de peajes. Este cuadro presenta también los resultados de otras hipótesis en las que se incluye también en el análisis otras mejoras de la red de carreteras en y alrededor de San José conjuntamente con el proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago.

El cuadro tambien muestra las repercusiones relativamente pequeñas de otros proyectos sobre el de peaje San José-Zapote-Cartago. Sin embargo, los niveles de tráfico sí varían a medida que aumentan los peajes para las diferentes opciones de peajes que se esbozan.

Cuadro 12.3

(Varias tarifas de peaje, además otras mejoras planeadas)

Año 2000	Localización de los peajes	Tasa de peaje por Km.	Peaje en una dirección: autos		Tráfico Diario Promedio Annual				
		US$	US$	Colones	Autos	Buses	Cam. Livianos	Cam. Pesados	Total
Proyecto San José-Zapote-Cartago solamente	La Lima-Tres Ríos [1]	0.02	0.15	50	17,618	1,526	1,924	1,068	22,137
	Tres Ríos-Hacienda Vieja [2]	0.02	0.15	50	18,935	1,843	2,462	902	24,142
	Hacienda Vieja - Rotonda de Zapote [3]	0.04	0.11	40	14,209	823	1,216	516	16,763
Proyecto San José-Zapote-Cartago solamente	La Lima-Tres Ríos	0.04	0.30	100	14,095	1,526	1,539	855	18,015
	Tres Ríos-Hacienda Vieja	0.04	0.30	100	15,148	1,843	1,970	721	19,682
	Hacienda Vieja - Rotonda de Zapote	0.06	0.17	55	11,367	823	972	413	13,575
Proyecto San José-Zapote-Cartago solamente	La Lima-Tres Ríos	0.06	0.45	145	12,403	1,526	1,385	769	16,084
	Tres Ríos-Hacienda Vieja	0.06	0.45	145	13,633	1,843	1,773	649	17,898
	Hacienda Vieja - Rotonda de Zapote	0.09	0.26	85	10,003	823	875	371	12,073
Proyecto San José-Zapote-Cartago solamente	La Lima-Tres Ríos	0.08	0.60	195	11,421	1,526	1,294	718	14,959
	Tres Ríos-Hacienda Vieja	0.08	0.60	195	12,733	1,843	1,656	606	16,838
	Hacienda Vieja - Rotonda de Zapote	0.12	0.34	110	9,211	823	817	347	11,198
Proyecto San José-Zapote-Cartago y Anillo Periféfico Norte, Este y Oeste	La Lima-Tres Ríos	0.08	0.60	195	10,830	1,524	800	657	13,810
	Tres Ríos-Hacienda Vieja	0.08	0.60	195	9,127	1,321	1,187	473	12,108
	Hacienda Vieja - Rotonda de Zapote	0.12	0.34	110	7,839	738	454	285	9,315
Proyecto San José-Zapote-Cartago y Circunvalación Norte	La Lima-Tres Ríos	0.08	0.60	195	10,831	1,524	800	657	13,811
	Tres Ríos-Hacienda Vieja	0.08	0.60	195	12,268	1,775	1,595	636	16,275
	Hacienda Vieja - Rotonda de Zapote	0.12	0.34	110	8,110	763	469	294	9,637
Proyecto San José-Zapote-Cartago y Radial Desampardos	La Lima-Tres Ríos	0.08	0.60	195	10,848	1,526	801	658	13,833
	Tres Ríos-Hacienda Vieja	0.08	0.60	195	12,288	1,778	1,598	637	16,300
	Hacienda Vieja - Rotonda de Zapote	0.12	0.34	110	8,098	762	469	294	9,622
Proyect San José-Zapote-Cartago y Radial Heredia	La Lima-Tres Ríos	0.08	0.60	195	10,831	1,524	800	657	13,811
	Tres Ríos-Hacienda Vieja	0.08	0.60	195	12,272	1,776	1,596	636	16,279
	Hacienda Vieja - Rotonda de Zapote	0.12	0.34	110	8,119	764	470	295	9,648

[1] 7.51 Kms.; [2] 7.50 Kms.; [3] 2.84 Kms.

Las tarifas de peajes que se muestran en el Cuadro 12.4 se aplican al caso básico (proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago únicamente) y a las escenarios de construcción de carreteras (mejoras a la red metropolitana) que incluyen las repercusiones de los proyectos que se examinan anteriormente. Se espera que el crecimiento del tráfico alcance el 5.8 por ciento anual entre los años 2000 y 2005. Se estima que las operaciones del proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago se iniciarán en el año 2003 o 2004. Las tasas de crecimiento anuales promedio disminuirán con el tiempo al 2.9 por ciento durante el último período de proyección de cinco años.

