

## **CAPÍTULO 7 DESARROLLO DE RECURSOS HUMANOS**

### **7.1 Concepto Básico**

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

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

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

### **7.2 Plan de Implementación para el Desarrollo del Recurso Humano**

#### **7.2.1 Plan Básico**

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

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

## 1) Metodología

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

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

Resumen de los métodos clave empleados en el entrenamiento:

- i) Entrenamiento En-el-Trabajo (EET) se involucra estrechamente el trabajo con el personal de Costa Rica responsable de producir y diseminar los resultados. Se proporcionan experiencias prácticas de 4 pilares técnicos la inspección, planificación y diseño y la administración.
- ii) Seminario de entrenamiento técnico será contemplado en la consecuencia con el ejercicio de EET, respectivamente. El seminario es para ayudar, repasar y aprender acerca de conocimientos según las experiencias, conocimientos y habilidades del EET. Es de notar que cada seminario resume la regeneración debidamente con la explicación técnica de EET de una manera de práctica. Esto funcionará tanto como un lugar en donde compartir esas experiencias y los ejercicios de una manera participativa con el aprendiz, así como también una oportunidad para que el aprendiz pueda repasar rendimientos que serán adquiridos del EET de manera de conferencia técnica.
- iii) Seminario internacional puestos en fases al final del estudio para la propagación regional. El seminario también rendirá efectos para habilitar al entrenador a propagar las salidas y/o resultados del entrenamiento de los 7 países vecinos en Norte y Centroamérica, los cuales componen el Plan Puebla-Panamá.
- iv) Giras de estudio al extranjero: deben ser contempladas como parte del programa, del cual se espera acrecentar la experiencia, los objetivos y las metas para el estudio de mantenimiento de puentes.
  - Visita a Chile (un reporte de estudio se detalla adelante en la siguiente sección) para observar el sistema de mantenimiento y administración existente similar al que ha sido implementado durante esta fase.
  - Programa de entrenamiento de la contraparte MOPT en Japón un reporte de estudio se detalla adelante en la siguiente sección para adquirir y experimentar conocimiento técnico dado por prácticas de mantenimiento de puentes en Japón.

## 2) Programa de Entrenamiento Técnico

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

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

**Tabla 7.2.1. Programa de Entrenamiento Técnico**

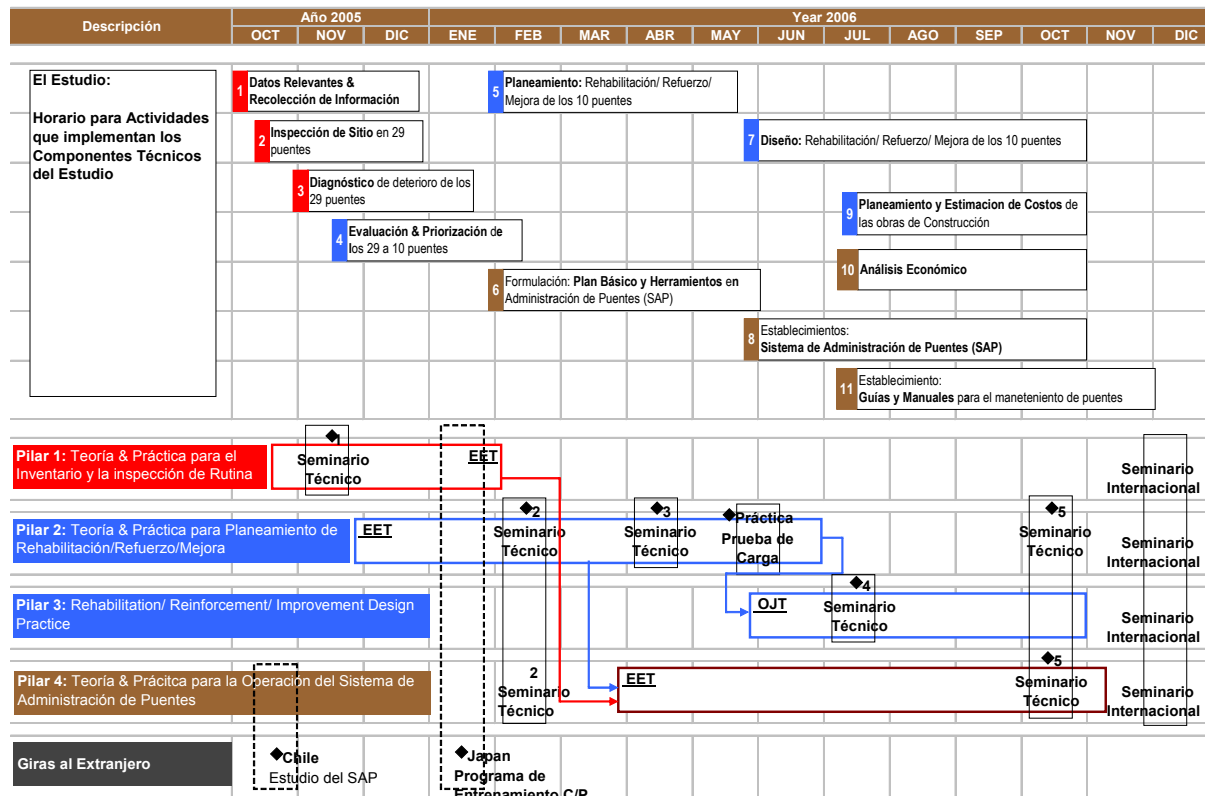
Pilares Técnicos	Detalle de Programas		
	Meta/Objetivo	Componentes	Método
<p>1</p> <p><u>Entrenamiento en:</u> <b>Teoría y práctica para las inspecciones de inventario y de rutina</b></p> <p><u>Dirigido a:</u> <b>29 Puentes</b></p>	<p><u>Enfocado a:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Métodos básicos de experiencia.</li> <li>- Obtener conocimientos y habilidades básicas.</li> <li>- Obtener entendimiento, motivación sobre la importancia del mantenimiento</li> </ul> <p><u>Objetivo a entrenar:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal responsable del mantenimiento de puentes.</li> <li>- Ingenieros civiles locales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i) Concepto de comprensión Teoría e importancia de la inspección de puentes.</li> <li>ii) Implementación de <b>la inspección preliminar y/o periódica.</b></li> <li>iii) Preparación de las hojas de inspección y registros de campo.</li> <li>iv) Evaluación de resultados de campo.</li> <li>v) <b>Diagnóstico</b> deficiencia/deterioro en el puente.</li> <li>vi) <b>Manual &amp; explicación técnica provisional</b> para su uso particular.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Basado en EET</li> <li>- Basado en Seminario</li> <li>- Estudio Extranjero</li> </ul> <p>*1: C/P Programa de entrenamiento en Japón</p>
<p>2</p> <p><u>Entrenamiento en:</u> <b>Teoría y práctica para la planificación de la rehabilitación/ refuerzo/ mejora</b></p> <p><u>Dirigido a:</u> <b>10 Puentes seleccionados</b></p>	<p><u>Enfocado a:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Métodos experimentales avanzados.</li> <li>- Obtener conocimientos y habilidades avanzadas</li> </ul> <p><u>Objetivo a entrenar:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal responsable del mantenimiento de puentes.</li> <li>- Ingenieros civiles locales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i) <b>Evaluación de deficiencia/ deterioro del puente</b> basado en el Proceso de Análisis de Jerarquías (PAJ).</li> <li>ii) <b>Priorización</b> en la rehabilitación/ refuerzo/ mejora basado en la evaluación del deterioro.</li> <li>iii) Implementación de <b>inspección detallada.</b></li> <li>iv) <b>Análisis estructural.</b></li> <li>v) <b>Pruebas de carga</b></li> <li>vi) <b>Identificación de los mecanismos de deterioro</b></li> <li>vii) Selección y <b>planeamiento de la rehabilitación/ refuerzo/ mejora</b> por elemento estructural ej. losa, viga, subestructura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Basado en EET</li> <li>- Basado en Seminario</li> <li>- Estudio Extranjero</li> </ul> <p>*1: C/P Programa de entrenamiento en Japón</p>

			viii) Estimación de costos ix) Análisis económico x) Proveer las <b>guías y explicaciones técnicas</b> para su uso particular.	
3	<p>Entrenamiento en:  <b>Practica de diseño de rehabilitación/ refuerzo/ mejora</b></p> <p>Dirigido a:  <b>10 Puentes seleccionados</b></p>	<p><u>Enfocado a:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Experiencia en habilidades básicas</li> <li>- Obtener conocimiento básico.</li> </ul> <p><u>Objetivo a entrenar:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal responsable del mantenimiento de puentes.</li> <li>- Ingenieros civiles locales</li> </ul>	i) <b>Diseño preliminar</b> para la rehabilitación/ refuerzo/ mejora basado en la planificación. ii) <b>Planificación de la construcción</b> iii) Proveer un <b>manual &amp; explicación técnica</b> para su uso práctico	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">- Basado en EET</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">- Basado en Seminario</div>
<b>Detalle de Programas</b>				
<b>Pilares Técnicos</b>		<b>Meta/Objetivo</b>	<b>Componentes</b>	<b>Método</b>
4	<p>Entrenamiento en:  <b>Teoría y práctica para la operación del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP)</b></p> <p>Dirigido a:  <b>29 Puentes</b></p>	<p><u>Enfocado a:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Métodos avanzados</li> <li>- Obtener conocimiento y habilidades avanzadas</li> </ul> <p><u>Objetivo a entrenar:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal responsable del mantenimiento de puentes.</li> <li>- Ingenieros civiles locales</li> </ul>	i) <b>Evaluación del SAP Chileno</b> ii) Obtener información sobre la estructura organizacional chilena relacionada con el mantenimiento de puentes. iii) Interactuar con el personal Chileno iv) <b>Almacenamiento de datos y actualización</b> del inventario y condiciones de puentes por inspecciones. v) <b>Evaluar la metodología de evaluación y priorización.</b> vi) <b>Establecer el sistema de administración de puentes.</b> vii) <b>Operación y mantenimiento</b> del establecimiento del SAEP. viii) Proveer un <b>manual &amp; explicación técnica</b> para su uso práctico	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">- Estudio Extranjero</div> <p>*1: C/P Programa de entrenamiento en Japón *2: SAP estudio de Chile</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">- Basado en EET</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">- Basado en Seminario</div>

