

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA)

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS  
REPUBLICA DE CHILE

**PROGRAMA DE REHABILITACION Y CONSERVACION  
DE LOS PUENTES  
EN LA  
REPUBLICA DE CHILE  
(FASE 2)**

**INFORME FINAL**

**INFORME PRINCIPAL  
(VOLUMEN 2/8)**

**JULIO 1998**

LIBRARY



J 1144711 [7]

**PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL**

S S F

J R

98-086



**AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA)**

**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS  
REPUBLICA DE CHILE**

**PROGRAMA DE REHABILITACION Y CONSERVACION  
DE LOS PUENTES**

**EN LA  
REPUBLICA DE CHILE**

**(FASE 2)**

**INFORME FINAL**

**INFORME PRINCIPAL**

**(VOLUMEN 2/8)**

**JULIO 1998**

**PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL**



#### ABREVIATURA

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
CADD	Computer Aided Design and Drafting
PIB	Producto Interno Bruto
EAI	Evaluación Ambiental Inicial
JICA	Japan International Cooperation Agency
MOP	Ministerio de Obras Públicas
PC	Hormigón Pre-comprimido
EIA-Pre	Evaluación Preliminar de Impacto Ambiental
RM	Región Metropolitana

#### EQUIVALENCIA MONETARIA

US\$ 1,00 = 450 Pesos Chilenos (de Marzo de 1998)

## PREFACIO

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Chile, el Gobierno de Japón decidió llevar a cabo el estudio sobre el Programa de Rehabilitación y Conservación de Puentes de la República de Chile, confiando el estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

JICA envió a Chile un equipo de estudio liderado por el Sr. Takashi Chujo, de la Pacific Consultants International desde Septiembre de 1996 a Marzo de 1998.

El equipo sostuvo conversaciones con los oficiales concernientes del Gobierno de Chile, y condujo investigaciones en terreno en el área de estudio. Después que el equipo regreso a Japón, se realizaron otros estudios y se preparó el actual informe.

Espero que este informe contribuirá a la promoción del proyecto y al mejoramiento de las amistosas relaciones entre nuestros dos países.

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a los oficiales concernientes del Gobierno de la República de Chile por su cercana cooperación extendida al equipo.

Julio 1998

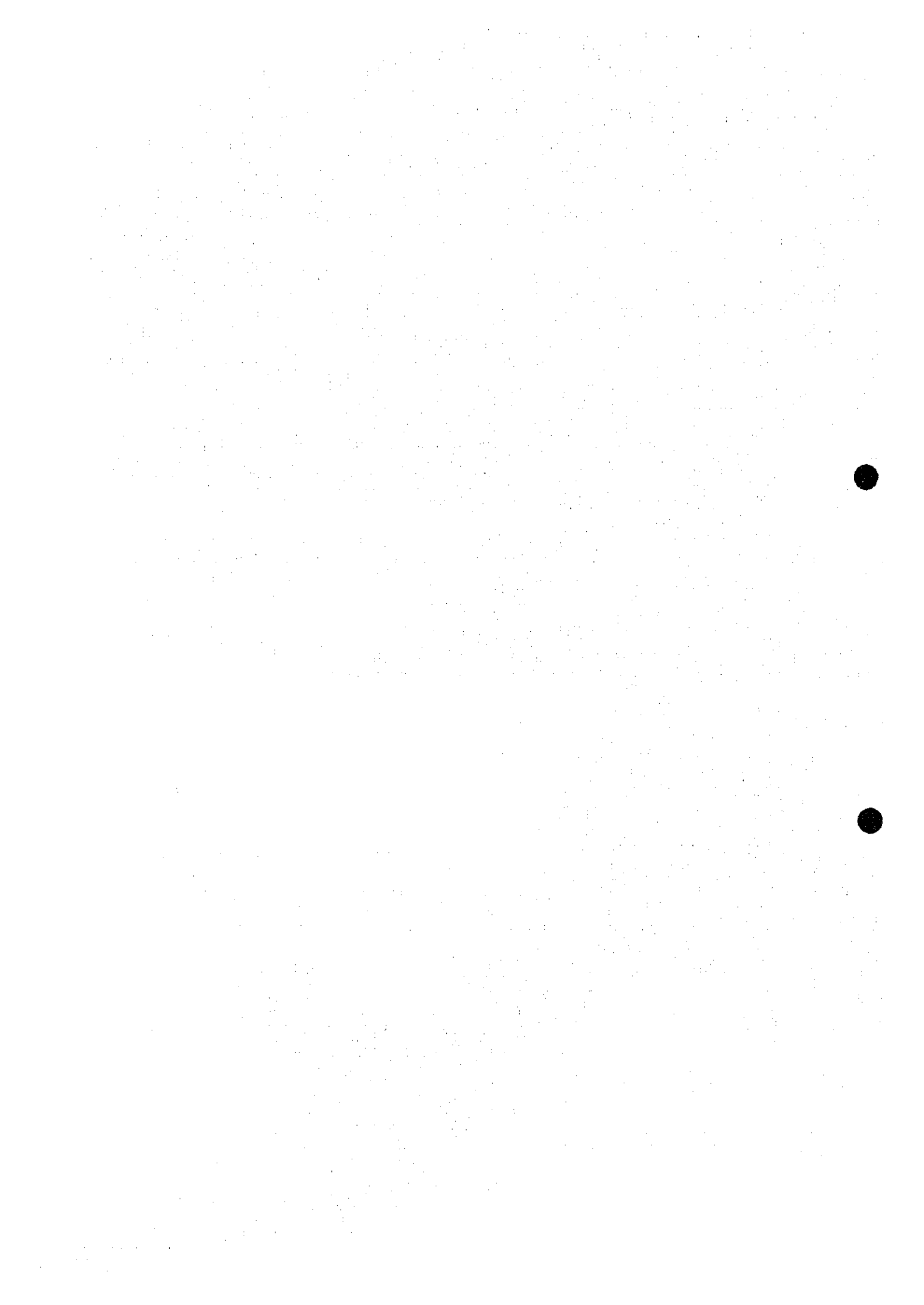


---

Kimio Fujita

Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón



Julio 1998

**Carta de Transmisión**

Sr. Kimio Fujita  
Presidente  
Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

Estimado señor,

Es nuestro gran placer hacer entrega del informe final del estudio sobre el Programa de Rehabilitación y Conservación de Puentes en la República de Chile.

El estudio fue realizado por la Pacific Consultants International desde Septiembre de 1996 a Marzo de 1998 para elaborar el plan de rehabilitación, ejemplos de diseños de rehabilitación, y el programa CADD de puentes estándar para puentes rurales en Chile, sobre la base de los términos y referencias redactadas por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Los resultados del estudio fueron reunidos en el informe final, Volumen 1 al 8.

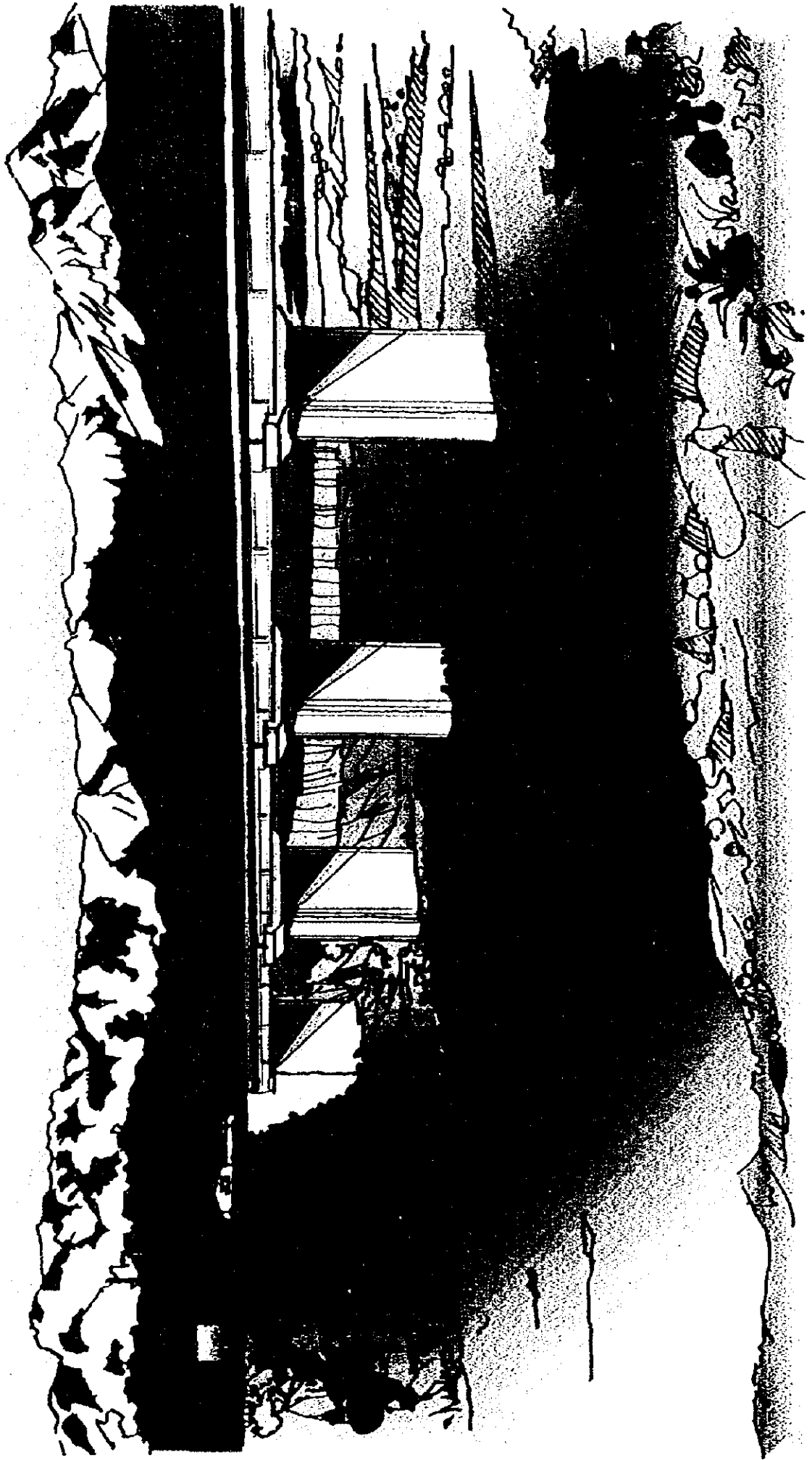
Esperamos que el informe sea útil para que el Ministerio de Obras Públicas (MOP) implemente la rehabilitación.

Deseamos expresar nuestros agradecimientos a JICA, al MOP, y a la Embajada de Japón en Chile por su cooperación dada en el curso del estudio.

Saluda atentamente,

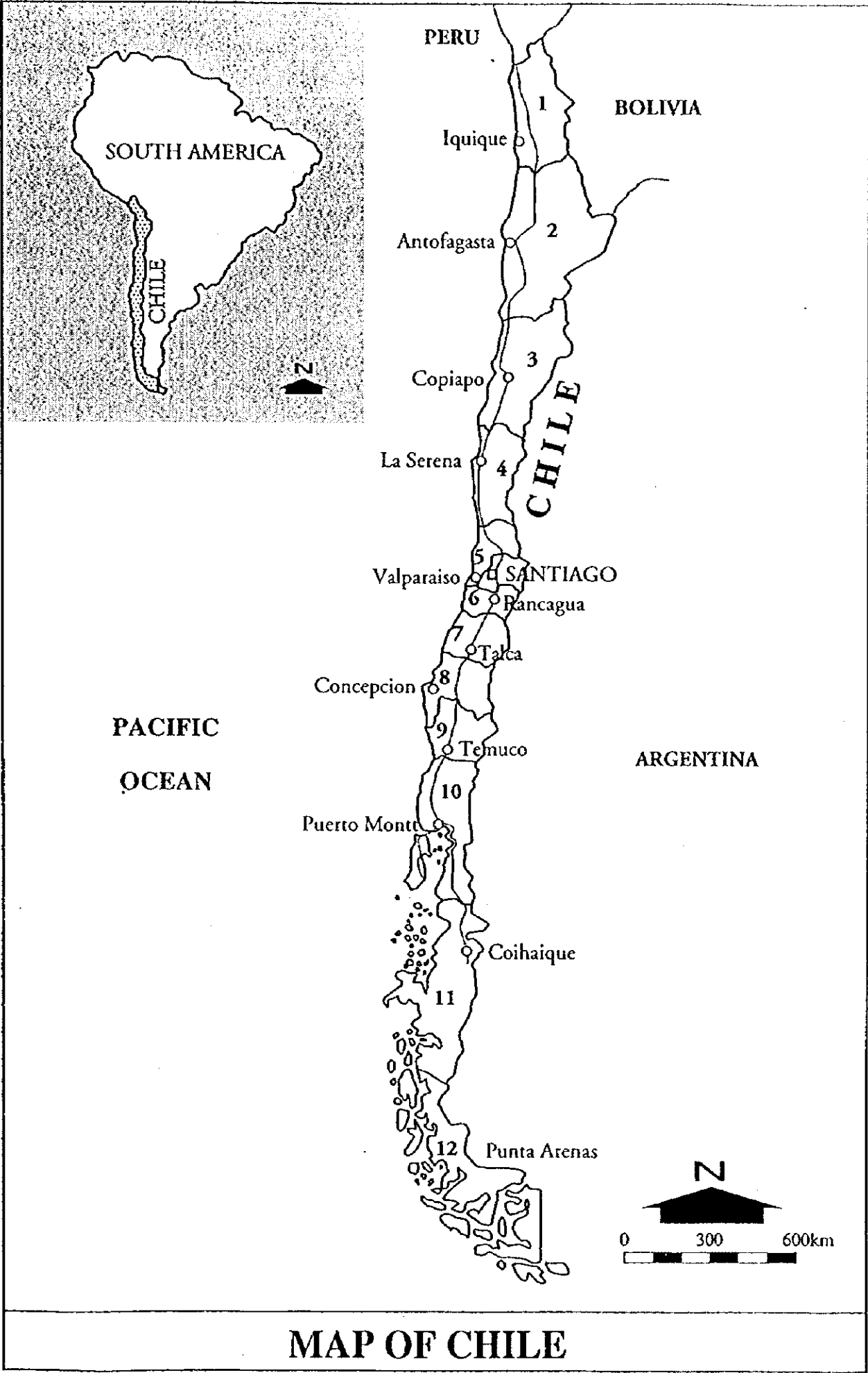


Takashi Chujo  
Líder del Equipo  
Estudio sobre el Programa de  
Rehabilitación y Conservación de  
Puentes en la República de Chile

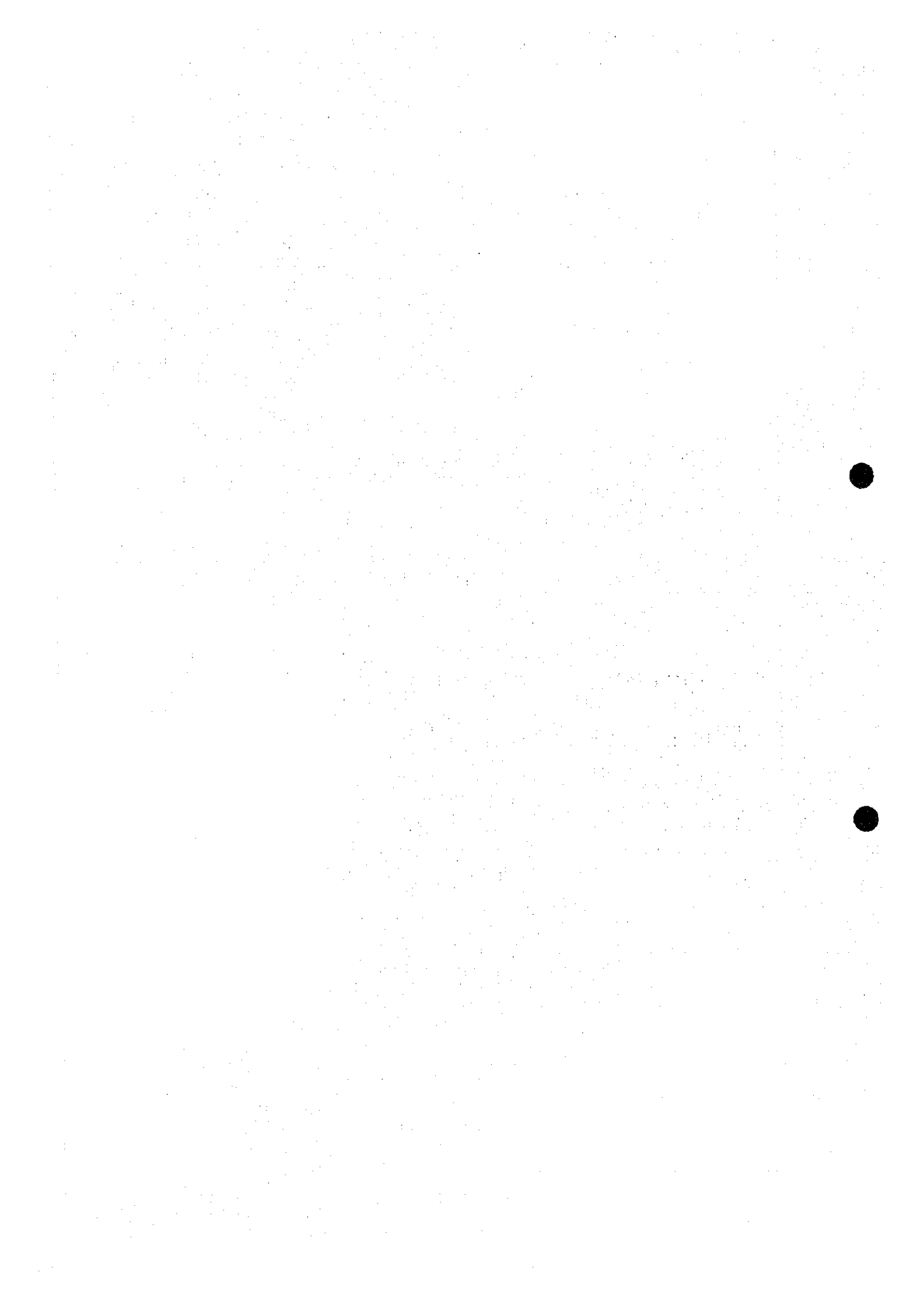


Puente David García de la V Región





**MAP OF CHILE**



# INFORME PRINCIPAL

## CONTENIDOS

	página
<b>CAPÍTULO 1 GENERALIDADES</b>	
1.1	Introducción ----- 1-1
1.1.1	Introducción al Estudio ----- 1-1
1.1.2	Antecedentes del Estudio ----- 1-1
1.2	Objetivos del Estudio ----- 1-2
1.3	Alcance del Estudio ----- 1-2
1.4	Aproximación al Estudio y Programación ----- 1-3
1.5	Organización del Estudio ----- 1-4
<b>CAPÍTULO 2 PLAN DE REHABILITACIÓN DE PUENTES</b>	
2.1	Conceptos del Plan de Rehabilitación de Puentes ----- 2-1
2.1.1	Propósito del Plan ----- 2-1
2.1.2	Puentes Objetivo para el Plan ----- 2-1
2.1.3	Concepto del Plan ----- 2-1
2.1.4	Proceso del Plan ----- 2-3
2.2	Inspección de Puentes ----- 2-4
2.2.1	Selección de los Puentes ----- 2-4
2.2.2	Métodos de Inspección ----- 2-4
2.2.3	Sistema de Clasificación para la Condición del Puente ----- 2-6
2.2.4	Resultados de la Inspección de los Puentes del Estudio Modelo ----- 2-8
2.2.5	Examen de la Ingeniería de los Puentes Inspeccionados ----- 2-11
2.2.6	Sistema Computadorizado de Inventario de Puentes ----- 2-16
2.3	Estudio Socioeconómico ----- 2-21
2.3.1	Determinación del Marco Socioeconómico ----- 2-21
2.3.2	Índices Socioeconómicos ----- 2-21
2.4	Estudio del Tránsito ----- 2-27
2.4.1	Procedimientos del Estudio ----- 2-27
2.4.2	Estimación del Volumen de Tránsito Actual ----- 2-28
2.4.3	Proyección del Volumen de Tránsito Futuro ----- 2-33
2.5	Costos de la Rehabilitación ----- 2-36
2.5.1	Política de Rehabilitación ----- 2-36
2.5.2	Decisión del Método de Rehabilitación y su Escala ----- 2-39