De acuerdo con las proyecciones (ver el cuadro 12.4), se estima que la capacidad limitará las proyecciones que se presentan en el presente informe en el segmento La Lima-Tres Ríos para la opción de 2 centavos por kilómetro. Para 2025, el volúmen de tráfico superará la capacidad de la carretera en aproximadamente 1,000 vehículos por día y en 10,000 al final del período del pronóstico, en el año 2030. La posibilidad de añadir un tercer carril en cada sentido eliminaría esta limitación; el tráfico alcanzaría entonces los volúmenes que se presentan en el Cuadro 12.4.

Los niveles proyectados del tráfico para cualquier otra opción de peajes no alcanza la capacidad disponible en todos los puntos del proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago. Esto supone que se proporcionarán las vías de acceso apropiadas para el proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago.

Cuadro 12.4
Pronósticos de tráfico para la carrerera de peaje San José-Zapote-Cartago
(Sin la inclusión de otras mejoras planeadas)

		Estaciones de peaje						Tasa de crecimiento promedio annual
		La Lima-Tres Ríos		Tres Ríos-Hacienda Vieja		Hnda. Vieja-Rotonda de Zapote		
Hipótesis de peaje		A	D	A	D	A	D	
Peaje en una dirección para autos (Colones)		50	195	50	195	40	110	
Clasificación	Autos	79.6%	76.3%	78.4%	75.6%	84.8%	82.3%	
	Buses	6.9%	10.2%	7.6%	10.9%	4.9%	7.4%	
	Camiones livianos	8.7%	8.6%	10.2%	9.8%	7.3%	7.3%	
	Camiones pesados	4.8%	4.8%	3.7%	3.6%	3.1%	3.1%	
		Tráfico Diario Promedio Annual						
Año	2000	22,137	14,959	24,142	16,838	16,763	11,198	
	2005	29,357	19,839	32,016	22,330	22,231	14,851	5.8%
	2010	36,982	24,992	40,331	28,130	28,005	18,708	4.7%
	2015	44,607	30,144	48,647	33,930	33,779	22,565	3.8%
	2020	53,031	35,837	57,834	40,338	40,159	26,827	3.5%
	2025	62,138	41,991	67,766	47,265	47,055	31,434	3.2%
	2030	71,757	48,492	78,256	54,582	54,339	36,300	2.9%

El estudio que se presenta en este informe es con fines de planificación y se basa en ciertas condiciones y suposiciones que se esbozan a continuación.

- El análisis se basa en un modelo de transporte, conocido como modelo SIAGTAM, que se diseñó para simular las condiciones a las horas pico matutinas. Los procedimientos utilizados en este análisis adaptan este modelo para producir resultados "para todo el día" en términos de TPDA. El modelo SIAGTAM se diseñó en 1990 y se le han hecho varias actualizaciones y ajustes desde entonces. No obstante, la mayor parte de este modelo no se ha modificado y se basa en ciertos parámetros válidos a principios de los años 90. En especial, en el modelo se ha supuesto que cuestiones relacionadas con el tamaño de los hogares han permanecido constante durante el último decenio.

- Debido a la falta de diversas proyecciones socioeconómicas, las perspectivas del tráfico se basan primordialmente en proyecciones de población, suponiéndose que, en términos generales, la población impulsará el crecimiento del tráfico. Esta suposición se ha atenuado mediante una consideración cuidadosa de otros indicadores socioeconómicos, durante los ajustes posteriores al modelo.

- Se supone que los planes maestros o la zonificación o patrones de uso de la tierra ausentes han permanecido casi constantes durante el período de pronóstico de 30 años; en especial se ha supuesto que la distribución geográfica del empleo ha permanecido constante.

En las condiciones del futuro, se supone que vías de acceso darán el acceso requerido al proyecto de carretera de peaje. Por lo tanto, se supone que la capacidad depende exclusivamente de las características físicas de la carretera con su futura configuración.

- Se eliminarán los caminos de servicio existentes que no pasan por las estaciones de peaje y no habrá en el futuro caminos que no pasen por las estaciones de peaje (caminos que permiten la evasión de peajes).

- El proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago recibirá mantenimiento adecuado y operación eficiente, que incluirá programas de información pública anticipados y continuos que den a conocer las ventajas del proyecto. Una vez terminado el proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago, se supone que la carretera estará debidamente señalizada y recibirá la debida publicidad; por lo tanto, no se supone en las proyecciones un efecto de *ramp-up*[2].