### 3) Planificación del Programa

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

**Tabla 7.2.2. Planificación del Programa de Entrenamiento Técnico**



#### 7.2.2 Módulos de Proyecto para la Mejora de la Competencia Individual

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

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

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

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

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

**Tabla 7.2.3. Vínculos con Módulos y Proyectos Integrados**

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

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

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

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

### 7.3 Implementación de Actividades para el Desarrollo del Recurso Humano

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

#### 7.3.1 Pilar Técnico-1

##### 1) Planificación Implementada y Actividades Claves

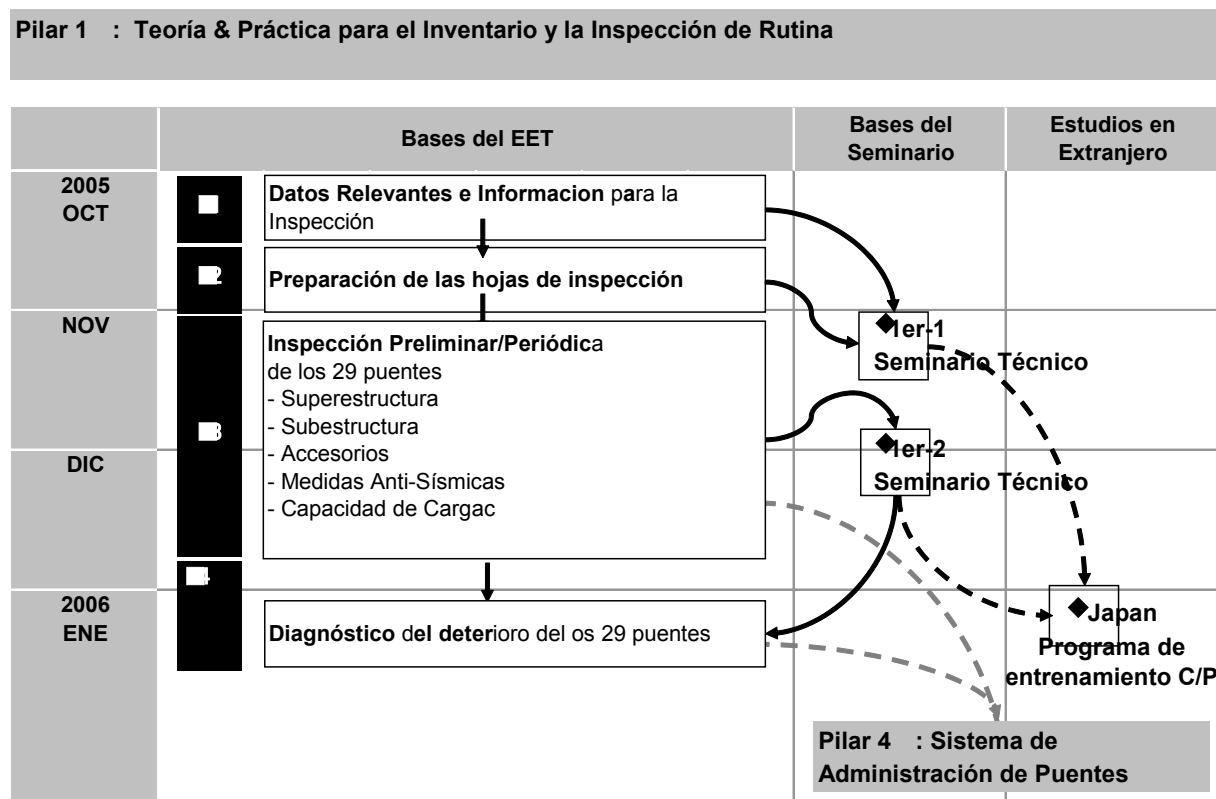


Figura 7.3.1. Actividades Clave : Pilar-1

##### 2) Componentes del Entrenamiento

###### Bases del Entrenamiento En Trabajo (EET)

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

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

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

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

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

- Superestructura
- Subestructura
- Accesorios

■ 5 Método de evaluación con los resultados de inspección

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

### **Bases de los Seminarios Técnicos**

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

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

**Tabla 7.3.1. Participación: Seminario1-1**

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

Tema:

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

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



ej. clasificación, severidad del deterioro observado.

**Tabla 7.3.2. Participación: Seminario1-2**

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

### **ONG: Organizaciones No Gubernamentales**

Tema:

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

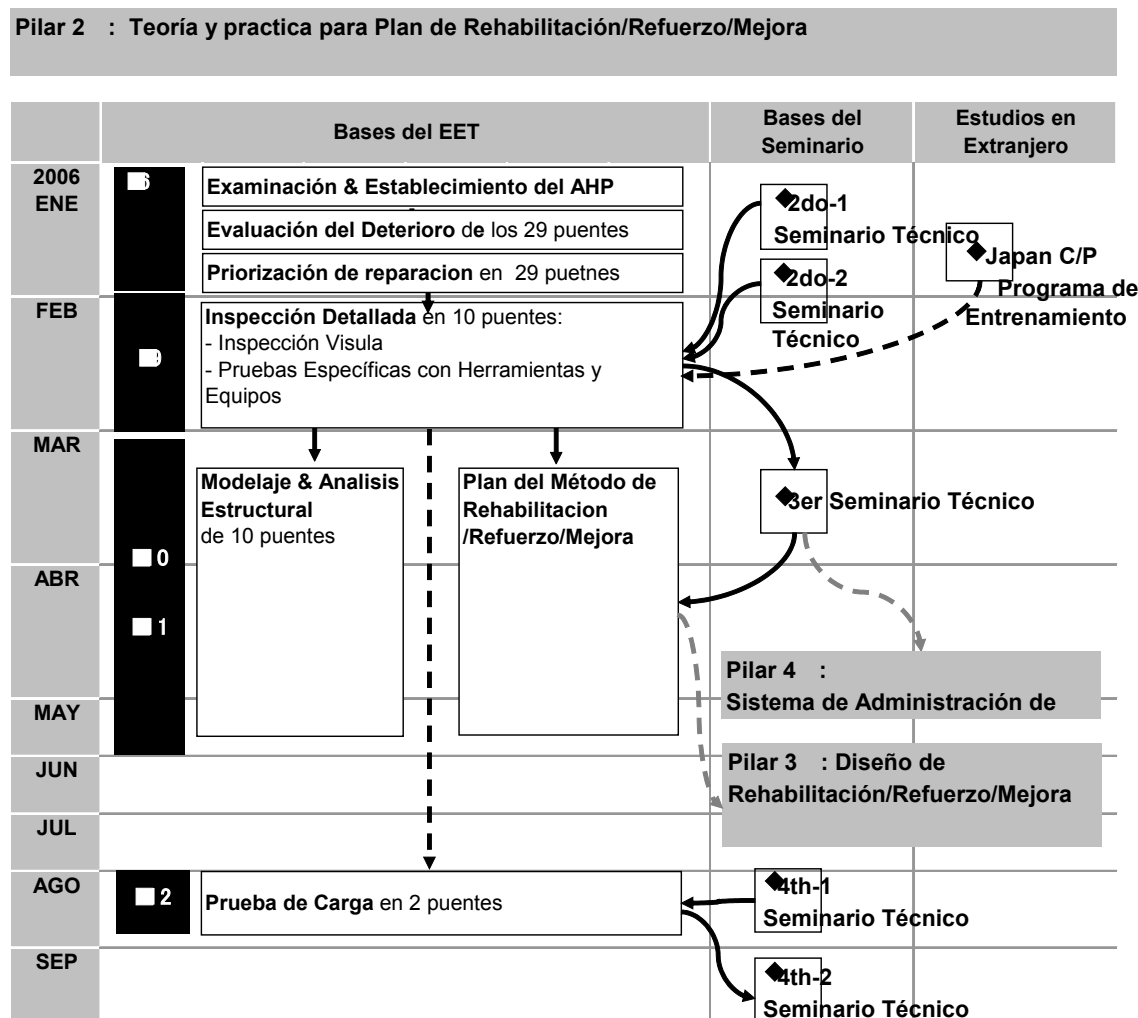
### **3) Disposición de Manuales y Explicación Técnica**

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

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

### 7.3.2 Pilar Técnico-2

#### 1) Planificación Implementada y Actividades Claves



**Figura 7.3.2. Actividades Clave: Pilar-2**

#### 2) Componentes del Entrenamiento

##### Bases del Entrenamiento En Trabajo (EET)

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

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

herramientas/equipos para:

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

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

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

- Losa
- Vigas principales
- Subestructura
- Pilas y fundaciones

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

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

**Bases sobre el Seminario Técnico**

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

- **2do -1 Seminario Técnico** realizado el 6 de enero del 2006 (asistencia: 10 ingenieros de la contraparte) estuvo enfocado en la metodología de la inspección detallada. El procedimiento general de inspección, se visualizó la metodología detallada para estructuras de concreto y de acero:

**Tabla 7.3.3. Participación: Seminario2-1**

Organización	Cantidad de Participantes	Observaciones
MOPT	10	Dirección de Puentes/Planificación
CONAVI	0	
Otras instituciones públicas	0	
Sector académico	0	Laboratorio Nacional, Universidad
Sector privado	0	Consultores, constructores
<b>Total</b>	<b>10</b>	

Tema:

- Procedimiento General para Inspección
- Detalle de Metodología para Estructuras de Concreto y Acero
- Mecanismos de Deterioro
  - Carbonatación
  - Corrosión por sal
  - Reacción de Agregados Alcalinos
  - Resistencia del Concreto

□ **2do -2 Seminario Técnico** realizado el 12 de enero del 2006 (asistencia: 10 ingenieros de la contraparte) estuvo enfocado en la metodología de la inspección detallada al igual que en el seminario anterior, pero dirigido particularmente a la parte práctica, en el uso de las herramientas y equipo. Se estudiaron métodos de análisis/evaluación con resultados de inspección. Los siguientes métodos de inspección fueron introducidos y practicados con los instrumentos:

**Tabla 7.3.4. Participación: Seminario2-2**

Organización	Cantidad de Participantes	Observaciones
MOPT	10	Dirección de Puentes/Planificación
CONAVI	0	
Otras instituciones públicas	0	
Sector académico	0	Laboratorio Nacional, Universidad
Sector privado	0	Consultores, constructores
<b>Total</b>	<b>10</b>	

Tema:

- Inspección Visual
- Carbonatación con el Método de la Pfenoftaleína
- Resistencia del Concreto con el Método del Martillo Schmidt, Pruebas de Núcleo de Concreto
- Búsqueda de Varillas con el “Profómetro” para detectar la ubicación del acero de refuerzo y el recubrimiento.