2.5.3	Estimación de los Costos de Rehabilitación -----	2-40
2.6	Prioridad de Rehabilitación y Plan del Proyecto de Inversiones -----	2-47
2.6.1	Número de Puentes y Período del Plan -----	2-47
2.6.2	Concepto de Prioridad de Rehabilitación -----	2-48
2.6.3	Índices de la Prioridad de Puentes de Caminos Rurales -----	2-50
2.6.4	Proceso de Evaluación de la Prioridad y Plan del Proyecto de Inversión -----	2-53
2.6.5	Índices de la Prioridad de Puentes Individuales (Primer Paso) -----	2-54
2.6.6	Índices de la Prioridad para Puentes Agrupados (Segundo Paso) -----	2-60
2.6.7	Plan de Inversión para la Rehabilitación -----	2-63
2.6.8	Evaluación de la Factibilidad de la Inversión -----	2-67
2.7	Estudio del Mantenimiento y Administración de Puentes -----	2-68
2.7.1	Generalidades -----	2-68
2.7.2	Situación Presente del Mantenimiento y Administración de Puentes -----	2-68
2.7.3	Descubrimientos y Recomendaciones -----	2-78

### **CAPÍTULO 3 DISEÑO DE REHABILITACIÓN DE LOS PUENTES**

3.1	Concepto del Diseño de Rehabilitación de Puentes -----	3-1
3.1.1	Propósito y Alcance del Diseño de Rehabilitación -----	3-1
3.1.2	Proceso del Diseño de Rehabilitación -----	3-1
3.1.3	Selección de los 20 Puentes -----	3-3
3.2	Inspección General de Puentes -----	3-7
3.2.1	Método de Inspección -----	3-7
3.2.2	Evaluación de los Daños Típicos -----	3-11
3.2.3	Estudio del Método de Rehabilitación -----	3-15
3.3	Investigación Detallada -----	3-21
3.3.1	Estudios Topográficos y de Sondajes de Suelos -----	3-21
3.3.2	Inspección de los Daños -----	3-23
3.4	Diseño de Rehabilitación -----	3-31
3.4.1	Diseño de Reconstrucción -----	3-31
3.4.2	Diseño de las Reparaciones -----	3-46
3.5	Estimación de los Costos de Rehabilitación -----	3-72
3.5.1	Alcance de la Estimación de los Costos -----	3-72
3.5.2	Costos de Reconstrucción -----	3-72
3.5.3	Costos de Reparación -----	3-73
3.6	Estudio Ambiental para los Puentes y sus Alrededores -----	3-76
3.6.1	Generalidades -----	3-76
3.6.2	Afeyance del Estudio Medio Ambiental -----	3-77
3.6.3	Formulario de Inspección del Proyecto y del Sitio -----	3-79
3.6.4	Formularios de Evaluación -----	3-81

3.6.5	Resultados de la Investigación .....	3-84
3.7	Recomendación para la Rehabilitación de Puentes en Chile .....	3-85
3.7.1	Para Puentes de Madera .....	3-85
3.7.2	Para Puentes de Hormigón .....	3-87
3.7.3	Para Puentes de Acero .....	3-88

#### **CAPÍTULO 4 PROGRAMA CADD DE PUENTES ESTÁNDAR**

4.1	Uso Actual de Computadoras en Chile .....	4-1
4.2	Actuales Diseños de Puentes y Prácticas de Construcción en Chile .....	4-1
4.2.1	Práctica del Diseño .....	4-1
4.2.2	Prácticas Constructivas .....	4-3
4.3	Tipos de Puentes Estándar y Condiciones de Diseño .....	4-4
4.3.1	Jerarquía de los Caminos, Ancho Estándar y Geometría .....	4-4
4.3.2	Condiciones de Diseño .....	4-5
4.3.3	Tipos de Puentes Estándar .....	4-5
4.4	Sistema CADD Propuesto .....	4-6
4.4.1	Esquema del Sistema CADD .....	4-6
4.4.2	Desarrollo del Programa .....	4-11
4.4.3	Formatos de Entrada y Salida .....	4-12
4.4.4	Especificaciones de los Planos .....	4-14
4.5	Hardware y Software del Computador .....	4-16
4.6	Programa CADD Desarrollado .....	4-17
4.7	Preparación de los Planos del Puente Estándar .....	4-18
4.7.1	Condiciones de Diseño .....	4-18
4.7.2	Parámetros de Diseño para Puentes Estándar .....	4-19

#### **CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Plan de Rehabilitación de los Puentes .....	5-1
5.2	Diseño de Rehabilitación de los Puentes .....	5-4
5.3	Programa CADD de Puentes Estándar .....	5-5

## FIGURA

Figura 1.1	Diagrama de Flujo de los Trabajos Generales del Estudio -----	1-6
Figura 1.2	Organización del Estudio -----	1-4
Figura 2.1	Concepto del Plan Estratificado de Rehabilitación -----	2-1
Figura 2.2	Índices para la Prioridad de la Rehabilitación -----	2-2
Figura 2.3	Agrupación de Puentes -----	2-2
Figura 2.4	Proceso del Plan de Rehabilitación -----	2-3
Figura 2.5	Ubicación de los Puentes para el Plan de Rehabilitación -----	2-10
Figura 2.6	Puente de Madera Típico -----	2-14
Figura 2.7	Concepto del Programa de Inventario -----	2-18
Figura 2.8	Principales Pantallas del Programa de Inventario -----	2-20
Figura 2.9	Proceso de Estudio de Tránsito -----	2-27
Figura 2.10	Ubicación de Puentes, Sectores de Camino, Censos de Tránsito y Ptos. de Estudio -----	2-29
Figura 2.11	Proceso de Paso de los Nueve Efectos hacia los Tres Índices -----	2-50
Figura 2.12	Método Alternativo del paso de los Nueve Efectos a Dos Índices -----	2-51
Figura 2.13	Proceso de Evaluación de la Prioridad y Plan de Inversiones -----	2-54
Figura 2.14	Organigrama del MOP (Ministerio de Obras Públicas) -----	2-69
Figura 2.15	Organigrama de la Dirección de Vialidad -----	2-70
Figura 2.16	Presupuesto del Segundo Plan de Desarrollo de 5 años para la Construcción y Mantenimiento de Caminos -----	2-74
Figura 3.1	Proceso de la Inspección de Puentes y del Diseño de Rehabilitación -----	3-2
Figura 3.2	Ubicación de los Veinte Puentes para el Diseño de Rehabilitación (1/2) -----	3-5
Figura 3.2	Ubicación de los Veinte Puentes para el Diseño de Rehabilitación (2/2) -----	3-6
Figura 3.3	Vista General del Puente Inspeccionado -----	3-8
Figura 3.4	Área y Ubicación de los Estudios -----	3-22
Figura 3.5	Curva para la Profundidad de Socavación -----	3-34
Figura 3.6	Concepto del Diagrama con los Métodos de Reparación de Daños -----	3-48
Figura 3.7	Diagrama con los Métodos de Reparación (1/7): Grietas en la Estructura de Hormigón -----	3-49
Figura 3.7	Diagrama con los Métodos de Reparación (2/7): Desgaste-Expansión (Scaling-Spalling) en la Estructura de Hormigón -----	3-50
Figura 3.7	Diagrama con los Métodos de Reparación (3/7): Delaminación y Nidos de Piedra en la Estructura de Hormigón -----	3-51

Figura 3.7	Diagrama con los Métodos de Reparación (4/7): Eflorescencia en la Estructura de Hormigón-----	3-52
Figura 3.7	Diagrama con los Métodos de Reparación (5/7): Desgaste (Wear) en la Estructura de Hormigón-----	3-53
Figura 3.7	Diagrama con los Métodos de Reparación (6/7): Fractura en la Estructura de Hormigón-----	3-54
Figura 3.7	Diagrama con los Métodos de Reparación (7/7): Oxidación y Pérdida de la Pintura en la Estructura de Acero-----	3-55
Figura 3.8	Diagrama para los Métodos de Reparación de Grietas en el Hormigón-----	3-48
Figura 3.9	Proceso del Estudio Ambiental-----	3-77
Figura 3.10	Ejemplo de Diseño de Reforzamiento para el Puente Granallas-----	3-93
Figura 4.1	Ancho del Puente Estándar-----	4-4
Figura 4.2	Tipo de Puente Estándar (Superestructura)-----	4-5
Figura 4.3	Tipo de Puente Estándar (Infraestructura)-----	4-5
Figura 4.4	Esquema de Todo el Sistema de Programación CADD-----	4-6
Figura 4.5	Esquema del Programa CADD (Viga de Acero)-----	4-7
Figura 4.6	Esquema del Programa CADD (Viga de H.PV)-----	4-8
Figura 4.7	Esquema del Programa CADD (Estribo)-----	4-9
Figura 4.8	Esquema del Programa CADD (Cepa)-----	4-10
Figura 4.9	Tamaño del Plano y de los Títulos-----	4-15
Figura 4.10	Hardware y Software para el Programa CADD-----	4-16
Figura 4.11	Operación de Ingreso al Programa CADD-----	4-17

## TABLA

Tabla 1.1	Miembros del Equipo de Estudio -----	1-5
Tabla 2.1	Número de Puentes Seleccionados por Regiones-----	2-4
Tabla 2.2	Sistema de Clasificación de la Condición de los Puentes-----	2-6
Tabla 2.3	Resumen de la Clasificación de Condición de los Puentes de la IX Región -----	2-9
Tabla 2.4	Cargas Limitada de los Puentes -----	2-14
Tabla 2.5	PIB Dividido Regionalmente (1985-1992)-----	2-22
Tabla 2.6	Volumen de Tránsito Presente en el Modelo de Estudio (IX) Región (1996) ---	2-31
Tabla 2.7	Volumen de Tránsito Futuro en la (IX) Región Modelo del Estudio (2005)-----	2-34
Tabla 2.8	Criterio del Plan de Acción de la Rehabilitación -----	2-40
Tabla 2.9	Costo Unitario de Reconstrucción -----	2-41
Tabla 2.10	Cálculo de los Costos de Reconstrucción (IX Región)-----	2-42
Tabla 2.11	Costos Unitarios de Reparación / por Tipo de daño-----	2-43
Tabla 2.12	Cálculo de los Costos de Reparación (IX Región) -----	2-45
Tabla 2.13	Cantidad y Condición de los Puentes en la IX región -----	2-47
Tabla 2.14	Nueve Efectos de la Rehabilitación de Puentes de Caminos Rurales-----	2-49
Tabla 2.15	Evaluación de la Rehabilitación para Puentes de Caminos Rurales -----	2-49
Tabla 2.16	Índices de Prioridad de Puentes Individuales (Primer Paso: Orden del Puente N <sup>o</sup> ) -----	2-55
Tabla 2.17	Índices de Prioridad de Puentes Agrupados (Sgdo. Paso: Orden de Prioridad Puentes Agrup.)-----	2-61
Tabla 2.18	Plan del Proyecto de Inversiones (Tercer Paso)-----	2-64
Tabla 2.19	Plan del Proyecto de Inversiones de 10 Años del País-----	2-66
Tabla 2.20	Número del Staff en la Dirección General de Obras Públicas -----	2-71
Tabla 2.21	Número de Ingenieros por Dirección/Dirección General -----	2-72
Tabla 2.22	Condiciones de los Caminos en Chile -----	2-72
Tabla 2.23	Distribución del Volumen de Tránsito por Categoría del Camino -----	2-73
Tabla 2.24	Número de Vehículos Registrados-----	2-73
Tabla 2.25	Presupuesto del MOP (1990 -1995) -----	2-74
Tabla 2.26	Distribución Estimada de Puentes Existentes por Región-----	2-77
Tabla 2.27	Puentes Existentes por Tipo de Construcción -----	2-77
Tabla 2.28	Condiciones Estructurales de los Puentes Existentes -----	2-78
Tabla 2.29	Resumen de los Costos del Proyecto del Programa de Reemplazo de Puentes--	2-79
Tabla 3.1	Veinte Puentes Seleccionados para el Diseño de la Rehabilitación-----	3-4



Tabla 3.2	Tabla de Daños -----	3-9
Tabla 3.3	Método de Rehabilitación -----	3-17
Tabla 3.4	Ejemplo de las Razones de Reconstrucción -----	3-19
Tabla 3.5	Daños Típicos -----	3-20
Tabla 3.6	Resultados de los Estudios Topográficos y de Sondajes de Suelos -----	3-21
Tabla 3.7	Método de Inspección de los Daños -----	3-25
Tabla 3.8	Pruebas No Destructivas -----	3-24
Tabla 3.9	Resistencia del Hormigón según la Prueba del Martillo de Schmidt -----	3-28
Tabla 3.10	Detección de las Armaduras mediante el Pachometer -----	3-29
Tabla 3.11	Resultado del Espesor de Placas -----	3-30
Tabla 3.12	Coefficientes de Forma Ks para las Cepas -----	3-34
Tabla 3.13	Resumen de los Diseños de Puentes -----	3-35
Tabla 3.14	Parámetros de Resistencia del Suelo -----	3-37
Tabla 3.15	Puentes para Diseños de Reparaciones -----	3-47
Tabla 3.16	Métodos de Reparación Propuestos -----	3-47
Tabla 3.17	Resumen de los Diseños de Reparaciones -----	3-57
Tabla 3.18	Resumen de los Costos de Reconstrucción -----	3-73
Tabla 3.19	Costos Unitarios de Reparación según Daños -----	3-74
Tabla 3.20	Resumen de los Costos de Reparación -----	3-75
Tabla 3.21	Puentes Objetivos del Estudio Ambiental -----	3-78
Tabla 3.22	Formulario Estándar para la Descripción del Proyecto -----	3-80
Tabla 3.23	Formulario Estándar para la Descripción del Sitio o Emplazamiento -----	3-80
Tabla 3.24	Formulario para las Consideraciones de Impacto Ambiental -----	3-82
Tabla 3.25	Formulario de la Matriz de Evaluación Ambiental -----	3-83
Tabla 4.1	Color y Grosor de Líneas y Letras -----	4-14
Tabla 4.2	Tipos de Línea -----	4-14
Tabla 4.3	Parámetros de Diseño de la Viga de Acero para Puentes de 1 – Pista -----	4-20
Tabla 4.4	Parámetros de Diseño de la Viga de Acero para Puentes de 2 – Pistas -----	4-21
Tabla 4.5	Parámetros de Diseño de la Viga de Hormigón PV para Puentes de 1 – Pista ---	4-22
Tabla 4.6	Parámetros de Diseño de la Viga de Hormigón PV para Puentes de 2 – Pistas -	4-23

**CAPÍTULO 1**  
**GENERALIDADES**

## CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

#### 1.1.1 Introducción al Estudio

Respondiendo a la solicitud del Gobierno de la República de Chile (en adelante denominado 'GOCH'), el Gobierno del Japón (en adelante denominado como 'GOJ') decidió implementar el estudio sobre el programa de rehabilitación y conservación de puentes en la República de Chile (fase 2) (en adelante denominado el " Estudio") conforme al Acuerdo de Cooperación Técnica entre el GOCH y el GOJ firmado en Julio 28 de 1978.

Conforme a esto, la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (en adelante denominada JICA), la agencia oficial responsable de la implementación del programa de cooperación técnica del GOJ, emprendió el Estudio con la estrecha cooperación de las autoridades concernientes del GOCH.

En Marzo de 1996, JICA envió a la República de Chile (en adelante denominado 'Chile') un Equipo del Estudio Preparatorio bajo la dirección del Dr. Koichi Yokoyama para discutir sobre el Alcance del Trabajo del Estudio (en adelante denominado el "A/T"). Se llegó a un acuerdo sobre este A/T y el calendario del Estudio entre el Ministerio de Obras Públicas (en adelante denominado MOP) del GOCH y el Equipo Preparatorio del Estudio JICA.

JICA comenzó el Estudio en Agosto de 1996 empleando a la consultora Japonesa "Pacific Consultants International", completándolo en Junio de 1998.

#### 1.1.2 Antecedentes del Estudio

##### (1) Situación de los Puentes Rurales en Chile

Los puentes objeto del Estudio se categorizan como puentes rurales y se caracterizan por ser "puentes menores, de madera, y con capacidad de carga limitada" y "con poco pero pesado tránsito":

- La mayoría de los puentes rurales estudiados son de madera. En realidad, de los 200 puentes que inspeccionó el Equipo de Estudio en la VIII, IX y X regiones, el 95% eran puentes menores de madera con una capacidad de carga limitada a 12 toneladas o menos.
- Muy poco tránsito, no más de 100 a 200 automóviles por día se observaron del estudio de tránsito realizado, pero con una razón de camiones pesados bastante alta, en caminos que sirven para el transporte de madera y material de construcción. Camiones pesados que transportan aproximadamente alrededor de 20 a 30 toneladas, siendo probablemente los que causan severos daños a los puentes de madera. Las industrias forestales y mineras tienen

puentes reforzados o puentes de madera contruidos por ellos mismos, para el paso de sus productos.

Los puentes de madera generalmente se deterioran con mayor rapidez que los puentes de hormigón o de acero, dependiendo del tratamiento de preservación. Esto debido a que todos los elementos de un puente de madera deben ser reemplazados periódicamente; según experiencia de vialidad regional los reemplazos menores se efectúan a los 5 años y los mayores a los 10 años.

Por lo tanto la rehabilitación de los puentes rurales ha sido uno de los problemas más urgentes a resolver por el MOP; alrededor de 40 a 50 puentes de madera anualmente han colapsado en los últimos 10 años, por obsolescencia.

## **(2) Política de Rehabilitación del MOP**

En los años recientes, la situación de los puentes de madera en Chile ha cambiado: rápidamente se ha perdido la ventaja de costos bajos y facilidad de construcción, por el contrario los problemas específicos de los puentes de madera han llegado a ser considerables, ya que requieren mantenimiento frecuente, además de sufrir alzas en los costos de construcción y reparación. El mantenimiento en tal situación de los puentes de madera es más costoso y difícil para el MOP, comparado con los puentes de hormigón y de acero. El MOP, por lo tanto, intenta reemplazar gradualmente los puentes de madera por puentes permanentes de hormigón o acero.

## **1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

Los objetivos del Estudio son:

- ① Preparar el plan de rehabilitación para alrededor de 1000 puentes de caminos rurales y transversales;
- ② Preparar la inspección y los diseños de rehabilitación en detalle para 20 puentes; y
- ③ Desarrollar un programa de puentes estándar CADD (Computer Aided Design and Drafting), y la preparación de los planos de diseño del puente estándar usando el programa CADD.

## **1.3 ALCANCE DEL ESTUDIO**

Con el propósito de alcanzar los objetivos antes mencionados, el Estudio abarca los siguientes ítems:

### **(1) Plan de Rehabilitación de Puentes**

- a. Concepto del plan de rehabilitación de puentes
- b. Inspección preliminar y preparación del inventario de puentes.