- Hay imprecisiones inherentes en los datos, la metodología y el modelo utilizados. Esto puede hacer que las proyecciones sean demasiado optimistas o pesimistas. Para mitigar la posibilidad de ser demasiado optimistas y la aplicación ineficiente de recursos públicos, un factor general reduce las proyecciones un diez por ciento.

[2] Efecto temporal de disminución en el tráfico estimado durante el período en el cual usuarios potenciales se familiarizan con la existencia y ventajas de la nueva alternativa—de peaje por lo general.

- Las proyecciones que se hacen en este estudio se basan también en que se mantengan condiciones económicas generalmente buenas en Costa Rica y en que la zona metropolitana de San José seguirá las tendencias generales establecidas en las proyecciones de actividades futuras utilizadas.

- No habrá aumentos de los peajes para el proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago con excepción de ajustes que se realicen en función de la inflación; en efecto, los peajes se mantendrán a los niveles indicados en este informe.

- No se llevarán a cabo medidas gubernamentales legislativas o reglamentarias adicionales, más allá de las que están actualmente en vigor, que afecten de manera notable y adversa el uso de vehículos de motor en las carreteras de peaje. El Gobierno, o los Gobiernos, no podrán construir ni ofrecer una concesión para la construcción de carreteras que compitan de manera directa e importante con el proyecto de carretera de peaje San José-Zapote-Cartago. Esto incluye otros modos de transporte, tales como el ferrocarril (el desarrollo de un importante servicio de ferrocarril en el corredor—de pasajeros y/o carga), el cual competiría con el proyecto de carretera de peaje San José–Zapote–Cartago y afectaría de forma adversa el pronóstico. También se construirán y se mantendrán caminos que den acceso y egreso del proyecto para que tengan la capacidad necesaria para dar servicio al proyecto.

Las proyecciones del tráfico de peaje en el proyecto de carretera de peaje San José–Zapote–Cartago se elaboraron considerando la amplia gama de información, análisis y juicios que se describen anteriormente. El deterioro importante de las condiciones económicas generales del pais o cambios en otras suposiciones en que se basa el estudio pueden afectar negativamente estos pronósticos.

Como ya se indicó, habrá aumentos periódicos de las tarifas de peaje para contrarrestar la inflación. Ya que después de cada aumento del peaje hay una disminución prácticamente continua de los gastos reales de los peajes debido a la inflación, el Consultor opina que los aumentos de los peajes exclusivamente para contrarrestar la inflación no tendrán efectos negativos importantes sobre los niveles y tendencias a largo plazo del tráfico.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE PRELIMINAR
ESTUDIO DE INGENIERIA

URS

SECCION 13

MANTENIMIENTO DE TRAFICO

El mantenimiento de tránsito durante el período de construcción fue identificado como uno de los tópicos de más importancia para la realización de este proyecto, debido a que una gran parte del corredor San José-Zapote-Cartago esta localizado en un área de alta densidad urbana. El movimiento vehicular a través de la zona podría verse seriamente afectado de no implementarse una estrategia apropiada de mantenimiento de tránsito a medida que los diferentes segmentos del proyecto se van construyendo.

Dentro de los objetivos a considerar para el plan propuesto se encuentran:

1) Mantener la seguridad vial a lo largo del corredor durante la construcción
2) Minimizar el tiempo de construcción de cada segmento en que se divida el proyecto
3) Proveer un nivel de servicio adequado para el tránsito que use el corredor durante el período de construcción
4) Minimizar el cambio de carrileras a traves de la zona de trabajo con el objetivo de facilitar el flujo de tránsito y las decisiones que el conductor se ve obligado a tomar cuando maneja a través de una zona en construcción

La sequencia apropiada de los segmentos propuestos en los planos de construcción es muy importante para alcanzar dichos objetivos. Se propone dividir el corredor en varios segmentos de construcción como se explica a continuación:

Sección 1: Se refiere al concepto propuesto en sequencia de fases para reconstruir y ensanchar la Autopista Estado de Israel de 4 a 6 carrileras de tránsito con una isla divisoria y marginales a ambos lados de la vía. Esta sección se considera la más difícil al estar situada dentro de una zona urbana, con limitaciones en el derecho de vía existente y con volúmenes de tránsito altos a todas horas del día. Sin embargo, se propone relizar el mayor esfuerzo para minimizar las disrupciones del tránsito vehicular y peatonal en el área y mantener el mayor número de carrileras abiertas al tránsito en todo momento.