□ **3er Seminario Técnico** realizado el 7 de marzo del 2006 (asistencia: 48 ingenieros de la contraparte y locales) fue tratado el tema de la problemática en el mantenimiento de puentes en Costa Rica, desde el punto de vista técnico del equipo de estudio JICA y la estrategia de mantenimiento de puentes a futuro.

**Tabla 7.3.5. Participación: Seminario3**

Organización	Cantidad de Participantes	Observaciones
MOPT	19	Dirección de Puentes/Planificación
CONAVI	3	
Otras instituciones públicas	9	
Sector académico	1	Laboratorio Nacional, Universidad
Sector privado	16	Consultores, constructores
<b>Total</b>	<b>48</b>	

Tema:

- Encontrar las Condiciones Actuales de los Puentes en Costa Rica
- Notas y Tareas Importantes sobre el Estado Actual de los Puentes
- Mayores Problemas en el Mantenimiento de Puentes

□ **4to -1 Seminario Técnico** realizado en agosto (asistencia: 10 ingenieros de la contraparte x 2 veces) enfocado a las pruebas de carga de los puentes. Explicación general de las pruebas, metodología y procedimientos.

**Tabla 7.3.6. Participación: Seminario4-1**

Organización	Cantidad de Participantes	Observaciones
MOPT	7	Dirección de Puentes/Planificación
CONAVI	0	
Otras instituciones públicas	0	
Sector académico	3	Laboratorio Nacional, Universidad
Sector privado	10	Consultores, constructores
<b>Total</b>	<b>10</b>	

Tema:

- Introducción a las Pruebas de Carga de Puentes
- Explicación General de la Prueba
  - Metodología de la Prueba
  - Procedimientos de la Prueba
- Utilización de Materiales, Equipos y Dispositivos de Medición

□ **4to -2 Seminario Técnico** realizado el 29 de septiembre del 2006 (asistencia: 52 ingenieros de la contraparte y locales) al igual que el anterior, estuvo enfocado en las pruebas de carga de puentes pero se incluyeron los resultados de la evaluación, las cuales son tomadas en cuenta para la planificación de la rehabilitación/refuerzo/mejora. Se practicó con las herramientas y los equipos así como también se introdujo el tema de los métodos de análisis/evaluación.

**Tabla 7.3.7. Participación Seminario4-2**

Organización	Cantidad de Participantes	Observaciones
MOPT	12	Dirección de Puentes/Planificación
CONAVI	1	
Otras instituciones públicas	19	
Sector académico	0	Laboratorio Nacional, Universidad
Sector privado	21	Consultores, constructores
<b>Total</b>	<b>52</b>	

Tema:

- Introducción a las Pruebas de Carga de Puentes
- Conceptos y Criterios Técnicos Aplicados
  - Capacidad de Carga
  - Durabilidad por Fatiga
- Descripción Técnica de Materiales, Equipo y Dispositivos de Medida
- Metodología de la Prueba
  - Prueba de Carga Estática en ambos puentes
    - Medida de Deflexión y Resistencia
  - Prueba de Carga Dinámica en Río Chirripó Ruta 32
    - Medida de Frecuencia de Esfuerzo con Volumen Actual de Tráfico
    - Medida de Esfuerzo con Carga Dinámica
- Procedimientos de la Prueba
- Análisis y Evaluación de Resultados de la Prueba
- Resultados y Conclusiones

### 3) Manual y Explicaciones Técnicas Provisionales

El “Manual de Mantenimiento de Puentes” ha sido editado por el equipo de Estudio con base en el AASHTO y aplicando criterios derivados de la experiencia en mantenimiento de puentes japonesa, con el fin de que la contraparte lo utilice en la práctica del mantenimiento de puentes futuro, lo cual forma parte de los objetivos del programa de DC.

Los lineamientos apuntan realizar prácticas y trabajos educativos para establecer referencias para ingenieros de puentes, así como también a estudiantes que serán ingenieros de puentes. Los siguientes contenidos de los lineamientos en detalle están descritos en el capítulo 15.

- Introducción
  - Objetivos
  - Alcance
- Entorno del Manual
- Sistema de Administración de Puentes
- Identificación del Deterioro
  - Clasificaciones
  - Causas y Mecanismos
- Inspección Detallada
  - Método y Clasificación de Inspección Detallada
- Investigación sobre Capacidad de Carga
  - Método Analítico
  - Prueba de Carga
- Diseño de Trabajos de Reparación y Método de Construcción
- Medidas de Seguridad

### 7.3.3 Pilar Técnico-3

#### 1) Planificación Implementada y Actividades Claves

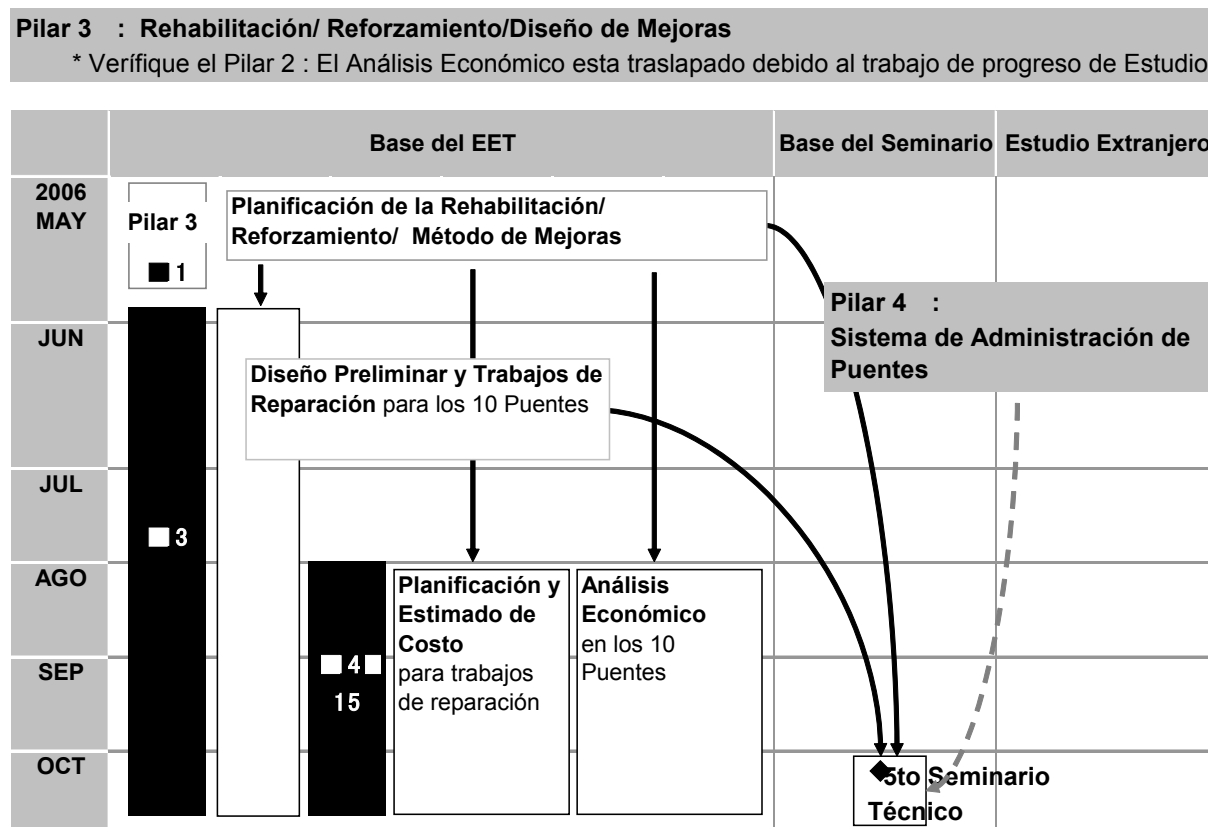


Figure 7.3.3. Actividades Clave: Pilar -3

#### 2) Componentes del Entrenamiento

##### Bases del Entrenamiento En Trabajo (EET)

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

- 13 Diseño preliminar de 10 puentes
- 14 Planeamiento y estimación de costos de reparación de 10 puentes
  - # 2 Río Aranjuez
  - # 3 Río Abangares
  - # 7 Río Azufrado
  - #12 Río Puerto Nuevo
  - #16 Río Nuevo
  - #17 Río Chirripó
  - #18 Río Sarapiquí
  - #20 Río Sucio
  - #26 Río Chirripó
  - #29 Río Torres

■15 Análisis económico

- Estimación de volumen de tráfico
- Costo de Operación de Vehículos (COV) y Costo de Tiempo de Viaje (CTV)
- Cálculo del costo social de los 10 puentes
- Escenario del deterioro y deficiencia para los 10 puentes sin el caso de mantenimiento y/o trabajos de reparación.