- c. Estudio socioeconómico y de tránsito.
- d. Recopilación del inventario de puentes y demanda de tránsito.
- e. Estimación de costos de rehabilitación de los puentes.
- f. Lista de prioridad para la rehabilitación de los puentes.
- g. Plan de implementación para la rehabilitación de puentes.
- h. Estudio de administración y mantenimiento de puentes.

**(2) Inspección Detallada de Puentes y Diseño de Rehabilitación**

- a. Estudio del diseño de puentes y las prácticas constructivas en Chile.
- b. Selección de los puentes objetivo.
- c. Método para la inspección detallada de puentes.
- d. Inspección detallada de puentes.
- e. Examen ambiental inicial.
- f. Diseño de la rehabilitación de puentes.
- g. Estimación de los costos de rehabilitación de los puentes.
- h. Estudio del control de calidad de los elementos de puentes prefabricados
- i. Elaboración de los manuales

**(3) Desarrollo del Programa CADD para Puentes Estándares**

- a. Estudio del uso actual de computadoras en Chile.
- b. Tipos y condiciones de diseño del puente estándar.
- c. Programa CADD Propuesto.
- d. Selección del hardware y software del computador.
- e. Programación del CADD
- f. Preparación de planos diseño de puentes estándares por el programa CADD.
- g. Preparación de manuales.

**1.4 APROXIMACIÓN AL ESTUDIO Y PROGRAMACIÓN**

El Estudio será realizado basándose principalmente en el A/T, lo cual fue acordado entre el MOP y el Equipo Preliminar de Estudio de JICA en Marzo de 1996. El Estudio está dividido en 3 Fases (3 años fiscales), que además están subdivididas en un total de nueve pasos.

Fase I (Agosto 1996-Julio 1997)

- Paso-1 Trabajo Preparatorio (Trabajo en Japón)
- Paso-2 Primer Estudio de Rehabilitación de Puentes (Trabajo en Chile)  
(Informe del Progreso (1)).
- Paso-3 Desarrollo del Programa CADD (Trabajo en Japón)

Fase II (Junio 1997-Marzo 1998)

- Paso-4 Inspección Detalla de Puentes. (Trabajo en Chile)
- Paso-5 Diseño de Rehabilitación de Puentes (Informe Intermedio) (Trabajo en Japón)
- Paso-6 Segundo Plan de Rehabilitación de Puentes (Informe del Progreso (2)) (Trabajo en Chile)
- Paso-7 Preparación de Manuales (Borrador del Informe Final) (Trabajo en Japón)
- Paso-8 Explicación del Borrador del Informe Final y Seminario (Trabajo en Chile)

Fase III (Mayo 1998-Julio 1998)

- Paso-9 Término del Informe Final (Informe Final) (Trabajo en Japón)

El diagrama del trabajo general del Estudio se muestra en la Figura 1.1.

### 1.5 ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO

El Equipo de Estudio fue organizado por JICA , constituido por miembros de la Pacific Consultants International (PCI). La contraparte Chilena está organizada por el GOCH y está constituida por miembros del departamento de puentes del MOP. El organigrama se muestra a continuación.

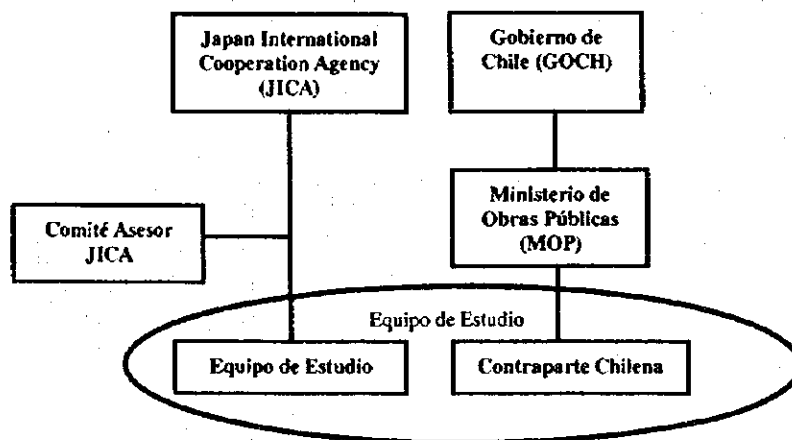


Figura 1.2 Organización del Estudio

**Tabla 1.1 Miembros del Equipo de Estudio**

Nombre	Cargo
Takashi Chujo	Jefe del Equipo/Planificador de Puentes
Tuyoshi Sasaki	Planificador de Transporte
Kiminari Takahashi	Ingeniero de Tránsito
Toshio Kachi	Planificador de Rehabilitación de Puentes
Torao Tokozumi	Ingeniero en Puentes (Superestructura 1)
Jiro Koyama	Ingeniero en Puentes (Superestructura 2)
Toshio Ueno	Ingeniero en Puentes (Infraestructura )
Motoyoshi Yamada	Planificador Regional
Akira Shikichi	Planificador en Mantenimiento de Puentes
Masamitu Toriyama	Economista en Transporte
Hiroyuki Takano	Planificador de Construcción y Evaluador de Costos
Hiroshi Tanaka	Especialista Medio Ambiental
Tsuneo Kitagawa	Planificador de Software
Isamu Nishida	Diseñador de Software (1)
Kunio Ohno	Diseñador de Software (2)
Kazuroni Tomita	Programador (1)
Tateo Suzuki	Programador (2)
Toyohide Tukii	Programador (3)
Koichi Ishii	Coordinador del Proyecto

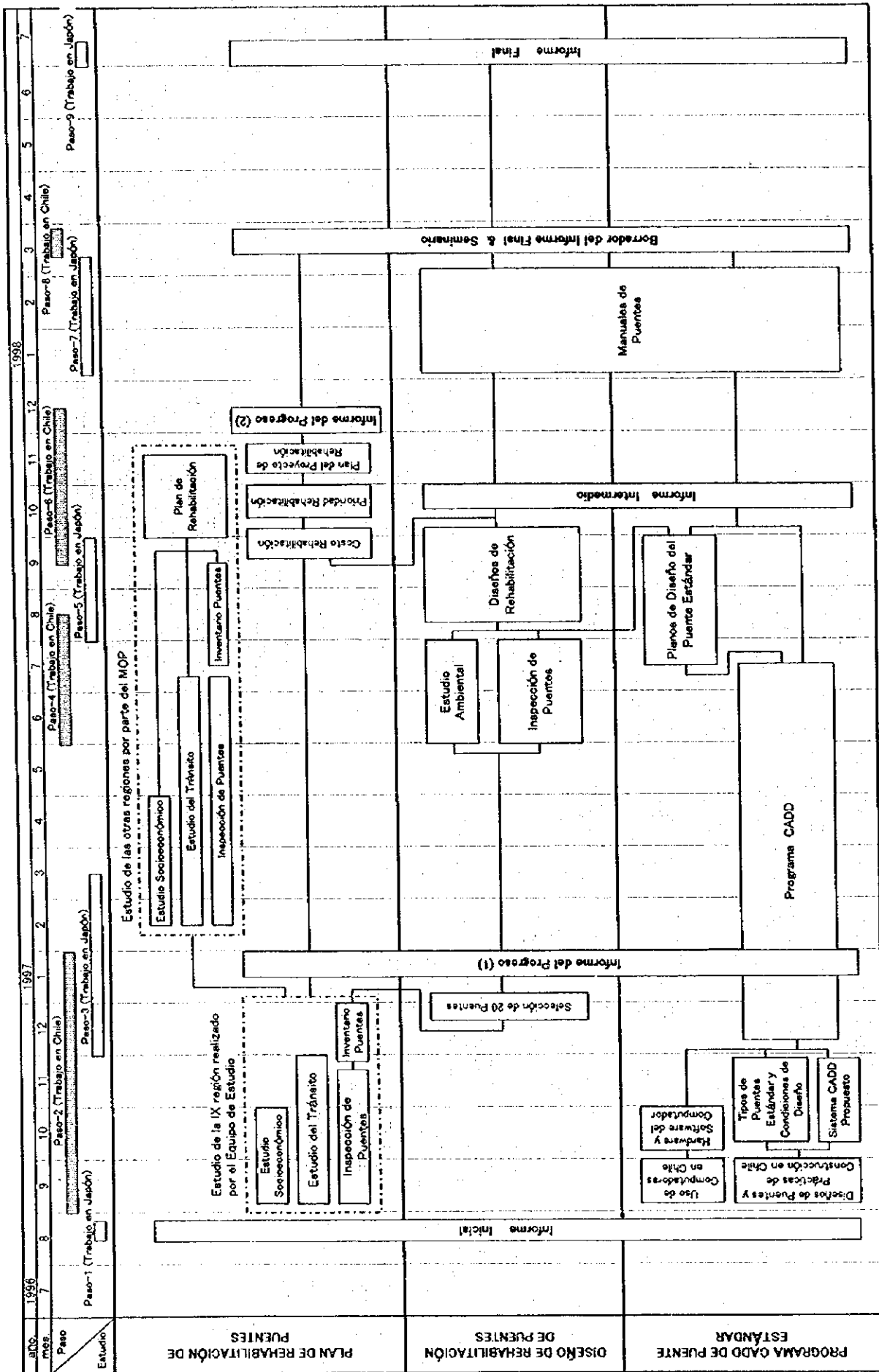
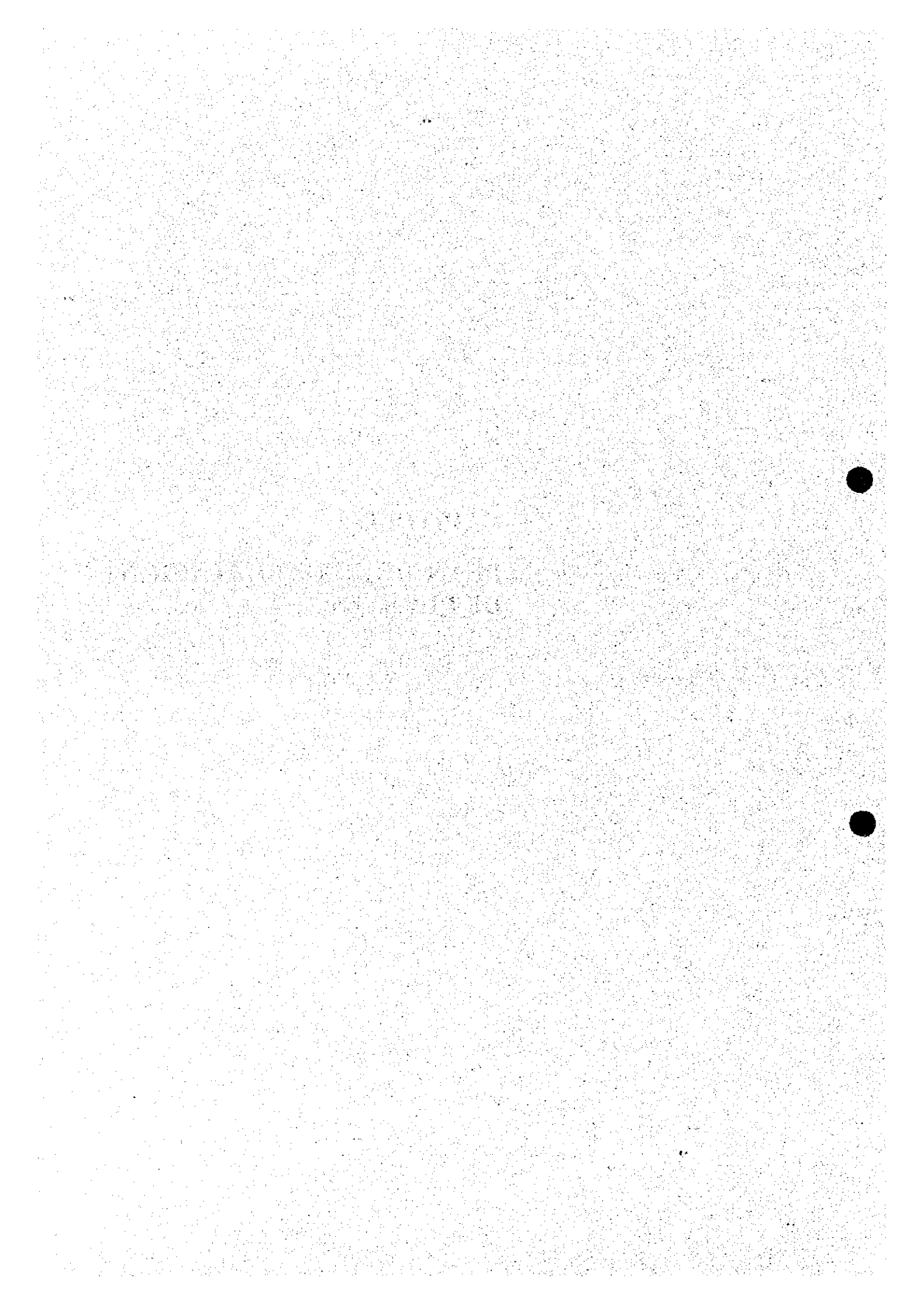


Figura 1.1 Diagrama de Flujo de los Trabajos Generales del Estudio



## **CAPÍTULO 2**

# **PLAN DE REHABILITACIÓN DE PUENTES**





De los 1.000 puentes seleccionados a nivel nacional, 110 puentes de la IX región fueron estudiados como modelo. El MOP entonces estudió los puentes restantes de las otras doce regiones basados en este modelo. La IX región fue escogida porque era conocida por tener una gran cantidad de puentes de madera.

## (2) Evaluación de la Prioridad

En orden a evaluar con justicia las prioridades de los puentes rurales, muchos de los cuales tienen un bajo retorno de la inversión, se tomaron también en cuenta la seguridad del puente y aspectos sociales. Los tres indicadores escogidos para la evaluación son representativos de la política de proyectos del MOP (ver Figura 2.2).

- Índice Económico: Razón entre el costo de rehabilitación y el volumen de tránsito (representando los beneficios del proyecto).
- Índice de Seguridad: Cantidad de daños del puente. Los puentes peligrosos tienen prioridad a pesar del volumen de tránsito o los costos.
- Índice Social: Basado en la razón del ingreso local respecto del ingreso promedio nacional. Regiones de bajos ingresos toman prioridad en las inversiones públicas.

La estimación de la prioridad es evaluada mediante el cálculo de los tres indicadores antes mencionados, obteniéndose una cifra o índice total después de considerar las ponderaciones de las políticas gubernamentales.

## (3) Agrupación de Puentes mediante el Sector de Camino (Road Link)

Para que la rehabilitación de puentes sea efectiva, es más aconsejable que puentes subsecuentes ubicados en la misma ruta sean rehabilitados en una misma fase. El segmento de camino, definido como un trecho entre dos intersecciones principales que tienen el mismo volumen de tránsito, y que contiene a los puentes del proyecto, será llamado "sector de camino". Un número múltiple de puentes dentro de este segmento será tratado como un grupo (ver Figura 2.3).

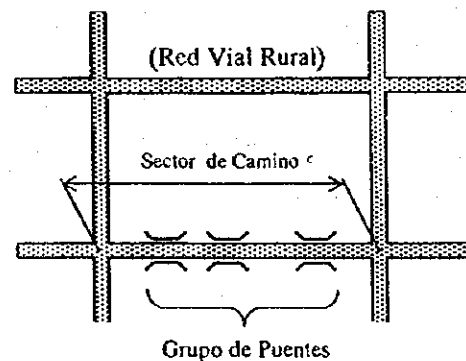
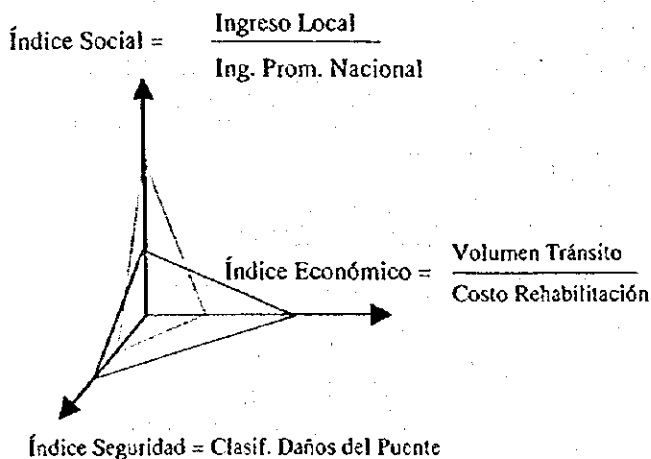


Figura 2.3 Agrupación de Puentes

Figura 2.2 Índices para la Prioridad de la Rehabilitación

## 2.1.4 Proceso del Plan

### (1) Proceso

Los métodos de rehabilitación fueron empleados para los 1.000 puentes seleccionados. Primero se creó el inventario de puentes (ubicación y las condiciones actuales del puente). Adicionalmente, se recolectaron datos socioeconómicos (población, ingreso, volumen de tránsito, etc.) para medir las necesidades sociales y económicas del puente. Con los datos anteriores se realizó una estimación preliminar o aproximada de los costos de rehabilitación y de la evaluación de la prioridad, redactándose el plan de rehabilitación basado en esta información (Ver Figura 2.4).

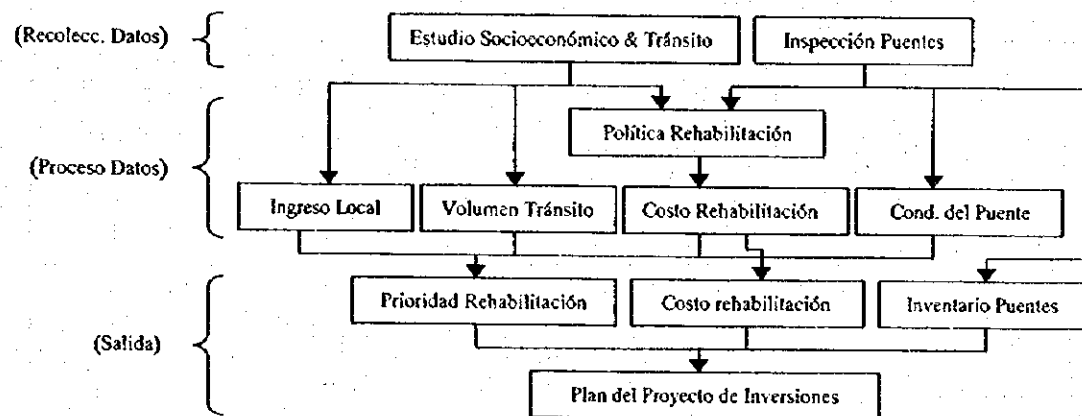


Figura 2.4 Proceso del Plan de Rehabilitación

### (2) Estudios y Recolección de Datos

El propósito de los estudios es el de obtener información de los emplazamientos de los puentes, y que es necesaria para la planeación de la rehabilitación. Esta información incluye:

- Inventario de puentes y su condición.
- Volumen de tránsito en los puentes objetivo.
- Datos socioeconómicos de las regiones.
- Criterios de rehabilitación y costos aproximados.

Para obtener la información señalada arriba, fueron realizados los siguientes estudios:

- Inspección de puentes
- Recolección de datos socioeconómicos
- Estudio de tránsito

Los métodos empleados y los resultados de los estudios que el Equipo de Estudio ha conducido se presentan desde los Capítulos 2.2 hasta el 2.8.

## 2.2 INSPECCIÓN DE PUENTES

### 2.2.1 Selección de los Puentes

El propósito de la inspección de puentes es el de obtener los datos para el inventario de puentes, necesarios para la planificación de la rehabilitación de los puentes.