Entre las consideraciones a tomar se sugiere dividir las fases de construcción en dos tramos donde no se le de comienzo a un segmento hasta finalizar el primer segmento:
-La Plaza Viquez hasta Intersección El Cerrito
-El Cerrito hasta Rotonda Zapote

También se sugiere maximizar el espacio existente en la vía actual reduciendo temporalmente el ancho de las carrileras de tránsito y comenzar a reconstrír la nueva vía hacia los exteriores de la misma ó hacia el centro en los tramos que sea posible. De la misma forma se sugiere reconstruír primero sobre las marginales dándole así su nueva configuración final y ganar espacio para la reconstrucción de la vía principal y su ensanchamiento hacia el centro de la misma.

Sección 2: Se refiere a la sequencia de fases para construir la Nueva Radial Zapote-Curridabat. Al tratarse de una autopista completamente nueva y en su mayor parte elevada, no se prevee ninguna disrupción del tránsito vehicular en el área afectada por la construcción. Por lo tanto, las fases de construcción serán determinadas a conveniencia de la sequencia estructural de los nuevos puentes a construír para la realización de esta autopista.

Sección 3: Se refiere a la sequencia propuesta para los diferentes segmentos que constituyen la Autopista Florencio del Castillo. Tomando en consideración que la mayoría del ensanchamiento de 4 a 6 vías en esta autopista se construirá hacia el centro de la misma, la principal consideración es mantener abiertos al tránsito dos (2) carrileras en cada dirección en todo momento. De esta manera se minimizará la disrupción del tránsito que utiliza esta vía. El derecho de vía existente en los diferentes tramos de la Autopista Florencio del Castillo es lo suficientemente ancho para permitir cualquier ajuste que sea necesario al mantenimiento de cuatro carriles continuos, dos en cada dirección.

La interrupción del flujo de tránsito durante los periodos de construcción es inevitable; sin embargo, el uso apropiado de las señales temporales de carriles en el pavimento, los letreros de aviso de construcción, la disminución temporal de la velocidad de marcha y el uso de otras técnicas comunes dentro de las zonas de construcción deben ser utilizadas para minimizar la inconveniencia del tránsito local y reducir el potencial de accidentes que genera esta actividad.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE PRELIMINAR
ESTUDIO DE INGENIERIA

URS

SECCION 14

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO

14.1 Introducción

La compleja situación vial existente originada principalmente por el crecimiento de la demanda de viajes entre la ciudad de San José y los principales centros de población de la Gran Area Metropolitana, sugiere la necesidad de redistribuir la cantidad de viajes, aumentándose las expectativas de traslado entre ciudades generadoras de volúmenes importantes de tráfico. En este contexto el proyecto San José-Zapote-Cartago ofrece a los usuarios una vía rápida de acceso restringido con menores costos de operación y ahorro en tiempos de viaje apreciable. La construcción del nuevo tramo de carretera entre Zapote y Curridabat (componente del proyecto total), constituye un elemento esencial para darle continuidad al proyecto. La operación de esta nueva vía mejorada en su capacidad, seguridad y funcionalidad permitirá, que los usuarios de los centros de población a lo largo del proyecto se beneficien, así como también el tránsito peatonal en las áreas urbanas donde se instalarán pasos peatonales y construirán aceras para servir a estos usuarios.

Con el objeto de recopilar la información requerida en los estudios de geotecnia, se llevaron a cabo las siguientes actividades de investigación: visitas de campo, sondeos y trabajos de laboratorio. Paralelamente a la investigación de campo, se efectuó una investigación de escritorio para recopilar datos necesarios en la ejecución del trabajo de geotecnia.

14.1.1 Visitas de campo

Se efectuó una serie de visitas al sitio con el objetivo de valorar distintos aspectos relacionados con el presente estudio. Adicional a estas visitas clave, se efectuaron otra serie de visitas de menor importancia cuyo propósito fue tratar aspectos propios del proceso de perforación.