**Bases del Seminario Técnico)**

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

□5to Seminario Técnico realizado el 18 de octubre del 2006 (asistencia: 33 ingenieros de la contraparte y locales) estuvo enfocado en la planificación y el diseño del sistema de administración de puentes. Fueron presentados los lineamientos y manuales con las estructuras generales y las secuencias para las actividades de mantenimiento de puentes:

**Tabla 7.3.8. Participación: Seminario5**

Organización	Cantidad de Participantes	Observaciones
MOPT	5	Dirección de Puentes/Planificación
CONAVI	4	
Otras instituciones públicas	19	
Sector académico	0	Laboratorio Nacional, Universidad
Sector privado	15	Consultores, constructores
<b>Total</b>	<b>33</b>	

Tema:

- Planificación: Rehabilitación/Refuerzo/Mejora de Puentes
  - Principios básicos del Mantenimiento de Puentes
  - Mecanismos de Deterioro
  - Inspección Detallada
  - Medidas Correctivas
    - Tipo de Medida Correctiva
    - Métodos de Reparación
    - Métodos de Refuerzo
    - Ejemplos
- Diseño: Rehabilitación/Refuerzo/Mejora de puentes
  - Ejemplos de Diseño y Cálculos
  - Losa
  - Viga principal
  - Subestructura
  - Pilas y fundación
  - Trabajos de Refuerzo/Reparación
    - Losa
    - Viga principal



- Manual de Mantenimiento de Puentes para Ingenieros
  - Entorno del Manual
  - Componentes del Manual
- Manual de Inspección para Inspectores
- Sistema de Administración de Estructuras de Puentes

### 3) Manual y Explicaciones Técnicas Provisionales

El manual en etapas tempranas contempló métodos de diseño y construcción para rehabilitación/refuerzo/mejora sumado a los componentes de planificación detallados y y descritos en el capítulo 15.

#### 7.3.4 Pilar Técnico-4

##### 1) Planificación Implementada y Actividades Claves

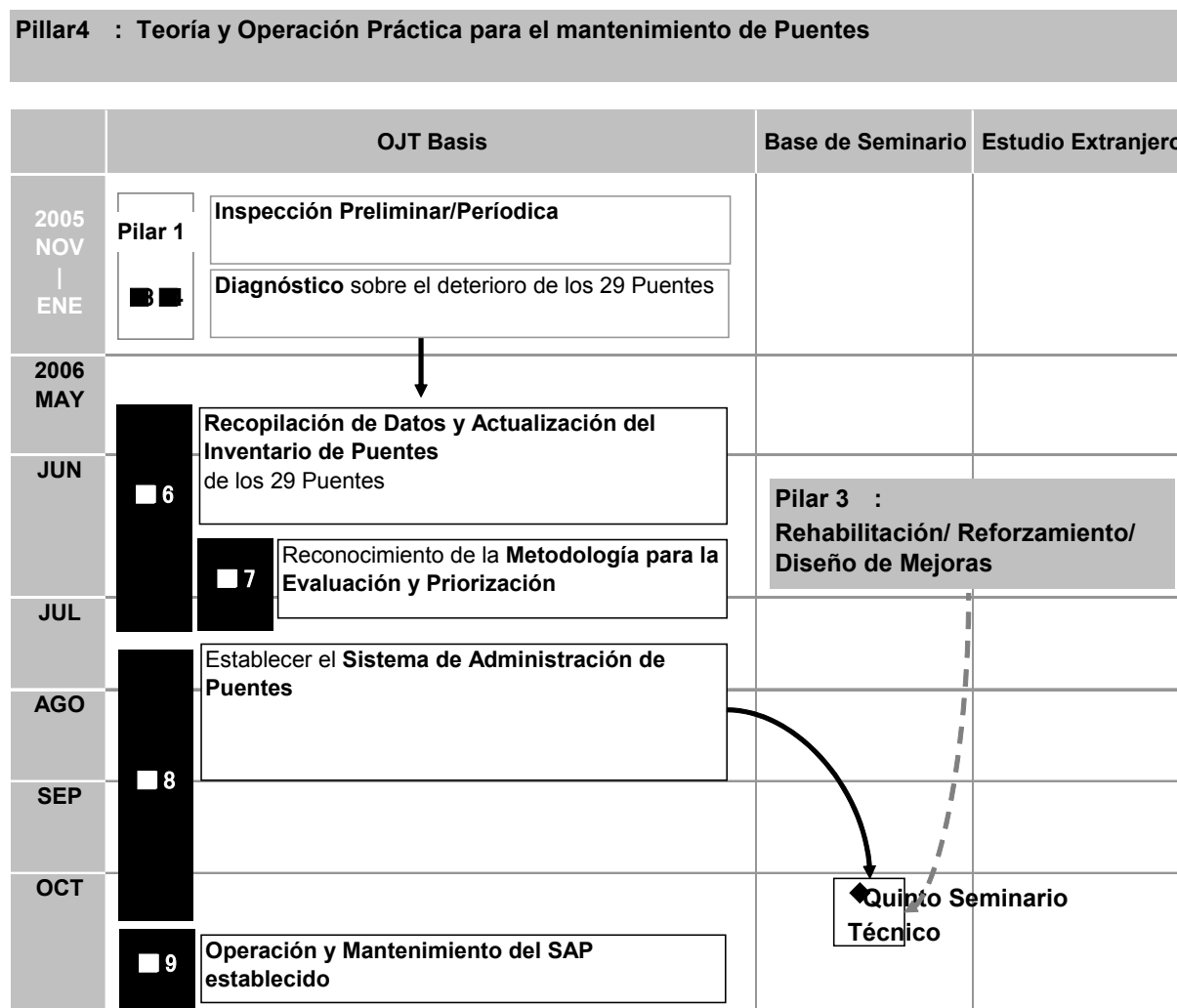


Figure 7.3.4. Actividades Clave: Pilar -4

## 2) Componentes del Entrenamiento

### Bases del Entrenamiento En Trabajo (EET)

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

- 16 Almacenamiento de datos y actualización del inventario de los 29 puentes
- 17 Metodologías de evaluación para la priorización.
- 18 Establecimiento del sistema de administración de puentes.
  - Estructura de la base de datos del SAEP
  - Establecimiento del sistema ambiental
  - Establecimiento del grupo/personal para mantenimiento y operación
  - Desarrollo de rango de deficiencia, priorización y sistema de estimación de costos
- 19 Operación y mantenimiento del SAEP.

### Bases del Seminario Técnico)

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

□5to Seminario Técnico realizado el 18 de octubre del 2006 como se indicó anteriormente en este capítulo

#### Tema:

- Planeamiento: Rehabilitación/Refuerzo/Mejora de Puentes (Pilar-3)
- Diseño: Rehabilitación/Refuerzo/Mejora de Puentes (Pilar-3)
- Manual de Mantenimiento de Puentes para Ingenieros (Pillar-3)
- Manual de Inspección para Inspectores
  - Términos Técnicos y Conceptos Básicos de Puentes
  - Metodología de Inspección
  - Hoja de Inspección
  - Criterios de Evaluación del Deterioro de Puentes
- Sistema de Administración de Puentes
  - Concepto de Diseño de Sistema
  - Entorno del Esquema del Sistema
  - Base de Datos
  - Diagrama de Procesamiento de Datos
  - Sistema de Demostración
    - Función Buscar
    - Inventario del Puente y Hoja de Inventario
    - Archivo de Fotos
    - Archivo de Planos
    - Hoja de Inspección
    - Lista de Rango de Deficiencia del Puente
    - Lista de Rango de Priorización de Reparación
    - Sistema de Estimación de Costos

### 3) Manual y Explicaciones Técnicas Provisionales

Se editó un manual del sistema por el equipo del Estudio en conjunto con la contraparte técnica del MOPT, con el fin de que sea utilizado en la práctica del mantenimiento de puentes a futuro, lo cual es objetivo del programa de DC.

El Manual apunta a realizar práctica y un trabajo educativo estableciendo referencias para ingenieros de puentes y los operadores del sistema de administración. Los siguientes contenidos del manual están descritos en el capítulo 15.

- Introducción
  - Objetivo
  - Concepto
  - Componentes del Sistema
  - Herramientas del Desarrollo del Sistema
  - Sistema de Operación Ambiental
  - Sistema de Operación
  - Proceso de Registro de Datos
- Operación del Sistema
  - Presentación
  - Flujo de Operación del Sistema
  - Introducción para Operación
- Administración del Sistema de Datos
  - Estructura de Datos
  - Registro de Datos y actualización , Renovación
  - Administración de Datos

#### 7.3.5 Gira de Estudio en el Extranjero:

##### **Búsqueda de Antecedentes, Estudio del Sistema de Administración de Puentes en Chile**

Un estudio similar a éste fue implementado en Chile con la ayuda de Japón entre los años 1991 y 1993. Con el propósito de lograr mayor ventaja de los resultados del estudio previo y de promover un entendimiento común entre los participantes y los cinco miembros del equipo de estudio incluyendo un intérprete, seis personeros incluyendo cuatro ingenieros de puentes del MOPT y CONAVI del lado de Costa Rica, y el Director Ejecutivo a.i. del CONAVI costeándose su viaje, realizaron una visita a Chile para evaluar el estado actual del mencionado estudio, su puesta en práctica y de cómo se han ocupado del asunto, etc.