El MOP seleccionó 1000 puentes de todo el país para la inspección. El trabajo de inspección de los 1000 puentes fue compartido entre el Equipo de Estudio y el MOP. El Equipo de Estudio inspeccionó un total de 200 puentes de las regiones VIII, IX y X, y el MOP los restantes 800 puentes de las otras regiones. La **Tabla 2.1** muestra el número de puentes por regiones seleccionados por el MOP.

**Tabla 2.1 Número de Puentes Seleccionados por Regiones**

Región	Capital	N° Total de Puentes Inspeccionados	Puentes Inspeccionados por el MOP	Puentes Inspeccionados por el Equipo de Estudio
I	Iquique	22	22	0
II	Antofagasta	16	16	0
III	Copiapo	62	62	0
IV	La Serena	100	100	0
V	Valparaíso	100	100	0
VI	Rancagua	100	100	0
VII	Talca	100	100	0
VIII	Concepción	95	55	40
IX	Temuco	110	0	110
X	Puerto	95	45	50
XI	Coyhaique	50	50	0
XII	Punta	100	100	0
RM	Santiago	50	50	0
Total		1000	800	200

De los 200 puentes inspeccionados por el Equipo de Estudio, el resultado de la inspección de 110 puentes de la IX región fueron usados para el estudio modelo del plan de rehabilitación.

### 2.2.2 Método de Inspección

#### (1) Preparación de los Formulario de Inspección.

Un formulario de inspección fue diseñado teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- cubrir todos los datos necesarios para el plan de rehabilitación, y
- que sea utilizable como un sistema general de inventario de puentes para el MOP.

El formulario de inspección propuesto consiste de:

- ① formulario del inventario de puente,
- ② formulario de clasificación de la condición del puente, y
- ③ método de reparación y formulario de cubicaciones o cuantificaciones

1) El Formulario de Inventario incluye:

- información general del puente, tales como el nombre, mapa de ubicación, condiciones del río y otros datos administrativos,
- detalles estructurales, incluyendo las dimensiones más importantes del puente y diagramas estructurales como el perfil longitudinal y sección transversal, y
- fotografías de vistas laterales, frontal, y de daños del puente.

2) El Formulario de Clasificación de Condición es para anotar los tipos y magnitudes de los daños para cada parte de la estructura del puente, es decir, la superestructura, infraestructura, y accesorios (juntas de expansión y apoyos), clasificando cada parte en elementos principal o secundario de acuerdo a su importancia estructural.

3) El Formulario de Método de Reparación y Cubicaciones es para anotar los probables métodos de reparación y las cantidades (cubicaciones) estimadas en terreno, en combinación con el formulario de clasificación de condición correspondiente a cada tramo y elemento.

Basados en el diseño de los formularios antes mencionados, se obtuvieron las siguientes nueve (9) hojas de inspección.

1) Formulario del Inventario

- Hoja 1 Información General
- Hoja 2 Detalles Estructurales
- Hoja 3 Fotografías

2) Form. de Clasificación de la Cond. del Puente, del Método de Reparación y Cubicaciones

- Hoja 4 Clasificación de la Condición (Superestructura)
- Hoja 5 Método de Reparación y Cubicaciones (Superestructura)
- Hoja 6 Clasificación de la Condición (Infraestructura)
- Hoja 7 Método de Reparación y Cubicaciones (Infraestructura)
- Hoja 8 Clasific. de la Condición y Método de Reparación/Cubicaciones (Accesorios)
- Hoja 9 Tabla de Códigos del Tipo de Daños, Grado/Clasific. y Tipo de Reparación.

Las hojas de inspección señaladas se llenaron con datos de ejemplo, y la pauta de uso se muestran en el Anexo I-1 (Volumen 3/8).

## (2) Método de Inspección

Los puentes fueron inspeccionados visualmente y la información de terreno fue recolectada de acuerdo con los formularios de inspección. Las herramientas de inspección usadas fueron cintas y cuerda (con un plomo) para medir, binoculares, y cámaras. Las condiciones de los puentes fueron inspeccionadas tramo por tramo y elemento por elemento. Los daños fueron anotados en los formularios mediante un código de daños que indica el tipo de daños y por los números de clasificación de condición, que indican el grado de los daños.

### 2.2.3 Sistema de Clasificación para la Condición del Puente

#### (1) Definición General del Sistema de Clasificación

En orden a estandarizar las diferentes condiciones de cualquier elemento del un puente, se recomendó un sistema de clasificación numérico para 5 categorías. Ver la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2 Sistema de Clasificación de la Condición de los Puentes**

Clasificación	Definición de la Condición del Puente
5	"Bueno, Nuevo o Como Nuevo", sin señal de daño o deterioro. No necesita reparación
4	"Funciona como Originalmente Diseñado", deterioro insignificante o daño que no reduce la capacidad de los elementos bajo inspección ni tampoco su capacidad de funcionamiento. Por ejemplo, una cantonera o apoyo que están corroídos, pero no han perdido ninguna efectividad en su resistencia y aún permiten movimientos requeridos. Reparaciones menores se pueden hacer para aliviar el daño o eliminar el deterioro.
3	"No Funciona como Originalmente fue Diseñado", deterioro serio (y/o daño), suficiente para reducir la capacidad estructural y funcional del elemento. Cuando esta clasificación se aplica a los elementos primarios, el puente debe tener por consiguiente, la carga de diseño máxima reducida. Reparaciones inmediatas deben hacerse para devolver a la estructura su capacidad de diseño.
2	"Potencialmente peligroso", tal clasificación de los elementos primarios implica que hay peligro de colapso bajo cualquier uso posterior de esta estructura, y el puente deberá ser cerrado al tránsito inmediatamente. Cuando dicha clasificación se aplique a los elementos secundarios, esto puede ser causa de accidentes de tránsito o peatonales y debe ser corregido inmediatamente.
1	"Peligroso", puente ya cerrado, los daños están más allá de la reparación, por el peligro inminente de colapso o ya colapsado. La estructura debe ser demolida.



## (2) Cómo Clasificar la Condición del Puente

### 1) Como Clasificar Cada Elemento:

La clasificación de las condiciones se realiza mediante una inspección visual a corta distancia (no sólo mirando a distancia usando binoculares), tramo por tramo y elemento por elemento. Los daños inspeccionados serán anotados en los formularios a través de un código que señala los tipos de daños y mediante los números de la clasificación de la condición que señalan el grado de daños. Las pautas de clasificación de elementos del puente están dadas en el **Anexo I-1 (Volumen 3/8)**.

La clasificación de la condición de un tramo o un elemento fue decidida tomando el peor número de clasificación de entre los daños anotados de los miembros principales del tramo o del elemento.

### 2) Como Clasificar Totalmente el Puente:

La clasificación de la condición del puente objetivo como un todo es determinado como sigue:

- ① Las estructuras del puente se dividen en elementos principales (elementos estructurales tales como las vigas, estribos/cepas, etc) y elementos secundarios (tales como el pavimento, cantoneras o juntas de expansión, pintura, etc). La losa de hormigón es generalmente considerada como un elemento principal. Sin embargo, la losa o tablero de madera es considerada como un elemento secundario porque pueden ser fácilmente reemplazados, parcial o totalmente.
- ② La peor clasificación entre las clasificaciones de los daños de un elemento principal deberá representar la clasificación del tramo o estribo/cepa.
- ③ El peor grado de clasificación entre las clasificaciones de todos los tramos, estribos/cepas de un puente, representa la clasificación de la condición de todo el puente.

La clasificación total de un puente se usará para calcular el índice de seguridad para la evaluación de su prioridad de rehabilitación y será una de las bases para la decisión de la acción de rehabilitación del puente.

## 2.2.4 Resultados de la Inspección de los Puentes del Estudio Modelo

### (1) Trabajo de Inspección

La inspección de 200 los puentes fue realizada por dos equipos en las regiones VIII, IX y X, desde el 30 Octubre al 5 de Diciembre de 1996. Cada equipo estaba constituido por dos ingenieros Japoneses especializados en puentes, un ingeniero del MOP de la región respectiva, y un interprete Inglés-Español.

### (2) Procedimientos de la Inspección

El trabajo de inspección fue realizado tomando los siguientes procedimientos.

#### 1) Ubicación del puente y datos administrativos

Antes de partir a terreno, se obtuvo la ubicación y datos generales del puente del inventario existente del MOP. Las ubicaciones de los puentes fueron marcadas en los mapas camineros y agrupados para preparar el programa de inspección.

#### 2) Condiciones geográficas y topográficas del río

Se observaron las condiciones topográficas de los alrededores del puente, clasificándolas como escarpado, montañoso o plano. Condiciones del río tales como meandros, obstáculos del flujo, maderos flotantes, tipo de lecho, velocidad del flujo, etc., fueron inspeccionados visualmente. El ancho de río fue medido en la ubicación del puente. La información sobre sismos ocurridos y niveles de crecidas fueron preguntados a los residentes locales.

#### 3) Tipo de puente

El tipo de puente fue clasificado por los materiales y el tipo estructural de los principales componentes del puente. Los materiales inspeccionados fueron la madera, el hormigón y el acero. El tipo de superestructura fue definido por el tipo de viga principal utilizada, clasificados como viga, reticulado o arco y mediante las condiciones de apoyo como, simple o continuamente apoyadas. El tipo de infraestructura fue definido por el tipo de cepa/estribo tales como columna, muro o marco. El tipo de fundación fue definido como dado de amarre (cimiento ensanchado) o pilotes.

#### 4) Dimensiones de la estructura del puente

Se utilizó cinta métrica para medir las estructuras del puente. Para aquellos elementos del puente que tenían un acceso difícil, sus dimensiones fueron estimadas visualmente. La longitud del puente fue

medida entre las caras frontales de los muros espaldar de ambos estribos. La altura de la infraestructura fue medida desde los asientos del puente hasta el nivel del suelo.

### 5) Daños

Los daños fueron inspeccionados visualmente a corta distancia. Donde el acceso era difícil se utilizaron binoculares. El tipo y magnitud de los daños fueron decididos en terreno según el criterio de los ingenieros. Para decidir el grado de los daños, se utilizaron las tablas de magnitudes de daños presentadas en la División III del Manual de Puentes (Volumen 6/8).

### (3) Resultados de la Inspección

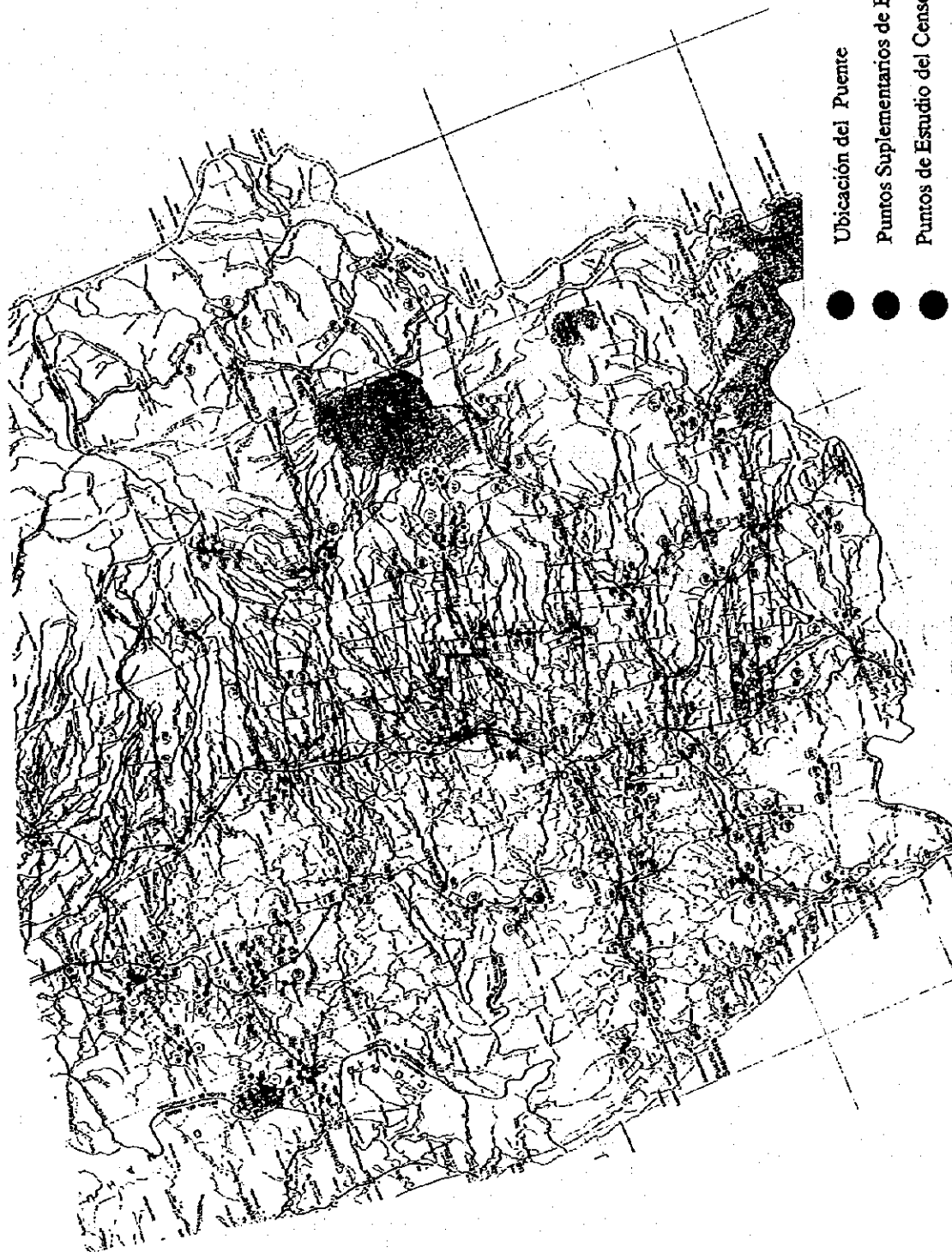
Los puentes inspeccionados por el Equipo de Estudio fueron 110 de la IX región, 50 de la X región y 40 de la VIII región, haciendo un total de 200 puentes, de los cuales sólo 193 fueron inspeccionados; los restantes 7 puentes no existían.

Las ubicaciones de los puentes inspeccionados se muestran en la Figura 2.5. La lista de los puentes inspeccionados y los resultados de la clasificación de condición se adjuntan en el Anexo I-2 (Volumen 3/8). Los resultados de la clasificación de condición de los puentes de la IX región (estudio modelo), están resumidos en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3 Resumen de la Clasificación de Condición de los Puentes de la IX Región**

Tipo de Puente	Clasificación de Condición					Total
	1(malo)	2	3	4	5(bueno)	
Puente de Madera	6	50	25	6	10	97
Puente de Hormigón	0	0	0	0	0	0
Puente de Acero	0	8	2	1	1	12
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>58</b>	<b>27</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>109</b>

Las observaciones de la ingeniería de los puentes inspeccionados es presentada en el siguiente Capítulo 2.2.5.



**Figura 2.5 Ubicación de los Puentes para el Plan de Rehabilitación**

## 2.2.5 Examen de la Ingeniería de los Puentes Inspeccionados

### (1) Tipo de estructura, Tramos/Longitud y Materiales.

- 1) Tipo de estructura: Los puentes inspeccionados están clasificados por los siguientes tipos de materiales de los elementos principales:

Tipo	Losa	Viga principal	Estribo/Cepa	Porcentaje
1.	Madera	Madera	Madera	62 %
2.	Madera	Madera	Hormigón o Acero(riel)	25 %
3.	Madera	Acero	Hormigón	10 %
4.	Hormigón	Hormigón	Hormigón	3 %
Total				100 %

- 2) Ancho de la calzada: Todos los puentes tienen sólo una calzada que varía entre los 2,0 y 5,5 m de ancho de solera a solera.

- 3) Condiciones de Apoyo: Casi todos los puentes están simplemente apoyados, excepto seis puentes de madera, tres de hormigón y dos puentes de acero tenían vigas continuas o estaban apoyados rígidamente.

- 4) Longitud de los tramos: Los rangos de las longitudes de los tramos de acuerdo al tipo de estructura y material son los siguientes:

- Vigas de madera  $3 < L < 18 \text{ m}$
- Vigas de madera (tipo Fink\*)  $16 < L < 26 \text{ m}$
- Viga de madera (marco rígido)  $30 < L < 35 \text{ m}$
- Vigas de acero  $7 < L < 35 \text{ m}$
- Vigas de hormigón  $10 < L < 20 \text{ m}$
- \* Puentes de madera reforzados con barras de acero (1,0-1,5 pulgadas de diámetro), actúa como cordón de tensión reticulado bajo la viga.

- 5) Puentes de longitud por sobre los 100 m:

Región	Puente N°	Nombre del Puente	Luz & Longitud	Tipo
IX	32	Medina	6 @ 28,3 = 170m	Vigas de acero I Simpl.A.
X	33	Naguilán	8 @ 20,0 = 160m	Vigas de acero I Simpl.A.
X	25	Quinchilca	7@ 20,1 = 141m	Vigas de Horm. Continua

6) Los puentes de madera de mayor longitud son:

Región	Puente N°	Nombre del Puente	Luz & Longitud	Tipo
X	16	Quilmo	10 @ 10,0 = 100m	Vigas Simpl. Apoyadas
X	86	Malleco	10 @ 9,2 = 92m	Vigas Simpl. Apoyadas
X	98	Lcaltad	7 @ 9,1 = 63,7m	Vigas Simpl. Apoyadas

Las siguientes fotografías muestran los típicos puentes inspeccionados.



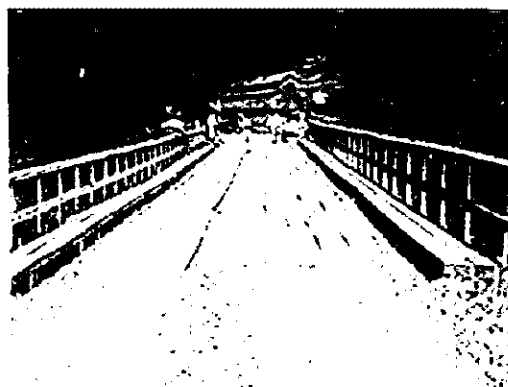
① Puente de madera (N°IX-26 Cruces)



② Puente de acero (N°X-04 Llamuco)



③ Puente de hormigón (N°X-01 San José N°1)



④ Tablero de madera (N°X-5 Quillén)

## (2) Puentes de Madera

Los puentes de madera son los más comunes en los caminos rurales de la zona centro sur de Chile, y han sido construidos no sólo por el MOP regional sino que también por empresas privadas (empresas forestales y dueños de fundos), quienes necesitan de caminos para transportar sus productos. Aunque el MOP tiene un diseño estándar simple para puentes de madera, la construcción de ellos no se ha

realizado necesariamente bajo un diseño estricto sino que preferentemente por la experiencia práctica y la disponibilidad de los materiales.

Los puentes de madera inspeccionados se caracterizan por lo siguiente:

- Longitud de tramos 3 ~ 18 m
- Número de vigas principales 4 ~ 6
- Altura de la viga 30 ~ 40 cm
- Espesor del tablero alrededor de 10 cm

Las características de los puentes de madera son:

- La construcción y reparación están basados en la experiencia y la mano de obra, no en un diseño estricto o equipos.
- Los métodos de reparaciones importantes son los reemplazos de la madera dañada o deteriorada.
- Los materiales utilizados son: el Coigüe y el Roble para las vigas, losas y tableros, y los Eucaliptos para vigas y cepas.

Había pudrición causada por hongos o moho debido a que la madera se encuentra en un ambiente húmedo, especialmente los elementos de la infraestructura, sin embargo no hay signos de ataque de insectos.