14.1.2 Sondeos

Los sondeos fueron realizados con el método de penetración estándar (ASTM D-1586), el cual permite el muestreo continuo del suelo para reconstrucción del perfil y ejecución de ensayos de laboratorio. Con este método de percusión se obtiene además el valor del parámetro N (# de golpes requerido para penetrar 30 centímetros), correlacionable con las propiedades geotécnicas del material. Sobre las muestras obtenidas con el muestreador partido se efectuaron ensayos de caracterización en laboratorio para determinación del contenido de humedad natural del terreno, pesos volumétricos, compresión inconfinada y límites de Attemberg, para poder clasificar a los suelos encontrados de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

14.1.3 Laboratorio

Las actividades de laboratorio se concentraron en:

Suelo: Se evalúo, siempre que fue posible, cada una de las siguientes propiedades:

- Límites de Atterberg (Plasticidad)
- Humedad Natural
- Densidad relativa (arenas) o consistencia (arcillas)
- Análisis Granulométrico (Determinación de D_{10}, D_{30}, D_{60})
- Resistencia a la compresión inconfinada (suelos cohesivos)
- Pesos unitarios

Roca: Para el caso de rocas se medirán todos aquellos parámetros que definen la resistencia de estos depósitos:

- Tipos de material (composición estratigráfica)
- Rock Quality Designation (RQD)
- Porcentaje de recuperación (% rec)
- Descripción cualitativa
- Estado de las juntas: presencia de relleno, abertura, grado de meteorización, grado de rugosidad

14.2 Metodología

El objetivo principal de los estudios geotécnicos en este proyecto es establecer una zonificación geológico – geotécnica de la línea que atraviesa el proyecto para identificar los problemas principales que el alineamiento puede enfrentar en cada zona, es decir: arcillas expansivas, suelos blandos, limos colapsables, rellenos mal compactados, aguas freáticas superficiales, etc.

Para establecer esa zonificación se llevaron a cabo perforaciones (sondeos) localizadas a lo largo del alineamiento. Adicionalmente, en sitios claves como intersecciones y pasos a desnivel se ejecutaron sondeos puntuales para estudiar las condiciones de cimentación de estructuras tipo puente o cajón según lo determine el estudio.

A lo largo del alineamiento se identificaron con estacas los sondeos (perforaciones) realizados distanciados aproximadamente a cada 900 metros. Estos sondeos alcanzaron diferentes profundidades y tendrán como objetivo complementar la información recopilada en la primera fase. Dado que la longitud de los tres tramos (Autopista Estado de Israel, Nueva Radial Zapote–Curridabat y Florencio del Castillo) es 22.5 kilómetros entonces se requerirán 26 perforaciones para cubrir la longitud total dada la separación establecida anteriormente, sin embargo se llevaron a cabo cuatro sondeos adicionales con el fin de obtener suficiente información para llevar a cabo el respectivo diseño de las estructuras. En los sitios claves del proyecto se llevaron a cabo sondeos puntuales para estudiar la cimentación de estructuras como puentes o cajones (pasos a desnivel). Estos sitios se listan a continuación:

14.2.1 Radial Zapote ó Autopista Estado de Israel

Intersección El Cerrito (2 sondeos de 12 y 12.50 metros)
Rotonda de las Garantías Sociales (1 sondeo de 10 metros)

14.2.2 Radial Zapote-Curridabat

Intersección con ruta 204 (1 sondeo de 10 metros)
Puente sobre el río María Aguilar (1 sondeo de 10 metros)
Intersección con la ruta 211 (1 sondeo de 10 metros)
Dispersador Hacienda Vieja (1 sondeo de 10 metros)

14.2.3 Autopista Florencio del Castillo

Intersección Taras (1 sondeo de 10 metros)
Intersección La Lima (1 sondeo de 10 metros)

14.2.4 Ensayos de Caracterizacion física y mecánica

Con las muestras obtenidas mediante el proceso de perforación se llevaron a cabo ensayos de caracterización física y mecánica. Se evalúo, siempre que fue posible, cada una de las siguientes propiedades:

- Límites de Atterberg (Plasticidad)
- Humedad Natural
- Densidad relativa (arenas) o consistencia (arcillas)
- Análisis Granulométrico (Determinación de D_{10}, D_{30}, D_{60})
- Resistencia a la compresión inconfinada (suelos cohesivos)
- Pesos unitarios

Para el caso de rocas se medirán todos aquellos parámetros que definen la resistencia de estos depósitos como: recuperación, RQD grado de fracturamiento y estado de las fracturas.

Una vez finalizada toda la exploración de campo así como el trabajo de laboratorio se lleva a cabo la segunda fase del estudio, para así proceder a establecer la zonificación de los tramos de interés. La caracterización de cada una de las zonas será definida con base en los datos de campo y laboratorio.