#### (1) Participantes y Cronograma del Estudio

El cronograma y los participantes del estudio son mostrados en la Tabla 6.3.1 y 6.3.2 y en la Tabla 6.3.3 son mostradas las contrapartes por parte de Chile.

**Tabla 7.3.9. Cronograma del Estudio en Chile**

Fecha		Actividades
10/16	Dom	Partida de Costa Rica a Chile
10/17	Lun	Reunión en el Departamento de Puentes, Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Telecomunicaciones (MOPTT), Chile - Explicación de los contenidos del Estudio JICA en Costa Rica y el propósito de la visita a Chile - Contorno del mantenimiento y administración de puentes en Costa Rica - Contorno del mantenimiento y administración de puentes en Chile - Explicación del Sistema de Administración de Puentes en Chile - Preguntas y Respuestas,
10/18	Mar	Inspección de puente (Ruta Nacional 5, lado Sur, Aprox. 300km)
10/19	Mié	Inspección de puente (Ruta Nacional 5, lado Sur, Aprox. 210km)
	Jue	- Reunión en el Departamento de Puentes, MOPTT, Chile - Concesión para el proyecto de mantenimiento y administración de puentes - Inspección de puente (Carretera local en área montañosa)
10/21	Vie	- Visita a las oficinas centrales del Sistema de Administración de Puentes SAP - Situación operativa del SAP en Chile. - Preguntas y respuestas e intercambio de opiniones Reunión en la oficina de Representación de JICA Chile - Explicación de los resultados acerca del Estudio en Chile
10/22	Sab	Partida de Chile a Costa Rica (los miembros de Costa Rica regresaron el 23.)

**Tabla 7.3.10. Participantes de Costa Rica para el Estudio del SAP en Chile**

Participantes	Puesto
Ing. Alejandro Molina Solís	Director Ejecutivo a.i, CONAVI
Ing. Maria Ramírez González	Jefe, Depart. de Diseño de Puentes, MOPT
Ing. Mario Loria Galagarza	Ingeniero, Depart. Diseño Puentes, MOPT
Ing. Gabriela Muñoz Peralta	Ingeniera, Depart. Diseño Puentes, MOPT
Ing. Andrea Soto Rojas	Director, Planificación y Control, CONAVI
MBA. Rafael Hernán Vasquez Astorga	Jefe, Sector de Planificación, MOPT

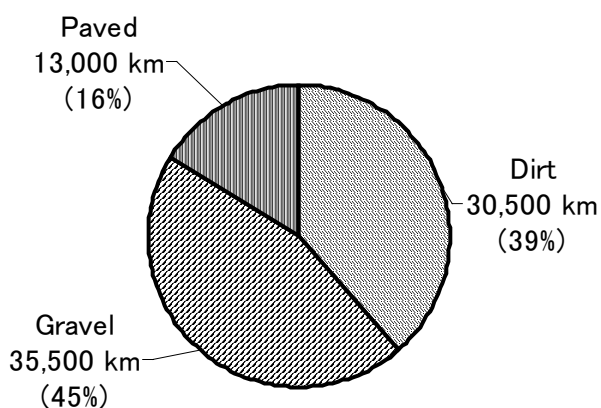
**Tabla 7.3.11. Contraparte de Chile para el Estudio del SAP**

Participantes	Puesto
Ing. Walter Wilson	Jefe, Depart. de Diseño de Puentes, MOPTT
Ing. Manuel Cariacedo	Contador, Jefe del Sistema Adm. Puentes
Ing. Karime Darwiche	Departamento de Puentes, MOPTT
Ing. Zeus Aguilera	Departamento de Puentes, MOPTT

## (2) Condiciones Actuales de los Puentes en Chile

### 1) Condiciones Generales de las Carreteras en Chile

Chile está localizado al sureste de Sur América, entre las latitudes 18° y 56°, el terreno es una franja delgada que varía de 80-150 km y se extiende 4.270 km de norte a sur y está constituida por doce regiones. Tiene una población de 15 millones de habitantes en un área de 750.000 km<sup>2</sup>. Las Regiones I, II y III en la parte norte del país están localizadas en una zona desértica con ricos recursos mineros que son los principales soportes de la economía nacional. Las Regiones IV y VII tienen climas templados con moderadas precipitaciones y se encuentran localizadas en las zonas centrales del país. La industria y la población se encuentran concentradas en estas regiones y la región de Santiago con seis millones de habitantes, la cual es la Región V. Las Regiones de la VIII a la X son muy lluviosas y son la mayor fuente de productos agrícolas. Las Regiones XI y XII están localizadas en el área glaciario y son ricas en bosques y lagos.



**Figura 7.3.5. Condición de la Red Vial en Chile**

### 2) Condición General de los Puentes en Chile

Se han estimado alrededor de 10,000 puentes en Chile y 8,000 han sido introducidos en el Sistema de Administración de Puentes, con un total de 180,000 metros lineales de puente. Los datos de las estructuras, las cuales fueron construidas bajo contrato por concesión de obra pública durante la última década, acaban de ser registradas en el sistema, esto debido a que los datos exactos no fueron presentados por los contratistas.

Los puentes se clasifican por el material de sus principales componentes, por ejemplo: **CAM** significa, subestructura hecha en **Concreto**, las vigas están hechas en **Acero** y la losa esta hecha en **Madera**, respectivamente, los porcentajes de distribución por tipo son los siguientes:

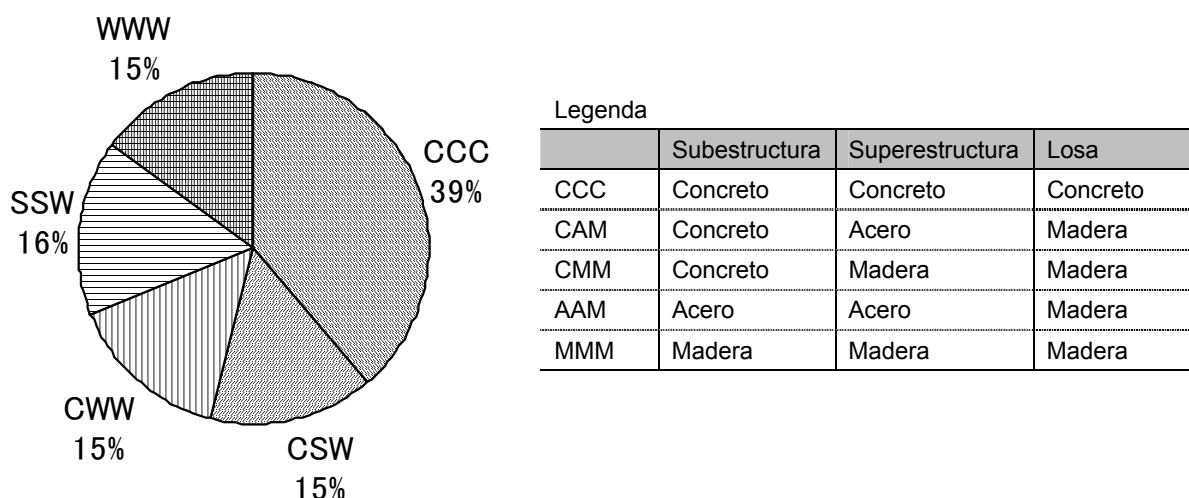


Figura 7.3.6. Clasificación de los Puentes por Material en Chile

### 3) Aplicaciones Importantes en los Puentes Existentes en Chile

Aplicaciones importantes en los puentes existentes en servicio en Chile son las siguientes:

1. Deficiencias en capacidad de soporte de los puentes

Muchos puentes fueron construidos hace varias décadas en el último siglo. La carga de diseño de esos puentes fue HS 14 del AASHTO. La carga viva de diseño estándar HS 20-44 del AASHTO fueron introducidas desde 1970.

2. Deficiencias en el diseño antisísmico

El método de diseño antisísmico fue introducido en el diseño de puentes debido a la alta frecuencia de terremotos con períodos de retorno de 20 años. El mayor terremoto en el mundo fue registrado en Valdivia en 1960 y tuvo una intensidad de 9,2 grados en la escala Richter.

3. Las inclinaciones de la mayoría de los ríos son agudas, porque el relieve del terreno esta 5.000 m sobre nivel del mar y la longitud de los ríos están dentro del 120 km con mucha precipitación, más el agua por deshielo en la época de primavera.

#### (4) Sistema de Mantenimiento de Puentes en Chile

"El proyecto de rehabilitación y la conservación de puentes en la República de Chile "fue puesto en ejecución por el equipo de Estudio de la Agencia Internacional de Cooperación de Japón (JICA) con la cooperación del departamento de conservación de puentes del MOPTT en Chile a partir de 1991 hasta 1993, El propósito era establecer metodologías para la administración del mantenimiento, un método de inspección de puentes y la modernización de un inventario de puentes de 250 puentes en la ruta No5.

1. La inspección de todos los puentes de la ruta No.5 (Autopista Inter-Americana) entre la ciudad de Serena y el puerto de Mont, con una longitud aproximada de 1.500km y especialmente, los 10 puentes seleccionados. La encuesta incluye la determinación de la resistencia del concreto, calidad del acero estructural, detección del acero del refuerzo, carbonatación del concreto, la deformación estructural, parámetros evaluados para los 10 puentes como proyectos modelo.
2. Preparar un manual de inspección para el mantenimiento de puentes.
3. Establecer un sistema de mantenimiento de puentes con MS-DOS Ver. 5.0. MS-C Ver 7.0 y una base de datos III PLUS Ver 1.1. El sistema no se utiliza debido al desarrollo de un sistema de operación en Microsoft Windows y lenguajes más versátiles como el Visual Basic.