Los típicos puentes de madera inspeccionados se ilustran a continuación:

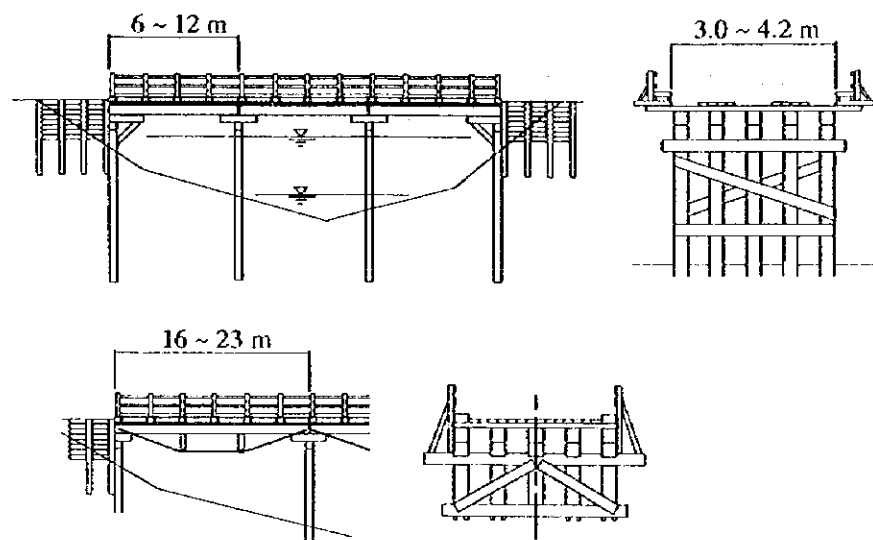


Figura 2.6 Puente de Madera Típico

### (3) Carga Límite

Alrededor del 60% de los puentes inspeccionados mostraban la señal del límite de carga. De acuerdo a los ingenieros del MOP, la carga límite es bajada en concordancia con el progreso del deterioro, la baja en la confiabilidad o por diseños sub-dimensionados. Los límites de carga de los puentes inspeccionados en la VIII, IX y X regiones fueron resumidas en la Tabla 2.4. Los límites de carga desconocidos de los puentes que no presentaban letreros de capacidad de carga fueron obtenidos del inventario de puentes existente.

**Tabla 2.4 Cargas Limitada de los Puentes**

(número de puentes)

Carga Límite	Puente de Madera	Puente de Acero	Puente de Hormigón	Total
2 ~ 6 ton	36	2	0	38
7 ~ 12 ton	126	11	0	137
13 ~ 18 ton	9	6	3	18
Total	171	19	3	193

Los puentes de madera de 2 ~ 6 toneladas de carga límite son aquellos que ya estaban severamente deteriorados, con sus fundaciones socavadas, los terraplenes erosionados alrededor de los estribos, o para puentes con tramos sobre los 10 m de longitud.

El volumen de tránsito es bajo pero el porcentaje de camiones que pasan es alto en los caminos rurales. Se produce mucha madera de los bosques de la zona centro sur, la que se transporta por los caminos rurales, lo que provocó que los caminos forestales se extendieran. En consecuencia, vehículos pesados, como los camiones y semi-trailers que llevan madera y equipos de construcción pasan por los puentes, aún si hay señales que indican una capacidad de carga menor.

Cuando un vehículo pesado pasa por un puente de madera, frecuentemente se observó una deflexión (flecha) anormal y un movimiento lateral. Los puentes de madera cuya longitud de tramos era inferior a los 8,0 m y que tenían 6 vigas estaban comparativamente en buenas condiciones, y parecían ser estables hasta para cargas de 12 toneladas de acuerdo a nuestras observaciones en terreno.



#### **(4) Problemas Generales de los Puentes**

Los siguientes problemas fueron los que se detectaron a partir de la inspección de puentes:

- Las sobrecargas son las que provocan más daños y deterioros en los puentes de madera.
- El movimiento lateral de los puentes de madera ocurre cuando los vehículos pasan y se debe a una insuficiencia de los arriostramientos y pérdida de elementos de unión en las cepas.
- Las barandas de madera sin soportes diagonales amenazan la seguridad de los peatones. Deberían ser instalados suficientes arriostramientos diagonales con pernos y tuercas.
- Se observó una distancia de 15cm desde el extremo de la viga hasta el borde de la mesa de apoyo de las vigas de acero, la cual es considerada insuficiente contra los sismos.
- Los apoyos de puentes (con rodillos de acero o placas) para vigas de acero y hormigón están severamente oxidados o deteriorados y no trabajan correctamente.
- En muchos puentes, las fundaciones y pilotes (rieles) están a poca profundidad, aún en corrientes rápidas. Por esta razón, la fundación de las cepas y estribos están socavadas en un grado considerable. Estas socavaciones deben ser corregidas y protegidos a la brevedad, usando gaviones, enrocados, etc.
- Los terraplenes alrededor de los estribos estaban erosionados. Especialmente la porción donde el apoyo de las vigas del puente está directamente sobre un terraplén, sin estribos, encontrándose en una seria condición. Esta erosión puede ser controlada usando rocas o piedras, gaviones con mallas de alambre o pilotes de madera.
- Los escombros y la vegetación alrededor de las cepas de puentes de múltiples tramos cortos, reducen el ancho del cauce considerablemente, que junto con el aumento de la velocidad conduce a una mayor socavación cerca de las cepas. Se necesita de trabajos ocasionales de mantenimiento para remover estos escombros.

#### **(5) Geografía y Condiciones del Río**

De oeste a este se encuentran las áreas de montañas, zonas planas u onduladas y la cadena montañosa de los Andes. La carretera Panamericana (Ruta 5) corre a través de la depresión longitudinal, entre ambas cadenas montañosas. El terreno donde se encuentran los caminos rurales es ondulado y escarpado en algunas áreas. Los caminos rurales son de 4,0 a 4,5 metros de ancho y sus superficies están cubiertas con grava o son de tierra.

Los ríos de las zonas montañosas fluyen en régimen de torrente a través de pendientes inclinadas, sus lechos son de roca, bolones, grava y capas de piedras volcánicas. Por otra parte, los ríos ubicados en zonas planas, onduladas o costeras, fluyen lentamente, y sus lechos suelen ser de arena o material

cenagoso. Todos los ríos son naturales y no están artificialmente controlados. No hay ríos con trabajos de conducción en las zonas visitadas.

Las industrias más importantes de la zona son del área agrícola y forestal, encontrándose además muchos recursos para el desarrollo turístico en los lagos y zonas montañosas del este. Los caminos rurales han servido a los agricultores y campesinos, los que transportan maderas y productos agrícolas, también a los turistas que tienen así un acceso a centros turísticos de pequeña escala.

## **2.2.6 Sistema Computadorizado de Inventario de Puentes**

### **(1) Propósito del Sistema de Inventario**

Para la planificación del puente, es necesario primero tomar el inventario y las condiciones actuales de los puentes. Sin embargo, debido a los puentes a ser rehabilitados son alrededor de mil, se propuso un sistema computadorizado de inventario. El sistema fue desarrollado no para la rehabilitación de los puentes para el Estudio sino que también para tomar ventaja de un exhaustivo sistema de inventario de puentes del MOP.

### **(2) Diseño del Programa**

El programa, como se muestra en la **Figura 2.7**, consiste de los siguientes tres sistemas:

[A] Sistema de Inventario,

[B] Sistema de Clasificación de Condición (incluyendo método de reparación y cubicación), y

[C] Sistema de Búsqueda.

Los sistemas [A] y [B] están basados en los formularios de inspección diseñados en el **Capítulo 2.2.2** precedente. En el sistema [C] fue agregado un programa de búsqueda para la compilación y análisis de los datos del inventario. El programa está basado en un sistema de base de datos que hace posible el ingreso de todos los datos y su búsqueda, utilizando una función que relaciona los datos.

### **(3) El Hardware del Computador**

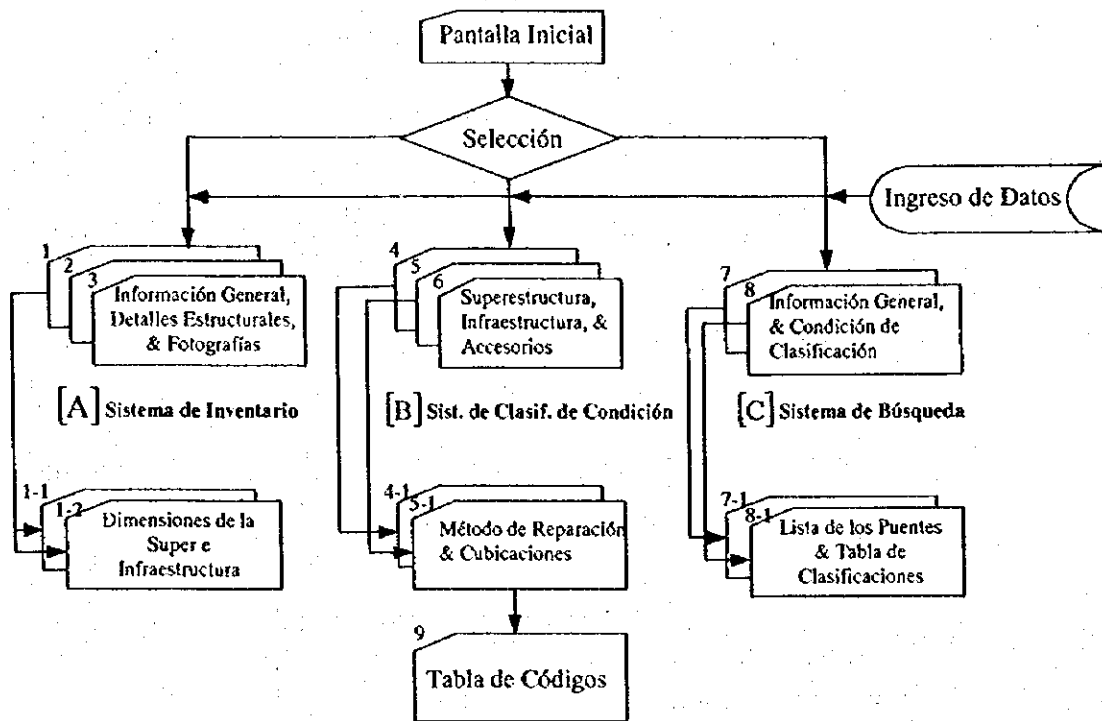
El Equipo de Estudio investigó el uso actual de computadoras en el MOP, decidiéndose por un computador IBM (DOS/V). El siguiente hardware fue seleccionado, todos los cuales estaban disponibles en Santiago:

- IBM Aptiva L53 (Memoria RAM = 32 MB, Disco Duro = 2,0 GB)
- Una impresora Cannon LBP 460
- Un Scanner Epson 1000 C: para ingresar fotografías y diagramas a la base de datos.
- Zip Drive (100 MB): para grabar los datos fuera del disco duro del computador.

### **(4) Software de Aplicación**

El siguiente software de aplicación fue seleccionado. Ellos estaban disponibles en Santiago:

- Microsoft -Windows95 como el sistema operativo
- Microsoft - Office7.0 Pro
- Microsoft - Access para Windows95, Incluyendo una Aplicación de Edición del Visual Basic



- |   |       |                                    |
|---|-------|------------------------------------|
| [1] Información General                   | [1]-1 | Dimensión de la Superestructura    |
|   | [1]-2 | Dimensión de la Infraestructura    |
| [2] Detalles Estructurales                |       |                                    |
| [3] Fotografías                           |       |                                    |
| [4] Condición de Clasif.- Superestructura | [4]-1 | Método de Reparación y Cubicación  |
| [5] Condición de Clasif.- Infraestructura | [5]-1 | Método de Reparación y Cubicación  |
| [6] Condición de Clasif.- Accesorios      |       |                                    |
| [7] Búsqueda de Información General       | [7]-1 | Lista de Puentes (Hoja de Informe) |
| [8] Búsqueda de Clasificación de Cond.    | [8]-1 | Tabla de Clasificación             |
| [9] Tabla de Códigos                      |       |                                    |

**Figura 2.7 Concepto del Programa de Inventario**

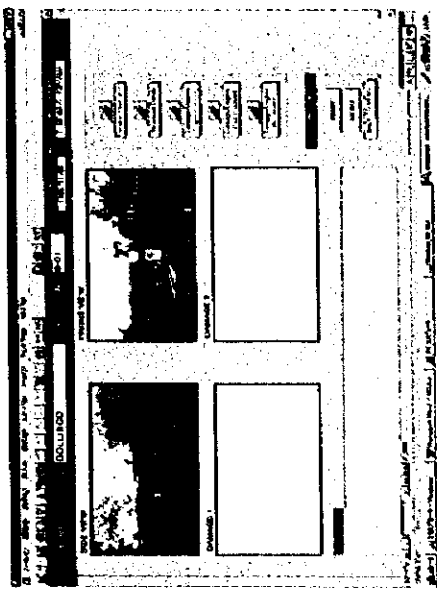
#### **(5) Registro de Datos y Sistema de Control**

- 1) Todos los datos del inventario son controlados por el número del puente, el cual es necesario para cada planilla de datos. El número del puente está formado por el N° de la región, seguido después por el N° del puente. Por ejemplo, el 'Puente 9-19' significa que está en la IX región y es el puente número 19.
- 2) Los mapas de ubicación, fotografías y diagramas son ingresados a través del scanner o cámara digital. El programa reconoce la mayoría de los softwares de aplicación de imágenes del mercado.
- 3) Los datos del puente son ingresados y grabados separadamente por regiones. Para almacenar los datos de un puente en el inventario se necesitan de alrededor de 1 MB, incluyendo mapas y fotografías. Para grabar los datos de una región, se puede usar un disco Zip de 198 MB de capacidad (esto se logra expandiendo la capacidad original de 100 MB del disco), considerando un máximo de 150 ~ 200 puentes objetivo en una región.

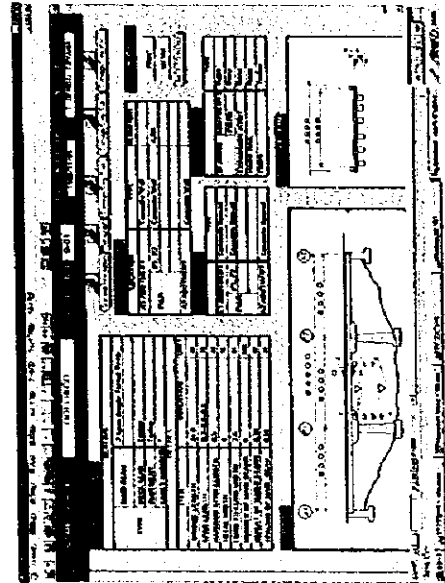
#### **(6) Programa de Inventario**

La Figura 2.8 muestra las principales pantallas del programa desarrollado, y los detalles y secuencias de operación del programa están dadas en el Anexo I-3 (Volumen 3/8).

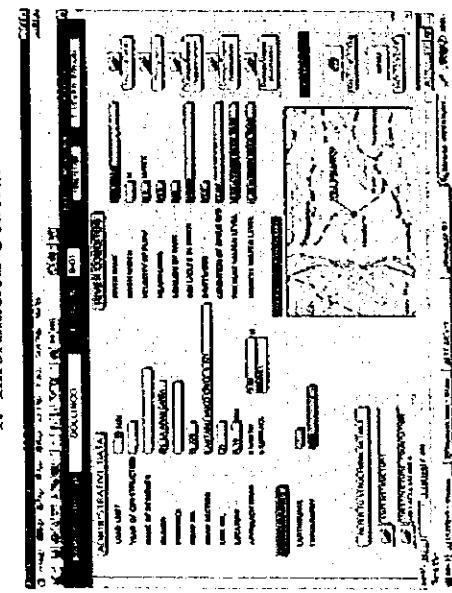
3. Fotografías



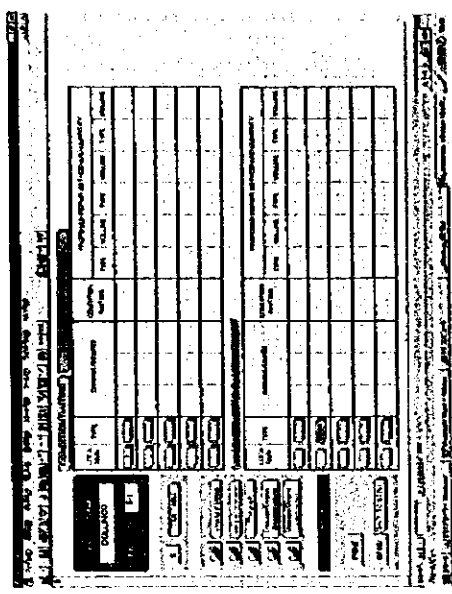
2. Detalles Estructurales



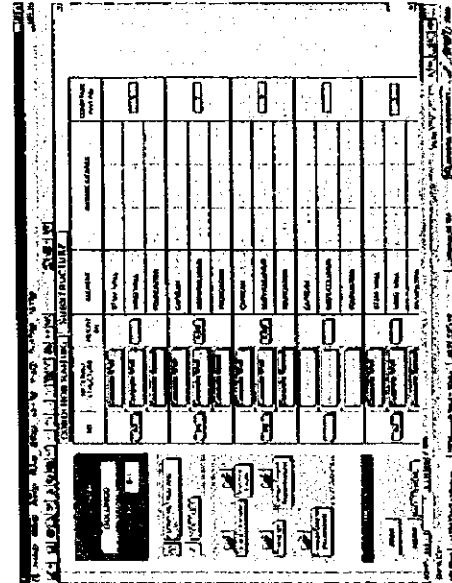
1. Información General



6. Clasificación de Condición de los Accesorios



5. Clasificación de Condición de la Infraestructura



4. Clasificación de Condición de la Superestructura

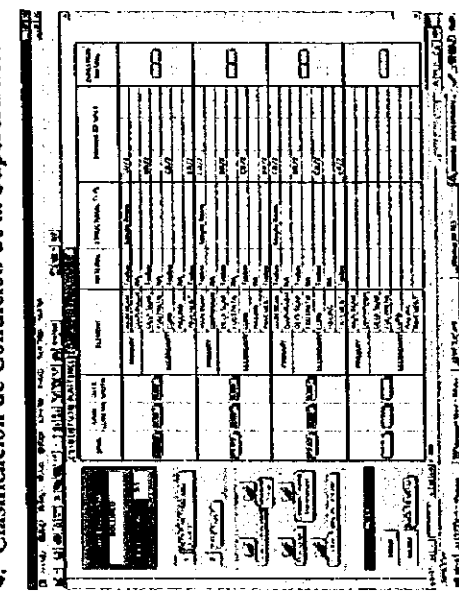


Figura 2.8 Principales Pantallas del Programa de Inventario

## 2.3 ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

### 2.3.1 Determinación del Marco Socioeconómico

El pronóstico de tendencias se hará hasta el año 2010 con los indicadores socioeconómicos que son considerados necesarios para definir volúmenes de tránsito actuales, pronosticar volúmenes de tránsito futuro en caminos (puentes), y una evaluación de la prioridad de rehabilitación, lo cual es un objetivo del plan de rehabilitación, a través de un marco de trabajo para dichas tendencias que será establecido.

Los tres siguientes indicadores socioeconómicos son proyectados en ambos niveles, regional y comunal.

- Población
- Producto Interno Bruto Regional (PIB)
- Número de propietarios de vehículos

### 2.3.2 Índices Socioeconómicos

#### (1) Población

Consideraremos la población debido a que el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) posee las proyecciones de la población separadas por regiones (región, provincia, comuna), hasta el año 2005, de manera que el trabajo aquí será limitado por la proyección hasta el año 2010.