La caracterización de cada zona estará compuesta por los siguientes elementos:

a) Ubicación del nivel freático
b) Tipo de material (composición)
c) Consistencia del material
d) Profundidad del estrato rocoso (si es posible)
e) Problemas específicos que se pueden encontrar en la zona: suelos blandos, arcillas expansivas, rellenos de mala calidad, etc

14.2.5 Estructuras Específicas

Para los sitios específicos se llevará a cabo un estudio puntual para determinar las condiciones de fundación de las estructuras (puente, cajón, etc.). Entre las condiciones de fundación a evaluar se tienen las siguientes:

- Capacidad soportante admisible
- Deformabilidad del medio
- Problemas especiales: arcillas expansivas, rellenos de mala calidad, suelos blandos

Es importante mencionar que la Radial Zapote atravesará la Rotonda de las Garantías Sociales mediante una estructura subterránea. Para el diseño de esta estructura se requiere evaluar otros aspectos:

- Posibilidad de subsidencia (hundimiento de la superficie)
- Distribución de esfuerzos con el paso subterráneo
- Estimaciones de refuerzo
- Posibilidad de falla de fondo
- Influencia de las aguas subterráneas

14.3 Evaluación de los taludes existentes en la Zona del Alto de Ochomogo

En este sitio es evidente el problema de estabilidad de los taludes existentes, por ello de forma preliminar se dan algunas recomendaciones de posibles soluciones para estabilizar estos taludes que se caracterizan por ser de poca altura. En la naturaleza se producen con frecuencia movimientos de masas en las laderas, en las que una parte determinada de la superficie del terreno se destaca del conjunto y se desplaza hasta una cota inferior a la original. Se trata de procesos puramente gravitatorios en los que intervienen dos grupos de fuerzas: las resistentes del terreno y las desestabilizadoras.

Un factor muy importante en la estabilidad de las laderas es el agua, que tiene diversos efectos sobre las mismas. Por un lado, como consecuencia de la infiltración por lluvias intensas se produce una elevación del nivel freático que da lugar a un aumento de la presión del agua en los huecos, cuyo efecto es una disminución aparente del peso y , por lo tanto, de la resistencia a fricción, y por otro lado, la carga de fisuras preexistentes que implican un empuje hacia el exterior de la laderas del material comprendido entre las fisuras y el frente.

Otros factores en la estabilidad de las laderas, ya sean de suelos o rocas, son los relacionados con aspectos topográficos, litoestructurales y tectónicos, climáticos, etc. A pesar del amplio número de casos de inestabilidad natural de laderas, es por la acción del hombre cuando se intensifica la aparición de estos problemas.

Los escenarios en los que el hombre deja importantes cicatrices en el terreno en forma de taludes, tanto en desmontes como en terraplenes, son muy variados: por ejemplo para este caso de una obra lineal de infraestructura se pueden presentar variaciones con las excavaciones de trincheras y

construcción de rellenos. En este tipo de proyectos aparecen fenómenos de inestabilidad, que bien han podido detectarse en la fase de diseño, o por el contrario desconocerse a priori exigen medidas correctoras posteriores. En conjunto se trata de una serie de actuaciones encaminadas a garantizar la estabilidad geotécnica de esos taludes artificiales.

Por ello se recomienda tener presente que es necesario llevar a cabo no solo una evaluación de estos taludes, sino también el respectivo análisis de estabilidad en los sectores más críticos.

Por otro lado es necesario que los escenarios resultantes de las modificaciones antrópicas que se realizan en los terrenos queden protegidos frente a los procesos erosivos y de meteorización, pues de lo contrario se producirá la degradación de los taludes, que repercutirá no sólo en los costos de conservación y limpieza de las zonas adyacentes al pie de esos frentes, sino incluso que podrá llegar a desembocar en geometrías adversas desencadenantes de mecanismos de rotura.

A esos efectos se le suma la pérdida de productividad biológica de los terrenos. Es por ello que, el segundo objetivo de este texto sea abordar las técnicas de revegetación de los taludes, que permitirá su protección frente a la erosión y coadyuvará, además, a la estabilización geotécnica, a la integración paisajística de los mismos en las áreas afectadas y en suma a la conservación de los ecosistemas.

14.3.1 Factores que afectan la estabilidad de los taludes

Los factores principales que afectan en general a la estabilidad de los taludes pueden agruparse de la siguiente forma:

- Propiedades resistentes y deformaciones de los suelos y las rocas
- Características físicas y geométricas de las discontinuidades
- Estado tensional.
- Geometría del talud, altura, ángulo, etc
- Técnicas de excavación o construcción
- Condiciones del agua subterránea
- Sistema de drenaje
- Técnicas de refuerzo o sostenimiento

A continuación se dan varias opciones que se pueden tener presentes:

14.3.2 Muros de neumáticos usados

En diversos países industrializados, como Estados Unidos, este problema ha generado diversas controversias sobre el almacenamiento de neumáticos usados. Si se suma éste problema al elevado costo de los materiales de construcción, se ha llegado a la conclusión de que los neumáticos usados podrían ser reutilizados para la construcción de muros de contención.