Bajo estas circunstancias, el subdepartamento de conservación de puentes a cargo del Ing. Manuel Carracedo Contador y con recursos chilenos, ha desarrollado su propio sistema de administración en un lenguaje básico denominado "De Pontibus", para el departamento de puentes y estructuras. El sistema mantiene el formato de base de datos que elaboró el equipo de estudio de JICA en 1993, pero mejorado con nuevas tecnologías, por ejemplo, la introducción de fotografías, videos, archivos de reparación e información del estado del puente anteriormente cuando este ha sido substituído.

El sistema de mantenimiento de puentes "De Pontibus" salva los datos investigados del puente dañado así como la información del puente, tal como nombre de la estructura, tipo, localización (ruta, kilómetro, nombre del río etc.), geometría (camino, longitud, plantilla, pendiente del puente), descripción técnica (número de largueros y su longitud, cantidad de vigas, espesor de losa), tráfico promedio diario, carga viva de diseño, que entrelazan con toda la información existente, por ejemplo videos, fotografías, dibujos de funcionamiento, reparaciones y otras. El cuadro 7.3.7 muestra un ejemplo de una salida de datos.

REPUBLICA DE CHILE MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS		NOMBRE DEL PUENTE		MAIPOEFE		TIPO DE PUENTE	
		KM KM 30	DE LA RUTA 1	DEL TRAMO SANTIAGO - RANCAGUA DEL RIO MAIPO		HAA	
		REGION 13	PROV. MAIPO	COMUNA BUIN			
LONG TOTAL 360,8	ANCHO PASILLOS 0	ANCHO DE CALZADA 1676	LUZ MAYOR 32,8	NUMERO DE VIGAS 4			
GALIBO 7	ESPESOR DE LOSA 5/8	TIPO DE CARPETA F0000	TIENE REVIJARE NO				
OBRA PLUVIAL NO	TRANSITO (Pavida) 50	GRADO DADO 2	CAPACIDAD DEL PUENTE 				

Figura 7.3.7. Salida Visual del SAP en Chile

## **(5) Lecciones Aprendidas del Estudio en Chile**

Existen muchas lecciones que se aprendieron del estudio en Chile, las cuales pueden ser utilizadas adecuadamente en la mejora del manejo y mantenimiento de los puentes en Costa Rica.

### **✓ Fuerte Compromiso Político Para el Mantenimiento de Puentes.**

Incluso en casos donde el Ministerio de Obras Públicas y Transporte de Chile, donde el mantenimiento de puentes depende totalmente de la capacidad individual del ingeniero director, el cual fue contraparte oficial del estudio desarrollado por JICA. Un compromiso político más fuerte fue absolutamente necesario, fue así como los oficiales mayores atendieron los conceptos de mantenimiento total de puentes tales como "Evaluación del entrenamiento" y "Costo del Ciclo de Vida" los cuales son también requeridos.

### **✓ Desarrollo Comprensivo del Recurso Humano y Asignación de Presupuesto para el Mantenimiento de Puentes**

Las inspecciones de los puentes en Chile están siendo puestas en ejecución por la capacidad individual de un ingeniero director y su red de trabajadores, así como un recurso humano más comprensivo y sistemático, tal como la asignación presupuestaria, que esta asegurada para las actividades de mantenimiento de los puentes.

### **✓ Sistema Sostenible de Mantenimiento de Puentes**

En Chile, el sistema de mantenimiento de puentes ha sido modificado en su versión original para hacer el sistema de uso fácil y flexible a más largo plazo. Sin embargo, puede ser difícil mantener el sistema operando, si el ingeniero director, quien es individualmente capaz de mantener el sistema, sea retirado de su posición. En este sentido, es crítico crear un sistema sostenible de mantenimiento de puentes el cual pueda ser adaptado en cada país

### **✓ Mantenimiento de Puentes Bajo Concesión**

La construcción de caminos y puentes bajo concesión ha sido adoptada a escala nacional en Chile, las prácticas de mantenimiento de puentes tales como los reportes de las inspecciones bajo concesión son extremadamente insatisfactorias y pueden provocar problemas serios en un futuro cercano. Incluso en casos donde puentes construidos bajo concesión, los requisitos básicos para el mantenimiento siguen siendo iguales bajo la construcción convencional.

### **✓ Conocimiento Gerencial en Mantenimiento de Puentes**

Es necesario para compartir e intercambiar la información y el conocimiento en el mantenimiento de puentes, promover un amplio rango de cooperación en el campo del desarrollo de recursos humanos y entrenamiento entre los países del PPP, así como entre Costa Rica y Chile. Esto ha sido ofrecido por el gobierno de Chile, que esta listo para ampliar la cooperación a Costa Rica en el campo de mantenimiento de puentes como una



de las actividades de cooperación Sur-Sur.

#### ✓ **Otros Factores Relacionados con el Mantenimiento de Puentes**

El mantenimiento apropiado de puentes no se puede realizar solamente por ingenieros bien calificados en puentes. Por ejemplo, hay varios asuntos que no pueden ser solucionados por el departamento de puentes del ministerio. Esos asuntos incluyen i) la inestabilidad en las bases de puentes en canales bajos, ii) posibilidad de colisiones de vehículos en los puentes, debido a la falta de separaciones horizontales, iii) impactos en los puentes por los trabajos de reparación de los ríos, iv) daños de puentes por vehículos sobrecargados, etc. Se requiere tomar una gama amplia de contramedidas sociales y fronterizas.

#### ✓ **Consideración del Ambiente Natural Único de Costa Rica**

Mientras casi todas las regiones de Chile pertenecen a zonas áridas y semi-áridas, en Costa Rica, existe una alta precipitación. Las actividades de mantenimiento de puentes son frecuentemente afectadas por las condiciones ambientales de cada región, por lo que el ambiente natural único de Costa Rica debe ser considerado cuando se estudia apropiadamente el mantenimiento de un puente.

#### ✓ **Gerencia Total a Través de SAP**

Los funcionarios de Costa Rica y de Chile tienden a mal entender que la función del SAP es simplemente la salida de datos de las computadoras. Es importante entender que el SAP es una herramienta para la gerencia total de los datos del mantenimiento de puentes procesada por: computadoras.

### **7.3.6 Programa de Entrenamiento de la Contraparte JICA en Japón**

#### **1) Antecedentes**

La contraparte del MOPT tomó un entrenamiento como parte de este estudio, el cual da un aprendizaje factible del mantenimiento de puentes en Japón. Está dirigido a obtener los efectos suplementarios y amplificar la efectividad en el entrenamiento técnico y disseminación de transferencia técnica.

Se nombraron dos ingenieros del departamento de diseño de puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes para participar en el programa de entrenamiento. JICA diseñó los volúmenes técnicos del programa de entrenamiento "Planificación de la Rehabilitación, Mantenimiento y Administración de Puentes", en conjunto con el equipo de Estudio. El entrenamiento fue realizado del pasado 16 de enero al 3 de febrero de 2006.

#### **2) Programa de Entrenamiento**

El programa de curso comprendió una variedad de conceptos de la administración, particularmente el mantenimiento de puentes, hasta un estudio de casos específico del

trabajo de rehabilitación/refuerzo del puente, de cómo entrenarse adecuadamente para el uso práctico de instrumentos de inspección, experimentando visitas al sitio. Los programas fueron implementados a todo lo largo del período de capacitación dando conferencias y la base práctica “ de participación activa ”. Los ingenieros fueron debidamente certificados y concluyeron el programa en su totalidad.

Los programas y sus componentes fueron presentados en la tabla siguiente y las lecturas son:

- Ministerio de Suelos, Infraestructura y Transporte.
- Instituto Nacional para Mantenimiento de Suelos e Infraestructura: NILIM.
- Instituto de Investigación de Obras Públicas: PWRI.
- Oficina del Desarrollo Regional Kanto
- Gobierno Metropolitano de Tokio Oficina de Construcción División de Mantenimiento de Vías.
- Metropolitan Expressway Company Limited.
- Hanshin Expressway Company Limited.
- Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited
- Oriental Consultants Co., Ltd.

**Tabla 7.3.12. Programa de entrenamiento de la Contraparte de JICA**

Programa de entrenamiento	Esencia del entrenamiento y aplicación	Lectura
Aprender: <i>La estructura organizacional del mantenimiento de puentes Japonesa</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conceptos comprensión: evaluación de administración y mantenimiento de puentes</li> <li>- Introducción de las autoridades relevantes y su jurisdicción y rol en el mantenimiento de calles nacionales, calles regionales y carreteras</li> <li>- Estructura organizacional para el mantenimiento de calles nacionales, calles regionales y carreteras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ministerio de Terreno, Infraestructura y Transporte.</li> <li>- Instituto Nacional de Terreno y Mantenimiento de Infraestructura; INTMI.</li> <li>- Instituto de Investigación de Trabajos Públicos IITP.</li> <li>- Oficina de Desarrollo Regional de Kanto.</li> </ul>
Aprender: <i>Actividades detalladas para las prácticas de mantenimiento de puentes</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introducción a las inspecciones periódicas / emergencia</li> <li>- Introducción de los manuales prácticas, guías de inspección, etc. para ilustrar el deterioro de los puentes</li> <li>- Introducción al sistema de administración de puentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gobierno Metropolitano de Tokyo. Oficina de Construcción. División de Mantenimiento de Vías. Sección de Mantenimiento.</li> <li>- Autopistas Metropolitanas Compañía Limitada.</li> <li>- Autopistas Hanshin Compañía Limitada.</li> <li>- Puentes de Autopistas Honshu-Shikoku Compañía Limitada</li> <li>- Oriental Consultants Co., Ltd.</li> </ul>
Aprender tecnologías específicas para la rehabilitación, refuerzo y mantenimiento de puentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introducción de la tecnología básica y avanzada de la inspección y diagnóstico de puentes</li> <li>- Observación y práctica de la inspección de puentes</li> <li>- Introducción al refuerzo sísmico con ilustraciones de rehabilitaciones de puentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autopistas Metropolitanas Compañía Limitada.</li> <li>- Puentes de Autopistas Honshu-Shikoku Compañía Limitada</li> <li>- Oriental Consultants Co., Ltd.</li> </ul>

### 7.3.7 Seminario Internacional Plan-Puebla-Panamá

#### (1) Plan Puebla-Panamá

El Plan Puebla Panamá (PPP) es una serie de mega-proyectos de desarrollo industrial propuestos a través de México y Centro América para proveer una infraestructura laboral requerida para el Acuerdo de Libre Comercio Centroamericano (CAFTA) y últimamente, el Acuerdo de Libre Comercio de las Americas (FTAA) este uniría Norte, Centro y Sur América. El Plan Puebla Panamá fue lanzado desde el 2001, preparando el camino para integrar transporte e infraestructura eléctrica entre México, Belice, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Panamá y Costa Rica, 8 iniciativas que cubren 8 sectores diferentes se formaron para contener y emprender el Plan. Costa Rica es un país de la secretaría en la Iniciativa de Integración Vial con llevar a hombros al Comité Técnico del sector preocupado.