Descrito a continuación está el procedimiento de proyección de la población para el año 2010 concerniente al país, región, provincia y comuna:

**PAÍS:** la población nacional de Chile para el año 2010 se proyectó por tendencias de serie de tiempo.

**REGIÓN:** se obtiene la contribución del valor de las tendencias de las series de tiempo de cada región, dentro del valor total de control, el cual fue proyectado arriba, como la población nacional y estimar así el valor en el año 2010 para cada región, basada en dicha contribución.

**PROVINCIA:** se obtiene la contribución del valor de las tendencias de las series de tiempo de cada provincia, dentro del valor total de control que fue proyectado arriba, como de cada región en el año 2010, basada en dicha contribución.

**COMUNA:** se obtiene la contribución de las tendencias de las series de tiempo de cada comuna, dentro del valor total de control que fue proyectado arriba, como el

valor de cada provincia, estimándose luego para el año 2010, el valor para cada comuna basada en dicha contribución.

La proyección de la población hasta el año 2005 realizada por el INE, y la proyección de la población al 2010, obtenido a través del procedimiento antes mencionado, son indicadas en la Tabla (1) del Anexo I-4 (Volumen 3/8), donde incidentalmente, sólo la IX región tiene una proyección separada por comuna.

## (2) Producto Interno Bruto Regional

Considerando el PIB, fue posible obtener sólo los siguientes datos durante el curso del Estudio:

- Datos de la división regional PIB para 1985-1992 (Fuente: Banco Central de Chile), Tabla 2.5.
- Datos nacionales del PIB (Fuente: INE) para 1990-1995.

**Tabla 2.5 PIB Dividido Regionalmente (1985-1992)**

Millones de pesos de 1986

REGIÓN	1985	1986	1987	1988	1989(*)	1990(*)	1991(*)	1992(*)
I	107.082	112.375	114.582	117.273	126.108	124.828	131.198	141.620
II	208.681	212.376	212.099	229.753	269.505	271.778	289.155	303.012
III	49.560	50.071	54.810	58.272	67.767	61.161	70.939	79.994
IV	74.610	79.169	80.288	96.791	102.041	102.791	108.367	115.995
V	295.097	300.824	310.875	343.720	376.451	380.935	397.111	423.096
RM	1,206.464	1,298.403	1,403.961	1,497.188	1,660.442	1,736.198	1,853.863	2,080.761
VI	169.210	184.696	191.299	194.569	198.524	204.748	207.054	228.128
VII	121.992	131.445	136.445	148.823	154.058	161.150	185.353	211.066
VIII	335.024	344.175	358.891	386.724	399.363	409.815	429.243	457.223
IX	71.635	71.720	80.930	90.208	94.714	94.790	99.083	103.825
X	114.469	122.892	134.588	139.859	148.562	161.988	164.561	171.461
XI	15.268	16.391	17.787	18.310	18.966	19.171	20.974	21.792
XII	99.314	100.767	10.6642	105.489	117.937	117.493	116.391	114.999
PIB Regionalizado	2,868.406	3,025.304	3,203.197	3,426.979	3,734.438	3,846.846	4,073.292	4,452.973
IV A, D <sup>2</sup> , de imp. V otros (**)	396.957	393.905	441.484	484.175	573.868	589.196	631.781	735.738
PIB País	3,238.003	3,419.209	3,644.681	3,911.154	4,308.306	4,436.042	4,705.073	5,188.711

Fuente: Banco Central de Chile

(\*) Cifras provisionales

(\*\*) Otros corresponde a Servicios en el exterior del sector Administración Pública

Utilizando los datos ya mencionado, la división regional del PIB fue estimada por el siguiente procedimiento en 1996, 2000, 2005 y 2010.

Utilizando los datos ya mencionado, la división regional del PIB fue estimada por el siguiente procedimiento en 1996, 2000, 2005 y 2010.



## PIB Nacional

- Como fue mencionado previamente, la economía chilena ha mostrado un crecimiento estable en los últimos 10 años, con el PIB creciendo en un promedio del 7,4% por año entre 1990 y 1995.
- Ya sea que la economía pueda o no sustentar este crecimiento, dependerá de las tendencias de la economía mundial. Pero, de acuerdo a cifras publicadas por el FMI, la constitución del capital v/s. la proporción restante del PIB está alrededor de un alto nivel, del 26%, para el período comprendido entre 1990 y 1995 y los ahorros v/s. la proporción del PIB, el cual ayuda a la constitución de capital, también continuó consistentemente alto, por sobre el 22% en el mismo período. Cuando el flujo de capital extranjero dentro del país es constante, se considera que el medio ambiente económico en Chile es conducente a un constante y seguro crecimiento en el futuro.
- Esta visión fue proporcionada por un analista económico de las Naciones Unidas (Cepal) en un intercambio de opiniones extraoficial. Por esta razón, basados en esta visión, la tasa anual futura de crecimiento de la economía de Chile se ha estimado como sigue:

1996-2000	Límite superior 6.0%	Límite inferior 4.0%
2000-2010	Límite superior 5.0%	Límite inferior 3.0%
- Para los propósitos de este estudio, los siguientes puntos intermedios de las cifras anteriores, serán utilizadas como tasa futura de crecimiento económico.

1996-2000	5,0%
2000-2010	4,0%
- Además, considerando la tasa de crecimiento en 1995-1996, ha sido adoptado el pronóstico central del 7%, publicado por el Banco Central de Chile

## PIB Regional

- Considerando la proyección de la distribución regional del PIB, ya que ninguna información relacionada al desarrollo regional y tendencias de crecimiento pudo ser obtenida, no hay mas alternativa que asumir que el desarrollo y crecimiento que ocurridos entre 1985 y 1992 continuarán iguales. Así, la futura división regional del PIB fue estimada por:
  - ① primero obteniendo los valores de las tendencias de series temporales entre 1985-1992 para cada región de la tabla 2.3.2 previamente dada (división regional del PIB para 1985-1992),
  - ② encontrando la contribución de cada región al valor de esta tendencia total y luego,

- ③ distribuyendo las cifras proyectadas del PIB nacional en el punto ① de acuerdo a esas contribuciones regionales.

Los valores futuros del PIB dividido por regiones que fueron proyectados a través de este procedimiento, están señalados en la Tabla (2) del Anexo 2.3.

### (3) Propietarios de Vehículos

Basado en información entregada por el INE entre 1990 y 1995, la proyección del número de propietarios de autos fue realizada para los años 2000, 2005 y 2010 por el método descrito abajo, clasificando a cuatro tipos de vehículos, automóvil (común), auto de carga (camioneta), buses y otros vehículos (otros).

#### Proyección Nacional Futura:

##### 1) Autos Comunes (Automóvil)

- Asumiendo que el propietario del auto común están en correlación al PIB dividido por la población, es decir, el PIB regional per capita. Los datos actuales del período 1990-1995 fueron usados para establecer y analizar una fórmula de correlación. Como resultado se obtuvo un coeficiente de correlación de 0,9897.
- Luego, por sustitución del valor de proyección más reciente del PIB y de la población en la fórmula de correlación, fue estimado el nivel futuro de autos comunes.

Fórmula de correlación:  $Y_t = 4,0 \times 10^5 (\text{PIB}_t / \text{Población}_t)^{1,2633}$

donde,  $R^2 = 0,9897$

$Y_t$  = Propietario automóvil en el año t

$\text{PIB}_t$  ; Población en el año t

$\text{Población}_t$  ; Población en el año t

##### 2) Vehículo de Carga (Camioneta)

- Asumiendo que un propietario de vehículo de carga (camioneta) está en correlación con el PIB, los datos actuales del período 1990-1995, fueron usados para establecer y analizar una fórmula de correlación. Como resultado se obtuvo un coeficiente de correlación de 0,9939.
- Luego, por sustitución del primer pronóstico de valor para el PIB dentro de la fórmula de correlación, fue estimado el nivel futuro de propietarios de vehículos de carga.

Fórmula de correlación:  $Y_t = 0,0005 (PIB_t)^{1,3338}$

donde,  $R^2 = 0,9939$

$Y_t$ : Propietario camioneta en el año t

$PIB_t$ : PIB en el año t

### 3) Buses

- Asumiendo que los propietarios de Buses están en correlación a la población, los datos actuales del período 1990-1995 fueron usados para establecer y analizar una fórmula de correlación. Como resultado se obtuvo el coeficiente de correlación de 0,9803.
- Luego por sustitución del primero de los valores de proyección para la población dentro de la fórmula de correlación, fue estimado el nivel futuro de propietarios de Buses.

Fórmula de correlación:  $Y_t = 8,0 \times 10^{-41} (\text{Población } t)^{6,2339}$

donde,  $R^2 = 0,9803$

$Y_t$ : Propietario bus en el año t

$\text{Población } t$ : Población en el año t

### 4) Otros Vehículos

- Considerando otros vehículos (motocicletas, etc.), el futuro propietario fue proyectado por la estimación de la tendencia de series de tiempo basado en datos actuales del período 1990-1995.

#### Proyección de la Futura División Regional

- Considerando la proyección del futuro propietario de todo tipo de vehículos por región, fueron obtenidos valores hipotéticos para el año 2000, 2005 y 2010, por la proyección de tendencias de series temporales, basados en la cifra actual de la división regional, desde 1990 a 1995, calculándose la contribución de cada región en cada uno de esos años.
- Siguiendo esto, y hablando del ya mencionado pronóstico nacional de propietarios de vehículos que se utiliza como valor total de control, este fue distribuido a lo largo de las regiones de acuerdo a cada contribución mencionada anteriormente, estimando el valor proyectado de la división regional.

### Proyección de la Futura División Comunal

- Con respecto a la distribución posterior de las proyecciones regionales entre las comunas, esto fue realizado haciendo estimaciones basadas en las contribuciones en términos de los actuales propietarios de vehículos de las comunas, dentro de las regiones, en 1995. (Esta estimación fue realizada sólo para la IX región).
- El valor de la proyección del futuro propietario de vehículo, obtenido a través del procedimiento antes mencionado están indicados en las tablas (3) y (4) del Anexo I-4 (Volumen 3/8).

## 2.4 ESTUDIO DEL TRÁNSITO

### 2.4.1 Procedimientos del Estudio

#### (1) Fuente de los Datos

El MOP realiza censos de tránsito cada dos años, siendo los últimos datos disponibles los del censo realizado en 1994. Un estudio suplementario de tránsito fue realizado por el Equipo de Estudio para complementar el censo de tránsito antes mencionado.

#### (2) Los objetivos del estudio de tránsito son:

- definir los "Sectores de Caminos (Road Link)" para el estudio de tránsito y agrupar a los puentes objetivos cercanos a éste, como una unidad, para el proyecto del plan de rehabilitación.
- estimación del volumen del tránsito en cada Tramo del Camino en el presente, y
- luego, obtener un indicador de la relación costo-beneficio, el cual es uno de los indicadores de evaluación para la prioridad de rehabilitación, donde el volumen de tránsito estimado representa un beneficio.

El tránsito de los caminos rurales tiene las siguientes características:

- Volumen de tránsito bajo y fluctuaciones por temporadas
- Tránsito esporádico y viajes cortos

Por lo tanto, cada región o comuna está definido como una zona independiente para el estudio de tránsito. No están considerados los flujos de entrada y salida desde/ hacia otras zonas.

El proceso del estudio del tránsito es ilustrado como sigue:

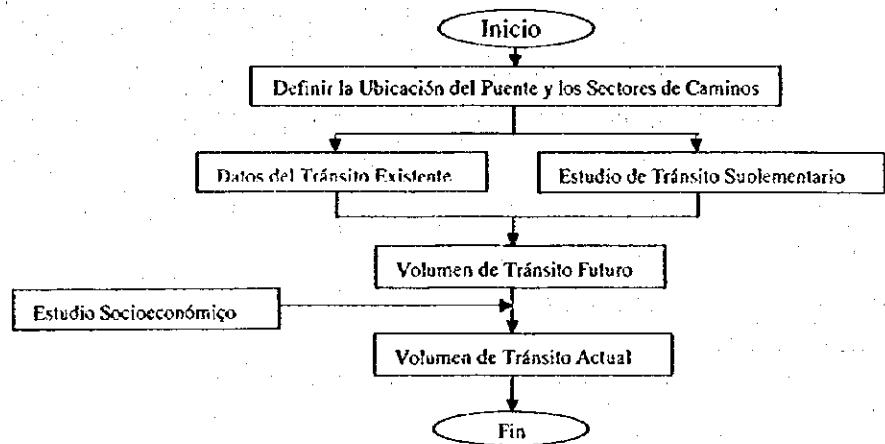


Figura 2.9 Proceso de Estudio de Tránsito

### **(3) Definición de la Ubicación de los Puentes y los Tramos de Camino**

El "Sector de Camino" (Road Link) es definido como una unidad elemental de la red de caminos entre dos intersecciones adyacentes y sin empalmes, donde se asume un tránsito uniforme.

La ubicación de puentes y de los Tramos de Caminos son definidos en el siguiente procedimiento:

- Paso 1 Preparación de un mapa caminero del MOP de una región (escala = 1/250000).
- Paso 2 Marcar la ubicación del puente en el mapa y definir los sectores de caminos.
- Paso 3 Marcar la existencia de puntos con datos de tránsito (censo de 1994) y definir Tramos de Caminos no cubiertos por el censo.
- Paso 4 Decidir los puntos para el estudio de tránsito suplementario.

La Figura 2.10 muestra el ejemplo del resultado del procedimiento antes mencionado para el modelo de estudio de la IX región.

#### **2.4.2 Estimación del Volumen de Tránsito Actual**

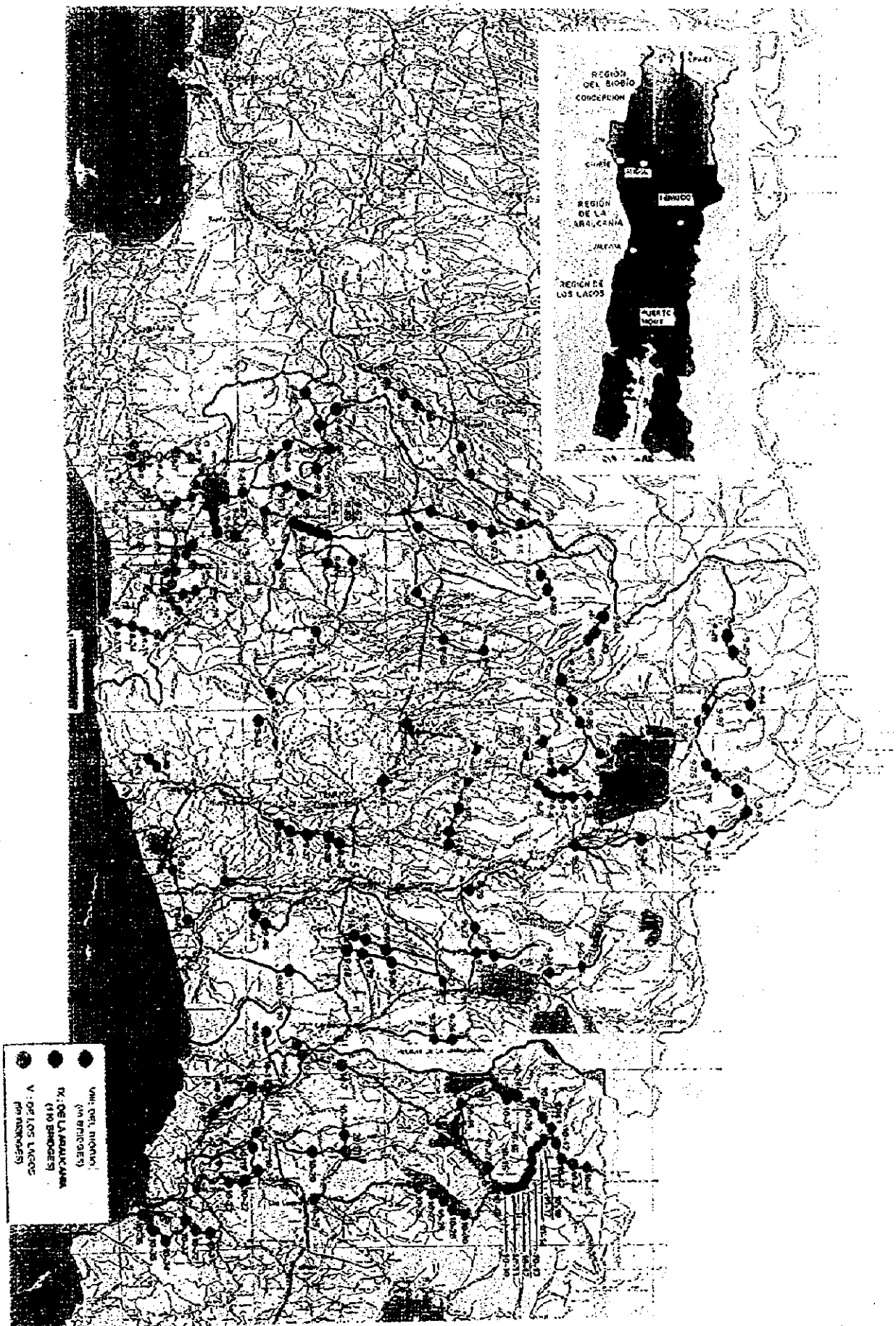
##### **(1) Datos Existentes de Tránsito**

Los datos existentes y utilizables están en los censos de tránsito de 1992 y 1994 realizados por el MOP. El censo ha sido realizado en tres períodos (verano, invierno y primavera), y cada dos años, en las intersecciones de los principales caminos en todo el país, para siete tipos de vehículos: sedan, camiones pequeños, camiones de 2 ejes, sobre 2 ejes, semi-remolque, remolque, bus y taxi. Las partes principales del censo son los datos de 12 horas de tránsito. Están dados también los datos de 24 horas de tránsito, y de la razón o tasa del tránsito de 12 a 24 horas en distintos puntos en cada región.

De acuerdo con el censo, se obtuvieron los siguientes datos de tránsito:

- Dato del tránsito de 12 horas, de siete tipos de vehículos en los cuatro períodos de 1994.
- Relación del tránsito de 12 a 24 horas (denominado como razón 12/24) en 1994.
- Relación del tránsito promedio estacional -a- anual (denominado razón E/A) en 1994.
- tasa de incremento del tránsito desde 1992 a 1994.

Los datos de tránsito del censo de los siete tipos de vehículos están resumidos en tres tipos de vehículos, autos de pasajeros, camiones y buses/taxis. Los volúmenes de tránsito del censo de 1994 son transformados a cifras actuales de 1996 multiplicando por la tasa de incremento del tránsito ocurrido de 1992 a 1994. El dato de tránsito de 12 horas será modificado a 24 horas de tránsito (diario), multiplicando por la razón 12/24 al tránsito de 12 horas. El dato de tránsito diario (24 horas) en los tres períodos, están promediados para así convertirlos en un promedio anual de tránsito diario (en adelante denominado como TMDA).



● VMS: PUNTO MONTT  
 ○ DE LA ARAUCANIA  
 (EN BRIDGES)  
 ○ DE LOS LACOS  
 (EN BRIDGES)

Figura 2.10 Ubicación de Puentes, Sectores de Camino, Censos de Tránsito y Ptos. de Estudio

## **(2) Estudio Suplementario de Tránsito**

En los puntos definidos en el Paso 4, el estudio suplementario de tránsito fue realizado de la siguiente manera:

- Los tipos de vehículo son auto de pasajero, bus y taxi/bus.
- El tránsito de 12 horas fue tomado entre las 7:00 y las 19:00 horas en días hábiles.