La protección de taludes con neumáticos desechables es una técnica de bajo costo que actualmente se está utilizando con éxito en Estados Unidos, Alemania, Francia y Brasil. Antes de utilizar éste tipo

de materiales, se requiere la evaluación de los mismos, a la vez que es necesario establecer unas pautas para que tanto el costo del proyecto como la propia instalación sean lo más efectivos y satisfactorios posible. Se debe añadir que los costos derivados del uso de neumáticos usados es del orden de la mitad con respecto a cualquier otro método de estabilización.

Las ventajas principales que se derivan del empleo de los neumáticos usados son las siguientes:

- Desde el punto de vista de mantenimiento y seguridad, la construcción de éstos muros es sencilla y económica
- La posibilidad de adquirir este tipo de materiales en la actualidad es factible, pudiéndose conseguir gratuitamente de algunas empresas. En la mayoría de los países desarrollados se generan anualmente cantidades ingentes de neumáticos usados. Si se reutilizaran para estabilizar taludes en suelos, se podría reducir considerablemente el problema del almacenamiento de dichos residuos
- Es un sistema de estabilización que permite, si se realiza una revegetación adecuada del talud, conseguir un efecto visual estético y agradable
- Por último, ésta puede ser una buena alternativa, debido al bajo costo que supone la utilización de estos materiales con respecto a otros tipos de sistemas de estabilización existentes

14.3.3 Muros de Gaviones

Un gavión consiste en una estructura paralelepipédica elaborada con mallas metálicas de alambre galvanizado de triple torsión y rellenas con las piedras más cercanas a las obras. Al igual que los muros de escollera, su uso comenzó en obras fluviales, pasando más tarde a emplearse en la construcción de estructuras de contención y sostenimiento.

A continuación se enumeran las ventajas más importantes que se derivan del uso de los muros de gaviones:

- No precisan cimentación
- Adaptación al terreno
- Fácil diseño y construcción rápida
- Mano de obra no especializada
- Trabajan fundamentalmente por gravedad
- Son flexibles y son capaces de soportar ciertos asentamientos sin fracturarse
- Presentan condiciones de drenaje y durabilidad excelentes
- Son económicos

14.4 Drenajes

Los drenajes suelen ser métodos bastante efectivos en cuanto a la estabilización de un talud se refiere, pero como solución a largo plazo resulta difícil establecer cuáles son los efectos, ya que nunca se suele efectuar un control o mantenimiento de aquellos una vez que se ha dado por finalizado un proyecto.

Las funciones de los drenajes se pueden resumir en las tres siguientes:

- Control del movimiento del agua superficial
- Control de la influencia del agua infiltrada en el comportamiento hidráulico subterráneo del talud
- Reducción de la presión intersticial en profundidad

Estas tres funciones se encuentran relacionadas entre sí, ya que cualquiera de ellas actúa sobre las otras dos. Tanto los drenajes profundos como los superficiales se pueden mantener fácilmente, pudiendo ser rápidamente reparados. Los drenajes profundos van a controlar de forma más efectiva los efectos del agua de infiltración dentro del terreno. En general, suelen ser los que suponen un costo superior a la vez que son más efectivos a la hora de desalojar grandes volúmenes de agua infiltrada, disminuyendo las presiones intersticiales en los puntos donde es más probable que se desarrollen procesos de deslizamiento. En cualquier caso, ambos tipos de drenaje, tanto profundos como superficiales, cumplen la función de alterar el campo de esfuerzos provocado por la infiltración de agua en el sustrato, por lo que es aconsejable la instalación de los dos.

También se puede afirmar que es difícil estimar cuales son los efectos de un drenaje a priori, aunque se puede establecer seguimiento con piezómetros. En cada caso, las lecturas obtenidas de los piezómetros controlarán el método de construcción a seguir. A pesar de todo, se deben justificar los cálculos basándose en ensayos de laboratorio.

Los drenajes reducen las fuerzas hidrostáticas desestabilizadoras y las tensiones provocadas por el agua de infiltración, así como el riesgo de procesos erosivos o de sifonamiento.

Los costos de instalación de un sistema de drenaje en un talud dependerán de las condiciones de cada caso, aconsejando dedicar una partida a los estudios hitrogeológicos correspondientes, con el fin de minimizar costos de cara al futuro de las instalaciones.