La participación de países que han adoptado en la propuesta de red vial, la cual es llamada RED DE CARRETERAS MESOAMERICANAS (RICAM), como parte de la Iniciativa de

Integración Vial del PPP. La integración del RICAM será bajo construcción y desarrollo de vías de importancia internacional del PPP, las cuales serán tomadas del marco de trabajo para el programa de cada país.

## **(2) Seminario Internacional**

### **1) Trasfondo**

MOPT/CONAVI/JICA están enterados de la importancia del Plan Puebla Panamá (PPP) para el desarrollo de estrategias, eso permite la modificación y actualización de los ocho países incluidos en el Plan, a través de esta iniciativa que contribuirá a la integración y al desarrollo sostenible de la Región Mesoamericana, esto a sido considerado apropiado para la organización del Seminario Internacional, lo cual es el principal objetivo por dar a conocer y buscar los mecanismos del cálculo de los resultados del Estudio que contribuyan al desarrollo de las capacidades de planificación, rehabilitación, mantenimiento y administración de puentes de los países del PPP.

### **2) Entorno del Seminario Técnico**

#### **Participantes**

Los 8 países del PPP participan en este Seminario. Cada país aporta a dos personeros que están a cargo de los servicios de infraestructura vial y del mantenimiento y planificación, inclusive. La experiencia de los ingenieros de puentes no limitada al mantenimiento de puentes requiere de un personero técnico y la experiencia en la planificación es para otro personero administrativo.

Además, serán invitados representantes de organizaciones relevantes del sector académico, privado y público, los cuales son miembros del “Núcleo del Grupo de Administración de Puentes (BMCG)”. Se espera la presencia de agencias de cooperación y donantes del PPP y/o programas de mejora de infraestructura.

**Tabla 7.3.13. Participantes en Seminario PPP**

<b>País</b>	<b>Participantes</b>	<b>Posición</b>
<b>Belice:</b> Ministerio de Obras Públicas	Ing. Graciano Medina	Ingeniero Jefe Regional
	Ing. Esmond Segura	Ingeniero Ejecutivo
<b>Colombia</b>	Representante del Comité Técnico por confirmar	
<b>El Salvador:</b> Ministerio de Obras Públicas	Ing. Carlos Ruiz	Representante del PPP
	Ing. José Ángel Meléndez	Jefe de Diseño, Unidad de Planificación
<b>Guatemala:</b> Ministerio de Comunicación, Infraestructura y Vivienda	Ing. Miguel Alberto López Estrada	Unidad de Concesión de Consejo Tecnológico
	Ing. Luis Humberto Leiva Prea	
<b>Honduras:</b> Secretaría de Obras Públicas, Transporte y Vivienda	Ing. Jose Ángel Diaz	
	Ing. Oscar Amando Arriaga Rivera	
<b>México:</b> Secretaría de Comunicación y Transporte	Ing. Hector Daniel Devesa Varas	Director de Adquisición de Proyectos
	Ing. Eduardo Verasco Santana	Sub-Director de Estructuras
<b>Nicaragua:</b> Ministerio de Transportes	Ing. José Ernesto Tellez Castellón	Director de Planificación
	Ing. Manuel Antonio Guido Ayerdis	Jefe de Oficina de Puentes
<b>Panamá:</b> Ministerio de Obras Públicas	Ing. Asdrúbal Terreros	Jefe de Departamento de Puentes
	Ing. Lionel Moreno	Ingeniero Estructural

<b>Costa Rica</b>	
MOPT:	Ministerio de Obras Públicas y Transportes
CONAVI:	Consejo Nacional de Vialidad
CNC	Consejo Nacional de Concesiones
MIDEPLAN	Ministerio de Planificación Nacional
MH	Ministerio de Hacienda
CIC	Colegio de Ingenieros Civiles
UCR	Universidad de Costa Rica
LANAMME	Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
<b>Entidades Nacionales</b>	
IDB	Banco de Desarrollo Inter-americano
CABEI	Banco Centroamericano de Integración Económica
CAF	Cooperación Andina de Fomento

### **Programa del Seminario**

El seminario está enfocado en dos temas principales que constan del programa del DC que la contraparte utilizará en el futuro y los aspectos técnicos de administración de puentes. Una sesión con presentaciones bases esta tomada y un taller se combina con la sesión. Todas las sesiones son, inicialmente, bajo la dirección de los ingenieros y personeros de la contraparte a fin de que el equipo de Estudio realice un papel de consejeros técnicos. El seminario fue

realizado el 11 de diciembre 2006, en San José, Costa Rica. Lo siguiente indica un programa global del taller práctico enfocado a una especialidad y detalles de sesiones en los asuntos especializados.

**Tabla 7.3.14. Programa de Seminario Internacional del PPP**

Time Tabla	Contents
8:00-8:30	Comentarios de Apertura: MOPT
	Comentarios de Apertura: Embajada de Japón / JICA
8:30-9:45	<b>Presentación: Programa de Desarrollo de Capacidad</b> Resumen de Plan de Mejora para el Mantenimiento de Puentes
	Preguntas & Respuestas
9:45-10:00	Receso
10:00-12:00	<b>Presentación : Asuntos Técnicos 1:</b>
	Preguntas & Respuestas
12:00-13:30	Almuerzo
13:30-16:15	<b>Presentación : Asuntos Técnicos 2:</b>
	Receso
	Preguntas & Respuestas. Intercambio de puntos de vista
16:15-17:30	<b>Taller: Programa de Desarrollo de Capacidad</b> Metodología del Programa de Administración para la mejora del Mantenimiento de Puentes
	Preguntas & Respuestas. Intercambio de puntos de vista
17:30-17:45	Cierre de la Sesión: CONAVI

**Presentación Asuntos Técnicos 1:**

Tema: Experiencia en la Administración de Puentes en el Estudio

- Introducción a la sesión
- Entorno del Sistema de Administración de Puentes
- Experiencias y Resultados de las Pruebas de Carga en los Puentes
- Introducción a los Métodos de Rehabilitación/Refuerzo
- Reporte de Administración de Puentes de Japón basado en el Programa de Entrenamiento JICA

**◆Presentación Asuntos Técnicos 2:**

Tema: Estudio de Caso de Trabajos de Reparación en el Puente “Río Puerto Nuevo”

- Introducción a la Sesión
- Inspección de Inventario y Valoración del Estado Actual
- Evaluación del Deterioro del Puente; deficiencia
- Inspección Detallada e Identificación de Causas de Deterioro
- Selección del Método de Reparación
- Diseño para Trabajos de Reparación y Estimación de Costos

## CAPÍTULO 8 INSPECCIÓN Y CONDICIONES EXISTENTES DE 29 PUENTES

### 8.1 Condiciones Actuales de los Puentes

#### 8.1.1 Condición de la Ruta en Estudio

Los 29 estudios de los puentes están localizados en las Rutas 1, 2, 4,32 y 218 como lo muestran las figuras 8.1.1, 8.1.2, 8.1.3, 8.1.4 y la tabla 8.1.1. Aunque existen mucho más puentes en las Rutas descritas, solo 29 han sido requeridos por el MOPT.

**Tabla 8.1.1. Trazo de la Ruta en Estudio**

Ruta No.	Trazo de Ruta
1	<ul style="list-style-type: none"><li>- Esta ruta es la autopista Interamericana la cual fue construida en 1950</li><li>- Un descenso suave continúa de San Ramón hasta el centro de San José a través del aeropuerto internacional. (Parte de vía de 6 carriles.)</li><li>- Descenso escarpado, dos carriles y un camino con curvas agudas hasta Barranca, esta lindera con el Océano Pacífico desde San Ramón.</li><li>- Una vía angosta continua hasta la frontera con Nicaragua.</li><li>- Es una carretera de cuatro vías localizada en el norte de San José.</li></ul>
2	<ul style="list-style-type: none"><li>- El camino de cuatro carriles continua desde San José a Cartago.</li><li>- Carretera escalada y con curvas agudas en montaña continúa desde Cartago hasta San Isidro.</li><li>- A penas existe un Puente desde San José hasta San Isidro, debido a que el camino fue construido a través del risco de una montaña que excede los 2.000 m de altitud.</li><li>- El camino pasa a través de una colina suave desde San Isidro hasta Buenos Aires. Existen campos de Caña de Azúcar y Piña.</li><li>- Desde Buenos Aires hasta la frontera con Panamá el camino se localiza sobre un terreno plano.</li></ul>
4	<ul style="list-style-type: none"><li>- El set de puentes en objeto de investigación se sitúa entre los 30km desde Santa Clara hasta la intersección de la Ruta 32 y de la Ruta 4.</li><li>- Este camino se construyó en un terreno plano.</li><li>- Productos agrícolas como la caña de azúcar y la piña son transportados hasta San José por la Ruta 4</li></ul>
32	<ul style="list-style-type: none"><li>- Este camino conecta con Limón, la única ciudad portuaria del mar Caribe. Por otra parte, este camino es plano como el camino a Pueblo Panamá en el lado del mar Caribe.</li><li>- Este camino pasa a través del parque nacional Braulio Carrillo. Este es un camino de montaña con pendientes escalonadas y curvas agudas el cual continúa desde Carrillo hasta Limón sobre un terreno plano.</li></ul>
218 & San José	<ul style="list-style-type: none"><li>- Esta ubicada en los suburbios de San José centro., el puente en objeto fue construido cuando la Ruta nacional 218 se amplió a cuatro carriles.</li><li>- Aunque existe mucho tráfico en esta vía, las pilas del Puente en estudio son extremadamente delgadas, y el socavación es intenso. Por lo tanto, la posibilidad de que ocurra un daño severo es alta.</li><li>- La congestión de tráfico es remarcada en el tronco del camino en el cual la parte central se conecta con un área residencial.</li></ul>