Los resultados del estudio de tránsito suplementario (estacional y datos de 12 horas) son convertidos a TMDA aplicando la razón 12/24 y la razón E/A del censo de 1994.

## **(3) Resumen del Volumen de Tránsito Actual**

En la Tabla 2.6, están resumidos el TMDA actual (1996) de la IX región, obtenido de dos fuentes, del censo de tránsito (1994) y del estudio suplementario de tránsito.



**Tabla 2.6 Volumen de Tránsito Presente en el Modelo de Estudio (IX) Región (1996)**

Tipo de Vehículo: A= Automóvil, B = Camión, C =Bus/Taxi

Fuente de Datos: Cen.i=Punto I de Censo(1994), Sup.i=Punto I de Estudio Suplementario

(número de vehículos)

Sector Camino N°	Puente No.	Volumen de Tránsito en 12 hr				Fuente del Dato	Volumen Tránsito 24hr			TMDA(1996)		
		A	B	C	A		B	C	A	B	C	
1	74	3	44	3	Sup.1	4	60	4	4	56	4	
2	92	3	44	3	Sup.1	4	60	4	4	56	4	
2	93											
3	86	3	44	3	Sup.1	4	60	4	4	56	4	
4	98	1.626	245	189	Sup.2	2.309	333	253	2.168	313	238	
5	67	3	27	4	Sup.3	4	37	5	4	34	5	
5	68											
6	51	3	34	0	Sup.6	4	46	0	4	43	0	
7	50	3	34	0	Sup.6	4	46	0	4	43	0	
8	70	2	123	2	Sup.5	3	167	3	3	157	3	
9	69	1	120	2	Sup.5	1	163	3	1	153	3	
10	59	2	15	0	Sup.9	3	20	0	3	24	0	
10	61											
10	62											
11	58	2	15	0	Sup.9	3	20	0	3	24	0	
11	60											
12	79	4	46	3	Sup.7	6	63	4	7	75	5	
13	52	4	46	3	Sup.7	6	63	4	13	146	9	
13	53											
13	54											
13	55											
14	100	30	45	2	Cen.16				34	51	2	
15	56	7	98	3	Sup.10	10	133	4	12	159	5	
16	95	13	49	1	Cen.23				15	56	1	
17	66	6	110	1	Sup.11	9	150	1	10	178	2	
18	47	42	105	7	Cen.21				48	120	8	
19	71	106	214	9	Sup.12				121	244	10	
20	72	3	42	1	Sup.12	4	55	1	4	58	1	
21	73	3	42	1	Sup.12	4	55	1	4	58	1	
22	63	1	10	0	Sup.17	1	13	0	4	33	0	
22	64											
23	80	22	29	0	Sup.14	31	38	0	24	30	0	
24	65	2	24	11	Sup.15	3	31	14	5	57	24	
25	57	8	95	13	Sup.16	11	125	16	20	224	29	
26	81	6	97	0	Sup.18	8	127	0	9	142	0	
27	82	0	4	0	Sup.46	0	5	0	0	6	0	
27	83											
28	84	0	4	0	Sup.46	0	5	0	0	6	0	
28	87	1	5	0	Sup.19	1	7	0	2	7	0	
29	88											
30	89	1	5	0	Sup.19	1	7	0	2	7	0	
31	78	10	119	2	Sup.13	14	156	2	74	830	13	
32	45	58	100	8	Cen.36				67	114	10	
33	13	58	100	8	Cen.36				67	114	10	
34	12	58	100	8	Cen.36				67	114	10	
35	1	5	110	5	Sup.22	8	127	5	16	272	11	
35	2											
36	3	3	28	0	Sup.23	4	38	0	8	81	0	
37	90	1	11	2	Sup.24	1	15	2	1	12	2	
38	91	1	9	2	Sup.24	1	12	2	1	10	2	
39	10	59	100	2	Cen.58				67	114	2	
39	11											
40	4	22	61	0	Cen.58				25	70	0	
40	5											
40	6											

41	7	1	5	0	Sup.41	1	7	0	1	7	0
42	8	1	5	0	Sup.41	1	7	0	1	7	0
42	9										
43	101	33	59	3	Cen.56				38	67	3
44	102	2	32	2	Sup.26	2	43	2	2	31	2
45	31	1	10	0	Sup.27	1	14	0	1	10	0
46	30	1	17	1	Sup.27	1	23	1	1	16	1
47	35	63	139	20	Cen.8				72	158	23
48	36	10	123	11	Sup.29	13	167	13	11	143	11
49	37	4	48	8	Sup.29	5	65	9	4	56	8
49	38										
50	39	10	108	13	Sup.28	13	146	15	11	125	13
51	99	8	80	6	Sup.31	13	121	14	24	221	25
52	43	7	99	7	Sup.45	11	90	6	11	95	7
53	42	8	96	4	Sup.45	9	111	7	10	118	8
54	44	8	80	6	Sup.31	11	108	4	21	210	8
55	46	12	129	11	Sup.31	11	90	6	21	175	12
56	15	3	35	0	Sup.35	16	145	12	14	129	10
56	16										
57	17	4	45	4	Sup.35	5	54	5	5	48	5
58	18	12	144	9	Sup.33	16	173	12	14	154	11
59	19	7	89	1	Sup.34	9	107	1	8	95	1
59	20										
60	29	50	75	6	Cen.69				57	86	7
61	22	2	37	2	Sup.36	3	44	3	6	101	6
62	24	10	119	20	Sup.37	14	143	26	31	324	60
63	21	14	161	24	Sup.37	19	194	32	43	438	72
64	32	3	46	5	Sup.39	4	55	7	6	87	10
65	34	3	36	0	Sup.40	4	43	0	6	68	0
66	33	3	25	1	Sup.47	4	30	1	6	47	2
66	85										
67	77	2	14	0	Sup.47	3	17	0	26	161	0
68	75	2	14	0	Sup.47	3	17	0	26	161	0
68	76										
69	96	3	34	0	Sup.20	4	41	0	39	391	0
69	97										
70	94	11	103	1	Sup.21	15	124	1	142	1,185	13
71	48	11	103	1	Sup.21	15	124	1	142	1,185	13
71	49										
72	23	78	99	17	Cen.77				89	113	19
73	28	6	65	0	Sup.38	8	78	0	39	372	0
74	27	6	65	0	Sup.38	8	78	0	39	372	0
75	25	45	141	10	Cen.75				51	161	11
75	26										
76	103-110	3	28	2	Sup.32	4	34	3	4	36	3
77	40	18	242	6	Sup.44	24	291	8	38	450	12
77	41										
78	14	2	34	0	Sup.25	3	41	0	3	48	0

### 2.4.3 Proyección del Volumen de Tránsito Futuro

#### (1) Uso de los Datos Socioeconómicos (población y número de propietarios de vehículos)

Para la formulación de la proyección de tránsito futuro, se asumió que:

- Para el tránsito privado y comercial (vehículo de pasajero y camión) la demanda se incrementará en proporción al crecimiento del número de propietarios de vehículos de la comunidad, considerando las características del tránsito de los caminos rurales como se mencionó anteriormente.
- Para el tránsito público (bus/taxi) la demanda se incrementará en proporción al crecimiento de la población de la comunidad.

La proyección fue hecha sobre la base del TMDA (1996) estimado en el **Capítulo 2.4.2** anterior, multiplicando la relación del aumento de la población y del número de propietarios de vehículo desde 1996 hasta el 2005.

La población y el número de propietarios de vehículos para cada región de los años 1996 y 2005, están dados en el **Capítulo 2.3** de este informe. Dichos datos, a nivel de comuna o distrito, pueden ser obtenidos desglosando el dato regional, siguiendo el método explicado en la sección. Un ejemplo de desglose de los datos a nivel de comuna está dado para la IX región.

La fórmula aplicada para la proyección es:

Para vehículo de pasajeros y camión

$$\text{TMDA (2005)} = \text{TMDA (1996)} \times \frac{\text{Número de Propietario de Vehículo (2005)}}{\text{Número de Propietario de Vehículo (1996)}}$$

Para bus/taxi

$$\text{TMDA (2005)} = \text{TMDA (1996)} \times \frac{\text{Población (2005)}}{\text{Población (1996)}}$$

#### (2) Resumen del Volumen de Tránsito Actual

En la **Tabla 2.7** se resumió el TMDA futuro (año 2005) de la IX región. En ésta, el aumento de la población en la mayoría de las comunas es insignificante, de modo que el TMDA del año 2005 de buses/taxis aparece inalterado con respecto al de 1996.

**Tabla 2.7 Volumen de Tránsito Futuro en la (IX) Región Modelo del Estudio (2005)**

Tipo de Vehículo: A = Automóvil . B = Camión. C = Bus/Taxi

(número de vehículos)

Sector Canino N°	Puente No.	Número de Propietarios de Vehículos (1996)			Número de Propietarios de Vehículos (2005)			Razón entre el Número de Propietarios 2005/1996	TMDA (1996)			TMDA (2005)		
		A	B	A+B	A	B	A+B		A	B	C	A	B	C
1	74	13	17	30	19	27	46	1.52	4	56	4	6	86	4
2	92	22	17	39	35	30	65	1.64	4	56	4	7	92	4
2	93	22	17	39	35	30	65	1.64				0	0	
3	86	51	39	90	79	69	148	1.64	4	56	4	7	92	4
4	98	43	33	76	67	58	125	1.64	217	2.181	238	356	3.575	238
5	67	56	43	100	88	76	164	1.64	4	34	5	7	57	5
5	68	56	43	100	88	76	164	1.64				0	0	
6	51	37	50	87	55	84	139	1.61	4	43	0	6	70	0
7	50	97	131	228	145	221	366	1.61	4	43	0	6	70	0
8	70	23	31	55	35	53	88	1.61	3	157	3	4	252	3
9	69	47	63	110	70	106	176	1.61	1	153	3	2	246	3
10	59	17	30	19	29	49	1.61	3	24	0	5	39	0	
10	61	17	30	19	29	49	1.61				0	0		
10	62	17	30	19	29	49	1.61				0	0		
11	58	36	49	85	54	83	137	1.61	3	24	0	5	39	0
11	60	36	49	85	54	83	137	1.61				0	0	
12	79	85	78	163	126	120	245	1.51	7	75	5	10	112	5
13	52	15	14	28	22	21	43	1.51	13	146	9	20	220	9
13	53	47	43	91	70	67	137	1.51				0	0	
13	54	47	43	91	70	67	137	1.51				0	0	
13	55	47	43	91	70	67	137	1.51				0	0	
14	100	11	11	22	17	16	33	1.51	34	51	2	52	77	2
15	56	17	23	39	25	38	63	1.61	12	159	5	19	255	5
16	95	5	7	12	8	12	19	1.61	15	56	1	24	90	1
17	66	5	7	12	8	12	19	1.61	10	178	2	16	286	2
18	47	40	49	90	57	78	135	1.51	48	120	8	72	180	8
19	71	36	44	81	51	70	121	1.51	121	244	10	182	367	10
20	72	28	34	62	40	54	94	1.51	4	58	1	7	88	1
21	73	14	17	31	20	27	47	1.51	4	58	1	7	88	1
22	63	28	25	53	39	42	81	1.52	4	33	0	5	50	0
22	64	8	10	18	12	16	28	1.51				0	0	
23	80	18	16	34	25	27	52	1.52	24	30	0	36	45	0
24	65	109	100	209	154	165	319	1.52	5	57	24	8	86	24
25	57	161	148	309	227	244	471	1.52	20	224	29	30	340	29
26	81	43	53	96	62	86	148	1.54	9	142	0	14	219	0
27	82	9	11	19	13	17	30	1.54	0	6	0	0	9	0
27	83	9	11	19	13	17	30	1.54				0	0	
28	84	9	11	19	13	17	30	1.54	0	6	0	0	9	0
29	87	18	22	40	26	35	61	1.54	2	7	0	2	11	0
29	88	18	22	40	26	35	61	1.54				0	0	
30	89	18	22	40	26	35	61	1.54	2	7	0	2	11	0
31	78	44	48	92	64	79	143	1.55	74	830	13	114	1.283	13
32	45	18	26	44	25	42	67	1.53	67	114	10	102	174	10
33	13	71	67	139	115	123	238	1.71	67	114	10	114	196	10
34	12	71	67	139	115	123	238	1.71	67	114	10	114	196	10
35	1	140	126	266	202	207	409	1.54	16	272	11	25	418	11
35	2	140	126	266	202	207	409	1.54				0	0	
36	3	49	45	94	70	68	139	1.47	8	81	0	11	119	0
37	90	12	11	23	18	18	36	1.54	1	12	2	1	18	2
38	91	12	11	23	18	18	36	1.54	1	10	2	1	15	2
39	10	19	17	36	27	26	52	1.47	67	114	2	99	168	2
39	11	19	17	36	27	26	52	1.47				0	0	
40	4	19	17	36	27	26	52	1.47	25	70	0	37	103	0
40	5	19	17	36	27	26	52	1.47				0	0	
40	6	19	17	36	27	26	52	1.47				0	0	
41	7	19	17	36	27	26	52	1.47	1	7	0	2	11	0
42	8	19	17	36	27	26	52	1.47	1	7	0	2	11	0
42	9	19	17	36	27	26	52	1.47				0	0	
43	101	73	66	139	104	101	204	1.47	38	67	3	55	99	3
44	102	46	42	88	66	64	130	1.47	2	31	2	2	45	2

45	31	46	42	88	66	64	130	1.47	1	10	0	1	14	0
46	30	21	19	40	30	31	61	1.51	1	16	1	1	25	1
47	35	111	114	225	157	179	337	1.49	72	158	23	107	237	23
48	36	111	114	225	157	179	337	1.49	11	143	11	16	213	11
49	37	100	96	196	155	168	323	1.65	4	56	8	7	92	8
49	38	100	96	196	155	168	323	1.65				0	0	
50	39	71	67	139	115	123	238	1.71	11	125	13	19	215	13
51	99	3	11	14	5	17	22	1.55	24	221	25	38	343	25
52	43	16	51	66	22	81	103	1.55	11	95	7	18	148	7
53	72	41	133	173	56	213	269	1.55	10	118	8	15	183	8
54	44	85	98	183	142	185	327	1.79	21	210	8	37	376	8
55	46	85	98	183	142	185	327	1.79	21	175	12	37	313	12
56	15	16	18	33	22	28	49	1.48	14	129	10	21	192	10
56	16	16	18	33	22	28	49	1.48				0	0	
57	17	35	41	76	49	63	113	1.48	5	48	5	7	72	5
58	18	66	75	141	92	118	210	1.48	14	154	11	21	229	11
59	19	66	75	141	92	118	210	1.48	8	95	1	13	142	1
59	20	12	14	26	17	21	38	1.48				0	0	
60	29	81	73	155	117	118	234	1.51	57	86	7	86	129	7
61	22	58	35	93	85	56	141	1.52	6	101	6	9	153	6
62	24	43	26	68	63	41	104	1.52	31	324	60	46	493	60
63	21	130	77	207	190	125	315	1.52	43	438	72	65	666	72
64	32	70	88	158	110	114	254	1.61	6	87	10	10	139	10
65	34	58	76	134	92	126	218	1.62	6-68	0	10	110	0	
66	33	16	33	49	20	53	73	1.49	6	47	2	9	70	2
66	85	16	33	49	20	53	73	1.49				0	0	
67	77	16	33	49	20	53	73	1.49	26	161	0	39	240	0
68	75	24	51	75	31	81	112	1.49	26	161	0	39	240	0
68	76	24	51	75	31	81	112	1.49				0	0	
69	96	9	19	29	12	31	43	1.49	39	391	0	58	583	0
69	97	9	19	29	12	31	43	1.49				0	0	
70	94	5	10	15	6	16	22	1.49	142	1.185	13	212	1.767	13
71	48	9	19	27	11	29	41	1.49	142	1.185	13	212	1.767	13
71	49	9	19	27	11	29	41	1.49				0	0	
72	23	104	62	166	152	100	252	1.52	89	113	19	135	172	19
73	28	22	13	35	31	23	54	1.55	39	372	0	60	578	0
74	27	81	51	132	118	86	204	1.55	39	372	0	60	578	0
75	25	118	70	188	172	113	286	1.52	51	161	11	78	245	11
75	26	118	70	188	172	113	286	1.52				0	0	
76	103-110	20	24	44	29	38	67	1.50	4	36	3	6	54	3
77	40	28	45	73	40	74	114	1.55	38	450	12	58	697	12
77	41	28	45	73	40	74	114	1.55				0	0	
78	14	35	32	67	50	49	99	1.47	3	48	0	5	70	0

## 2.5 COSTOS DE LA REHABILITACIÓN

### 2.5.1 Política de Rehabilitación

#### (1) Definición de la Acción Administrativa de Puentes

Para discutir el criterio y la política de rehabilitación, es necesario definir los siguientes términos usados habitualmente:

- **Mantenimiento:** se refiere a los trabajos que se realizan para preservar la capacidad de carga proyectada del puente y la seguridad del público que lo usa.
- **Reparación:** se refiere a trabajos de mayor escala que los de mantenimiento, cuyas metas son las de restaurar el puente al nivel de servicio que originalmente tenía o que pretendía tener.
- **Reforzamiento:** se refiere al mejoramiento de la capacidad de carga existente y/o de la geometría del puente más allá del nivel del que originalmente tenía. 'Aumentar la capacidad de carga' y 'ensanchar la losa' están incluidos aquí.
- **Reconstrucción:** se refiere al reemplazo de todo el puente, ya que el costo y/o la extensión de las reparaciones o reforzamientos quizás estén más allá de los límites económicos o técnicos.

#### (2) Política de Rehabilitación

En principio, la decisión de rehabilitación (la cual puede variar desde la "no acción", a la "acción provisoria", "reforzamiento", o un "desplazamiento completo") de un puente podría ser alcanzada mediante un análisis de costo-beneficio. Sin embargo, esta aproximación es demasiado elaborada y demuestra ser muy laboriosa para la de rehabilitación de puentes rurales de pequeña escala pero en gran cantidad. Un simple criterio para la toma de decisiones es, por lo tanto, recomendado en este Estudio basados en los datos del inventario de puentes.

##### 1) Para puentes de madera existentes

Las acciones básicas son las siguientes:

- Mantener las estructuras existentes con un costo mínimo para lograr la funcionalidad de los tramos pero no realizar reparaciones mayores o reforzamientos incurriendo en gastos para prolongar sus vidas útiles.
- Entonces, en aproximadamente 10 años, reconstruirlos con estructuras permanentes, sin utilizar nuevamente madera.
- Evitar el reemplazo parcial o por etapas con estructuras permanentes.

Las contramedidas por la clasificación de las condiciones son:

- Los puentes clasificados como '1-peligrosos' deberían ser totalmente demolidos y reconstruidos con una estructura permanente e. Las condiciones de tales puentes están más allá del nivel de reparaciones.
- Los puentes clasificados como '2-potencialmente peligrosos' deberían ser cerrados al tránsito para evitar posibles fallas o colapso. Para reanudar el tránsito, estos puentes necesitan extensos trabajos de reparación o reforzamiento, siendo los costos de reparación usualmente son altos. Por lo tanto, la opción de reconstrucción total, es decir, una estructura permanente puede ser tal vez económicamente factible.
- Los puentes clasificados como '3-no funciona como originalmente diseñado' deberían repararse sin demora mediante el reemplazo de los elementos dañados para recuperar la capacidad de carga de diseño, y mantenerlos con un costo mínimo hasta que ellos lleguen a estar totalmente deteriorados. Entonces, reconstruir una estructura permanente. Si el costo de reparación que se requiere llega a un 40% o más respecto del costo de reconstrucción, de acuerdo a la experiencia del MOP, entonces es preferible la reconstrucción.
- Los puentes clasificados como '4-funcionan como originalmente diseñado' no necesitan reparaciones importantes, siendo quizás necesario sólo de reparaciones menores para eliminar deterioros locales. Los puentes deberán ser observados de manera de mantener la presente condición tanto como sea posible con un costo mínimo.
- Los puentes clasificados como '5-buenos, nuevos o como nuevos' no necesitan de acciones de reparación por ahora.