14.4.1 Recomendaciones generales de drenajes

- Es muy importante tomar en cuenta que las medidas de drenaje en relación con las aguas de escorrentía y subterráneas son fundamentales para la estabilidad a largo plazo. Por lo tanto, es de suma importancia diseñar y construir un sistema de drenaje superior con cunetas impermeables y canalizaciones que evacuen totalmente el agua de la parte del talud. Esta medida es para todo el talud, es decir, debe extenderse a las áreas en donde no hay obra de retención.

- La construcción de sistemas de drenaje detrás de los muros de retención, son necesarios para evitar que pueda acumularse el agua producto de las lluvias o de otras fuentes, lo cual puede ocasionar múltiples problemas, principalmente el empuje de los taludes sobre elementos de retención.

- En las zonas que finalmente quedan expuestas, se debe sembrarse zacate estrella o vegetación similar para que ayude a "amarrar" y evitar erosiones inconvenientes.

14.5 Conclusiones

El trabajo geológico-geotécnico del Corredor Vial San José-Zapote-Cartago se presenta en su totalidad en un volúmen seperado como componente de este estudio. El estudio se subdividió en varias fases, una primera de investigacion bibliografica, complementada con trabajos de campo, sondeos exploratorios y geología.

Desde el punto de vista geológico, el sitio está caracterizado por la presencia de cenizas, lahares, y areniscas; los suelos originados por esta unidad, se correlacionan con los limos arcillosos determinados en la Autopista Florencio del Castillo (tramo Curridabat-Cartago) y una unidad de abanicos, esta unidad de abanicos se correlaciona con la alternancia de arcillas limosas y limos arcillosas.

En el capítulo III del reporte geológico-geotécnico se presentan los modelos geotécnicos para cada una de los sondeos realizados. En el capítulo IV se presenta la zonificación generada a partir de los modelos geotécnicos y el levantamiento geológico que se llevo a cabo a lo largo de todo el Corredor.

En el capítulo V del reporte geológico-geotécnico, se lleva a cabo el análisis de los sondeos específicos donde se proyecta la construcción de obras específicas, para cada caso se dieron las recomendaciones necesarias. Los detalles de capacidad de soporte para el diseño fueron emitidos en los apartados correspondientes. Se recomendaron dos sondeos adicionales por sito, de 20 metros de profundidad como mínimo en: El Cerrito, Rotonda Las Garantías, Río María Aguilar e Intersección Taras, dadas las características de los materiales existentes y el tipo de obra que se proyecta construir en cada uno de los sitios.

Se debe recordar que un estudio de esta índole no permite detallar todas las zonas del proyecto, por lo tanto es necesario que durante las labores constructivas se realice supervisión por parte de personal especializado.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE PRELIMINAR
ESTUDIO DE INGENIERIA

URS

SECCION 15

COSTOS DE PROYECTO

ESTA SECCION QUEDA PENDIENTE PARA EL REPORTE FINAL

15.1 Estimados del costo de construcción

Los costos de construcción preliminares para el proyecto San José-Zapote-Cartago se desarrollaron para la "Alternativa Preferida", basados en las asunciones siguientes:

- Las cantidades y materiales se basan en los planos preliminares de ingeniería presentados en el anexo
- Los precios se basan en averages de trabajos de construcciones locales para proyectos similares, al igual que información recibida de fabricantes y representantes de los diferentes productos
- El estimado de costo de construcción del proyecto asume un incremento del 20% como factor de contingencia por costos eventuales, mantenimiento de tránsito, costos de relocalización de servicios públicos, embellecimiento del corredor vial, etcétera
- El estimado de costo se basa en el valor actual del dollar (año 2001)

15.2 Estimados de costo del derecho de via

La "Alternativa Preferida" require la adquisición limitada de derecho de vía para la realización del proyecto. El estimado de costo por este concepto es de _____ .

15.3 Sumario de costos

El costo total del proyecto, incluyendo el diseño final de los planos de ingeniería, la adquisición de derecho de vía, y la construcción del mismo es presentado en el Cuadro 16.1

Cuadro 15.1
Sumario del Costo del Proyecto

Componente del Costo	Alternativa Preferida
Planos de Ingeniería	$
Adquisición del derecho de vía	$
Construcción	$
Costo Total del Proyecto	**$**

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE PRELIMINAR
ESTUDIO DE INGENIERIA

URS

SECCION 16

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta Sección queda pendiente para el Reporte Final



URS