Aún en los puentes clasificados ahora con un '4' o '5', al cabo de 10 a 15 años, en el caso de puentes de madera, inevitablemente se deteriorarán y tendrán que ser reconstruidos. Por lo tanto, para la rehabilitación de puentes de madera, el esquema o plan de rehabilitación de reconstrucción es considerado como la solución final esperada, a pesar de la condición presente del puente.

## 2) Para puentes de hormigón y acero existentes

Las acciones básicas son las siguientes:

- Mantener las estructuras existentes mediante reparaciones tanto como ellas puedan sostener sus funciones actuales (ancho y capacidad de carga) de manera de economizar en los costos de rehabilitación.

- Para los puentes con anchos y capacidades de carga insuficiente, el esquema de reconstrucción es recomendado antes que el de reforzamiento. La reconstrucción de tales puentes deberá realizarse de acuerdo a su prioridad y de los puentes con las peores clasificaciones. Actualmente, la mayoría de los puentes existentes de hormigón o acero seleccionados para el plan de rehabilitación son viejos (cerca de 40 a 50 años desde su construcción), angostos (sólo una pista y de menos de 4m), y de capacidades de carga inciertas.

Las contramedidas por la clasificación de las condiciones son:

- Los puentes clasificados como '1-peligrosos' deberán ser inmediatamente demolidos y reemplazados con una estructura nueva. Las condiciones de tales puentes están más allá del nivel de reparaciones.
- Los puentes clasificados como '2-potencialmente peligrosos' deberían cerrarse al tránsito por el alto riesgo de colapso. Para reanudar el tránsito, los puentes necesitan extensos trabajos de reparación o reforzamiento pero en la mayoría de los casos estos serán difíciles y costosos si se quiere restaurar el puente a su capacidad de carga original. Por lo tanto, la acción recomendada es la de reconstruir tales puentes más que realizar difíciles trabajos de reparación.
- Los puentes clasificados como '3-no funcional como originalmente fueron diseñados' deberían ser reparados para no empeorar su condición actual y así recobrar la capacidad de carga. Sin embargo, en caso de que los costos de reparación estimados sean altos y la expectativas de vida de las estructuras reparadas no superen los 10 a 15 años, la opción de una reconstrucción total podría ser una elección económicamente lógica. Si los puentes no tienen un ancho y una capacidad de carga suficiente, esta última elección es aún más significativa.
- Los puentes clasificados como '4-funcionan como originalmente diseñado' no necesitan reparaciones importantes por el momento, siendo quizás necesario sólo de reparaciones menores para eliminar deterioros locales. Tales puentes deberían ser observados de manera de mantener la presente condición tanto como sea posible. Si el ancho y la capacidad de carga de estos puentes no son suficientes para el tránsito actual, la acción de reconstrucción se tomará en cuenta para un plan de rehabilitación futuro.
- Los puentes clasificados como '5-buenos, nuevos o como nuevos' no necesitan de acciones de reparación. Tales puentes considerados 'como nuevos' se usarán por un tiempo, aún si estos no tienen un ancho y una capacidad de carga suficiente, de manera de evitar un doble costo de rehabilitación.



Para la rehabilitación de los puentes hormigón y acero existentes se consideraron los siguientes puntos:

- Como es generalmente conocido, debido a la durabilidad de sus materiales, los puentes de hormigón o acero poseen una vida de servicio (de más de 50 años dependiendo del tipo de estructura y de su mantenimiento) más prolongada que la de los puentes de madera.
- Durante estas prolongadas vidas de servicio, las necesidades de rehabilitación surgen no sólo de deterioro estructural sino que también en muchos casos del cambio de las condiciones socioeconómicas y ambientales que rodean al puente (tales como el aumento del tránsito, cambio en las condiciones del río, etc.)
- La función de los puentes existentes (tales como el ancho de la calzada, la capacidad de carga, el espacio libre bajo el puente, etc.) será evaluada bajo la luz del criterio de diseño estándar para puentes rurales establecidos en este Estudio, referido al **Capítulo 4.3** de este informe.

#### **2.5.2 Decisión del Método de Rehabilitación y su Escala**

Basados en la política de rehabilitación discutida anteriormente, los criterios para decidir los métodos y escalas de la rehabilitación fueron considerados cuidadosamente y se muestran en la **Tabla 2.8**, tomando en cuenta los siguientes puntos:

- El criterio deberá ser claro y simple de manera que el MOP pueda manejar la gran cantidad de puentes.
- Todos los factores determinantes del criterio deberán ser amplios, de manera que a través de todas las regiones de Chile puedan fácilmente ser recogidos del inventario de puentes.
- Los resultados de las decisiones de rehabilitación deberán coincidir con las actuales prácticas de rehabilitación de puentes del MOP.

Estos criterios fueron aplicados a los 110 puentes en la IX región y los resultados fueron los siguientes:

Número de puentes:	110 puentes
Reconstrucción con una pista:	62 puentes
Reconstrucción con dos pista:	47 puentes
Reparar:	0
Ninguna acción:	1 puente

La mayoría de los puentes de la IX región resultaron para ser reconstruidos, debido a que el 97% de los puentes objetivos inspeccionados eran de madera.

**Tabla 2.8 Criterio del Plan de Acción de la Rehabilitación**

Factores Determinantes					Método y Escala
Volumen De Tránsito (cje eq./día)	Tipo de Puente	Condición Puente (clasificación)	Ancho de la Calzada Puente (m)	Límite Carga (ton)	
1 ~ 499	Madera	-	-	-	Reconstrucción (una pista)
	Horm./Acero	1 y 2	-	-	
		3 y 4	< 4,0	-	
			-	< 18,0	
			≥ 4,0	≥ 18,0	
5	-	-	Reparar		
500 ~	Madera	-	-	-	Reconstrucción (dos pistas)
	Horm./Acero	1 y 2	-	-	
		3 y 4	< 7,0	-	
			-	< 18,0	
			≥ 7,0	≥ 18,0	
5	-	-	Reparar		
					Ninguna acción

Nota: “-” significa incondicional

- El volumen de tránsito de 500 eqq/día es la línea divisoria para el número de pistas (una o dos) y el ancho de ellas (4,0 y 7,0 m respectivamente).
- El límite de carga de 18 toneladas es la cifra redondeada de la sobrecarga de diseño para puentes rurales.

### 2.5.3 Estimación de los Costos de Rehabilitación

Siguiendo la decisión del método de rehabilitación y la escala, la estimación de los costos de rehabilitación fue dividido en puentes a ser reconstruidos y aquellos que serán reparados. Los costos a que se hace referencia para la estimación están basados en cifras de proyectos realizados en Chile en 1996 y 1997. Se debe hacer notar que la estimación para el plan de rehabilitación está basado en suposiciones aproximadas con una exactitud limitada.

#### (1) Costo de Reconstrucción

##### 1) Método de estimación

El costo de reconstrucción del puente consiste del costo de reconstrucción del puente mismo, de los caminos de acceso o aproximación, y de trabajos de protección de las riberas.

El costo del puente fue calculado multiplicando la superficie del puente (losa del puente) por el costo unitario de construcción por metro cuadrado. La unidad de costo unitario de construcción fue

asumida como de hormigón pre-comprimido, basados en ejemplos de construcción de puentes ordenados por el MOP en 1997, tomando en cuenta los resultados de la estimación de costos para la muestra del diseño de rehabilitación de puentes del Estudio. La superficie del puente fue calculada mediante la multiplicación del ancho estándar del puente (de una o dos pistas) por la longitud existente del puente.

Para el costo de los caminos de acceso y protección de las riberas, una cierta cantidad fue establecida aparte para 100 metros (para una o dos pistas) de camino de acceso y 50 metros para la protección de la ribera a ambos lados del puente.

## 2) Costo Unitario de reconstrucción

Los costos unitarios de reconstrucción adoptados están resumidos en la **Tabla 2.9**. Los desgloses de los costos unitarios del puente y de los caminos de accesos son presentados en el **Anexo I-5 (Volumen 3/8)**.

**Tabla 2.9 Costo Unitario de Reconstrucción**

	Una Pista	Dos Pistas
Costo del puente	512.000 pesos/m <sup>2</sup>	
Costo camino de acceso	39.000.000 pesos/puente	45.800.000 pesos/puente
Costo protección de riberas	2.300.000 pesos/puente	

## 3) Cálculo de los costos

Se preparó una planilla en "Excel" para realizar los cálculos de la gran cantidad de puentes. La **Tabla 2.10** muestra una parte de los cálculos de los costos para los puentes de la IX región, con la explicación del proceso del cálculo. Los resultados completos de los cálculos para los 110 puentes seleccionados de esta región son presentados en el **Anexo I-6 (Volumen 3/8)**.



## (2) Costo de Reparación

### 1) Método de estimación

Para los costos de reparación, se estableció el costo unitario por metro cuadrado de reparación de acuerdo al tipo de daño, que se multiplica por la razón de la superficie de la superestructura o infraestructura dañada. La razón de la superficie dañada se define como el porcentaje del área total de la superestructura o infraestructura que requieren reparación.

### 2) Costos unitarios de reparación

El costo unitario de reparación fue preparado para cada tipo de daño siendo dividido por su ubicación (superestructura o infraestructura), y por el tipo de material (hormigón, acero y madera). En la reparación de puentes de hormigón hay varios métodos de reparación para un tipo de daño, por lo tanto, para hacerlo más simple, se calculó el costo promedio para cada tipo de daño a través de los datos obtenidos de los diseños de reparaciones en el Capítulo 3.4.2. Para los puentes de madera, el principal método de reparación es el reemplazo de miembros dañados. Por lo tanto, el costo de reparación de la madera fue estimado de los costos entregados por el MOP. Para los puentes de acero, el principal método de reparación es el de volver a pintar para evitar la oxidación. La Tabla 2.11 muestra los principales costos unitarios de reparación, y sus desgloses se presentan en el Anexo I-5 (Volumen 3/8).

Tabla 2.11 Costos Unitarios de Reparación / por Tipo de daño

Código Daño	Tipo de Daño	Superestructura			Infraestructura		
		Hormigón	Acero	Madera	Hormigón	Acero	Madera
BR	Fractura/Desprend.	12.400	31.600	25.800	8.800	26.500	18.000
CO	Corrosión/Pudrición	9.900	13.600	25.800	9.300	12.400	18.000
CR	Grietas	47.000	29.400	25.800	25.300	24.500	18.000
DH	Deformación		552.600			473.800	
ER	Erosión/Socavación					40.000	
FA	Quemado			25.800			18.000
IN	Inclinación				depende de las condiciones de terreno		
NF	Función Deficiente	depende de las condiciones de terreno					
SC	Desgaste	12.400			8.800		
SE	Asentamiento				depende de las condiciones de terreno		
SL	Deslizamiento				depende de las condiciones de terreno		
SP	Expansión	9.300			6.500		
WE	Desgaste de Superficie	13.200			13.000		

### 3) Razón del área dañada

La razón del área dañada es necesaria que sea ingresada en conjunto con el código de daños para calcular el costo de reparación de cada tramo y estructura. La razón del costo de reparación es definida por la siguiente fórmula:

$$\text{Costo de Reparación} = (\text{Área de la Estructura}) \times (\text{Costo Unitario}) \times (\text{Razón del Área Dañada})$$

Donde, Área de la estructura = (Ancho del Puente)  $\times$  (Longitud del Tramo o Altura de la Infraestructura)

### 4) Cálculo del Costo

La planilla de Excel fue preparada también para el cálculo del costo de reparación. La **Tabla 2.12** muestra una parte del cálculo de los costos para los puentes de la IX región, con la explicación del proceso. Los resultados de los cálculos para los 110 puentes seleccionados de la región se presentan en el **Anexo I-6 (Volumen 3/8)**.

Sin embargo, los costos de reparación estimados para la IX región no fueron e usados para la planificación de la rehabilitación debido a que ningún caso de reparación fue seleccionado en la región.

**Tabla 2.12 Cálculo de los Costos de Reparación (IX Región)**

**Proceso del Cálculo**

**(1) Ingreso de los Datos de las Dimensiones**

1		2		3		4		5						6	
Sector		Puente		Nombre		Nombre		Longitud del Tramo y Altura de la Infraestructura						Ancho	
Nº	Nº	Comuna		Puente		Estribo	Tramo	Cepa	Tramo	Cepa	Tramo	Cepa	Tramo	Estribo	Puente
Nº	Puente					A1	A1-P1	P1	P1-P2	P2	P2-P3	P3	A2	(m)	
35	IX-001	LAUTARO		NIBLINTO		2.50	8.30	4.50	8.00	4.50	8.50		2.50	4.00	
35	IX-002	LAUTARO		MUCOBAJO		4.50	7.20	9.00	20.00	9.00	7.30		4.50	4.15	
36	IX-003	VILCUN		QUINTRILPE		5.00	10.00						5.00	3.60	
40	IX-004	VILLARRICA		LLAMUCO		5.00	22.00						5.00	4.40	
40	IX-005	VILLARRICA		PEDREGOSO		3.30	8.50		8.00				3.30	3.70	
40	IX-006	VILLARRICA		CALBUCO		1.15	3.00	3.40	10.00				1.15	3.95	

Columna 1: N° del sector de camino al que pertenece el puente.  
 Columna 2: N° de la región seguido del N° del puente.  
 Columna 3: Nombre de la comuna al que pertenece el puente.  
 Columna 4: Nombre del puente.  
 Columna 5: Longitud del tramo del puente existente y altura de la infraestructura  
 Columna 6: Ancho del Puente Existente obtenido del inventario

**(2) Ingreso de los Códigos de daños y la razón del Área Dañada para la Superestructura**

1		2		7											
Sector		Puente		Código de Daños y Razón del Área Dañada en la Superestructura											
Nº	Nº			A1-P1						P1-P2					
		Hormigón	RazónDaños	Acero	RazónDaños	Madera	RazónDaños	Hormigón	RazónDaños	Acero	RazónDaños	Hormigón	RazónDaños	Acero	RazónDaños
35	IX-001		0.60		1.00	BR	0.40				0.60			CO	0.40
35	IX-002		0.60		1.00	CO	0.40				0.60			CO	0.40
36	IX-003		0.60		1.00	CO	0.40				0.60			CO	0.40
40	IX-004		0.60	CO	1.00		0.40				0.60			CO	0.40
40	IX-005		0.60		1.00	CO	0.40				0.60			CO	0.40
40	IX-006		0.60		1.00	CO	0.40				0.60			CO	0.40

Columna 7: Código y razón del área de daños de la superest. obtenida de la inspección.

**(3) Costos Unitarios de Reparación para la Superestructura**

1		2		8											
Sector		Puente		Costo Unitario de Reparación de la Superestructura											
Nº	Nº	A1-P1			P1-P2			P2-P3				P8-A2			
		Hormigón	Acero	Madera	Hormigón	Acero	Madera	Hormigón	Acero	Madera	Acero	Madera			
35	IX-001	0	0	25,800	0	0	25,800	0	0	25,800	0	0			
35	IX-002	0	0	25,800	0	0	25,800	0	0	25,800	0	0			
36	IX-003	0	0	25,800	0	0	0	0	0	0	0	0			
40	IX-004	0	13,600	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
40	IX-005	0	0	25,800	0	0	25,800	0	0	0	0	0			
40	IX-006	0	0	25,800	0	0	25,800	0	0	0	0	0			

Resultados (Output)

Columna 8: Costo Unitario de reparación de los ítems de daños

**(4) Resultados (Output) de los Costos de Reparación para la Superestructura**

1		2		9										10	
Sector		Puente		Costo de Reparación de los Daños de la Superestructura										Total de la Superestructura	
Nº	Nº	A1-P1			P1-P2			P2-P3				P8-A2			
		Hormigón	Acero	Madera	Hormigón	Acero	Madera	Hormigón	Acero	Madera	Acero	Madera			
35	IX-001	0	0	342,624	0	0	330,240	0	0	350,880	0	0			
35	IX-002	0	0	308,362	0	0	856,560	0	0	312,644	0	0			
36	IX-003	0	0	371,520	0	0	0	0	0	0	0	0			
40	IX-004	0	1,316,480	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
40	IX-005	0	0	324,564	0	0	305,472	0	0	0	0	0			
40	IX-006	0	0	122,292	0	0	407,640	0	0	0	0	0			

Columna 9: Costo de reparación para cada tramo = Columna 5 x Columna 6 x Columna 8 x Razón de Daños (Columna 7)  
 Columna 10: Costo de reparación total de la superestructura

(5) Ingreso de los Códigos de daños y la Razón del Área Dañada para la Infraestructura

1		2		11							
Punto		Código de Daños y Razón del Área Dañada en la Infraestructura									
Sector N°	Punto N°	A1			P1			P2			
		Hormigón	Razón Daños	Acero	Razón Daños	Madera	Razón Daños	Hormigón	Razón Daños	Acero	R
35	IX-001		0.005		1.0		0.4		0.005		
35	IX-002		0.005		1.0		0.4	SP	0.005		
36	IX-003		0.005		1.0	CO	0.4		0.005		
40	IX-004		0.005		1.0		0.4		0.005		
40	IX-005		0.005		1.0		0.4		0.005		
40	IX-006		0.005		1.0		0.4		0.005		

A2	
Madera	Razón Daños
	0.4
	0.4
	0.4
CO	0.4
CO	0.4
	0.4

Columna 11: Código y razón del área de daños de la infraestructura obtenida de la inspección.

(6) Costos Unitarios de Reparación para la Infraestructura

1		2		12								
Punto		Costo Unitario de Reparación de la Infraestructura										
Sector N°	Punto N°	A1			P1			P2				
		Hormigón	Acero	Madera	Hormigón	Acero	Madera	Hormigón	Acero	Madera		
35	IX-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
35	IX-002	0	0	0	6,500	0	0	6,500	0	0		
36	IX-003	0	0	18,000	0	0	0	0	0	0		
40	IX-004	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
40	IX-005	0	0	0	0	0	18,000	0	0	0		
40	IX-006	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

A2	
Acero	Madera
0	0
0	0
0	0
0	18,000
0	18,000
0	0

Resultados (Output)

Columna 12: Costo Unitario de reparación correspondiente al código de daños

(7) Resultado de los Costos de Reparación para la Infraestructura, y los Totales de la Super e Infraestructura

1		2		13								
Punto		Costo de Reparación de los Daños para la Infraestructura										
Sector N°	Punto N°	A1			P1			P2				
		Hormigón	Acero	Madera	Hormigón	Acero	Madera	Hormigón	Acero	Madera		
35	IX-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
35	IX-002	0	0	0	2,428	0	0	2,428	0	0		
36	IX-003	0	0	129,600	0	0	0	0	0	0		
40	IX-004	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
40	IX-005	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
40	IX-006	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

14	15
Total de la Infraestruct.	Total Reparación Sup. + Infra.
0	1,023,744
4,956	1,482,422
129,600	501,120
158,400	1,474,880
87,912	717,948
0	529,932

Columna 13 = Costo de Reparación para cada Infraestructura : Columna 5 x Columna 6 x Columna 12 x Razón de Daños (Columna 11)

Columna 14 = Costo de reparación total de la infraestructura

Columna 15 = Costo Total de Reparación de la Super e Infraest. : Columna 10 + Columna 14