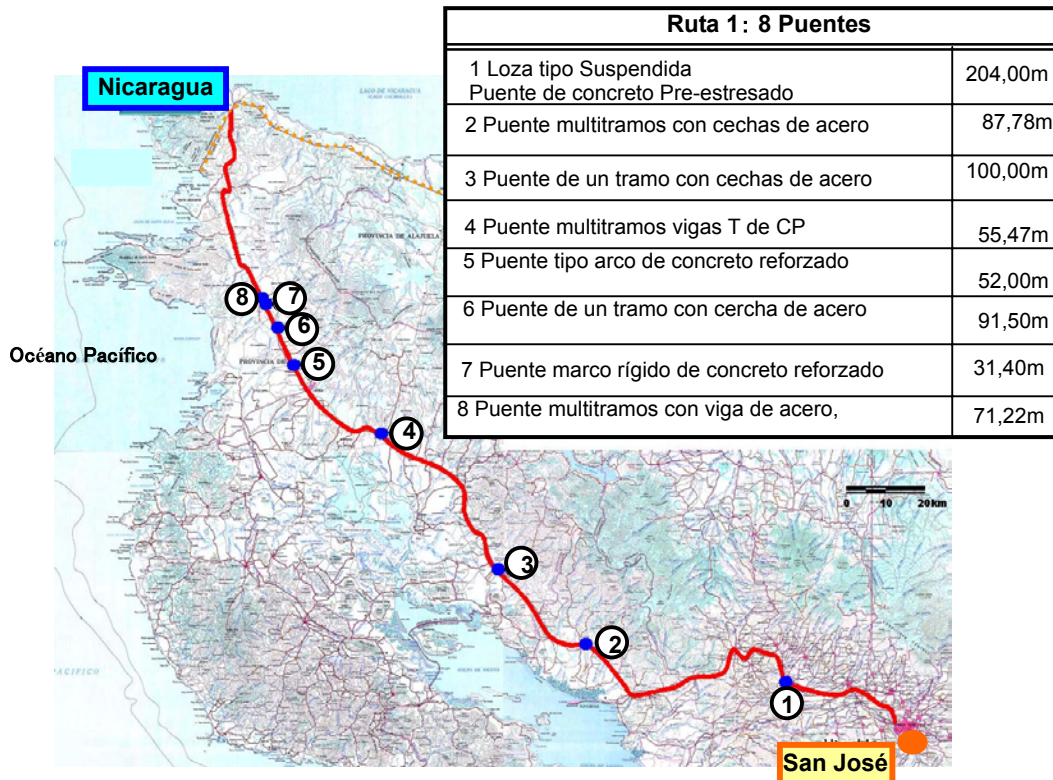


Figura 8.1.1. Ubicación de los Puentes en Estudio (Ruta 1)

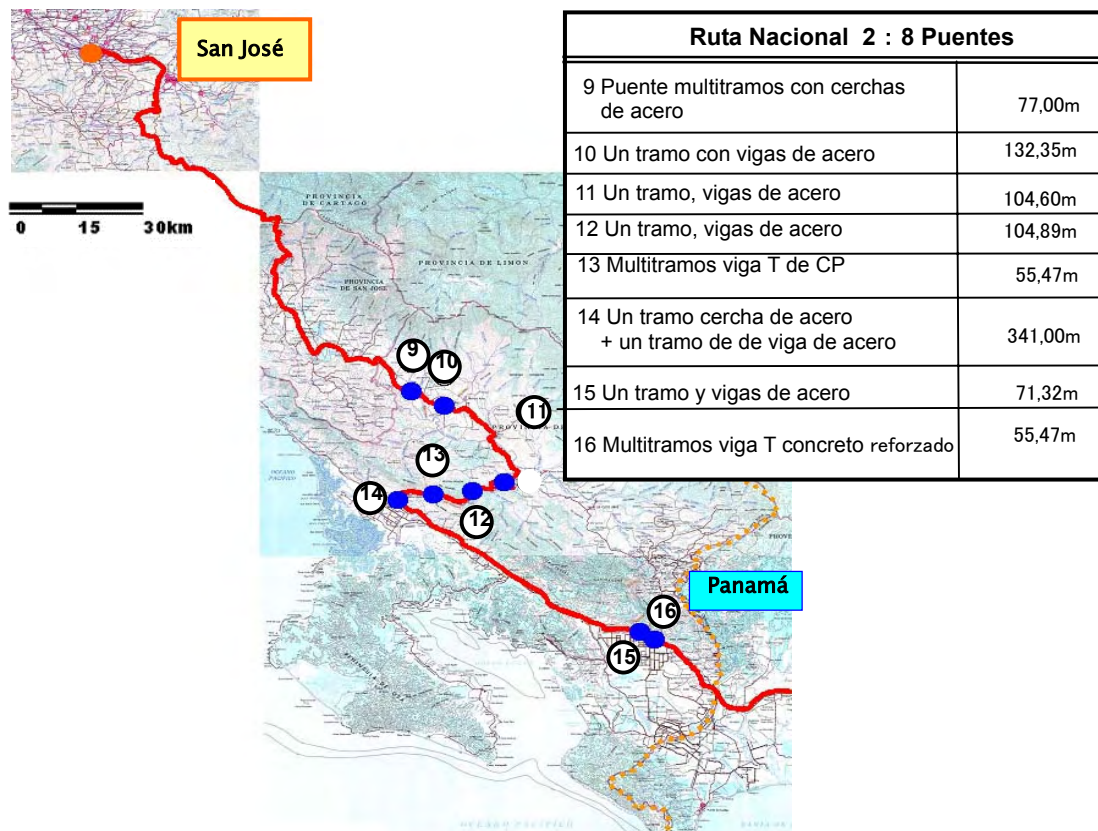


Figura 8.1.2. Ubicación de los Puentes en Estudio (Ruta 2)



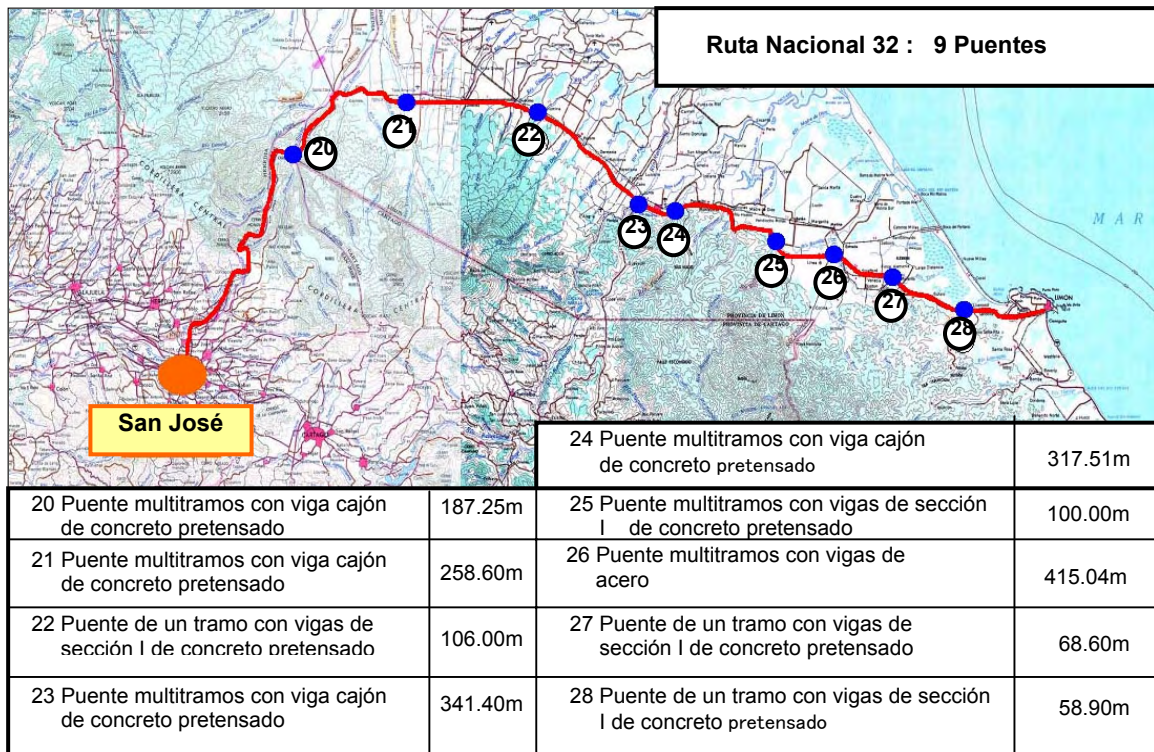


Figura 8.1.3. Ubicación de Puentes en Estudio (Ruta 32)

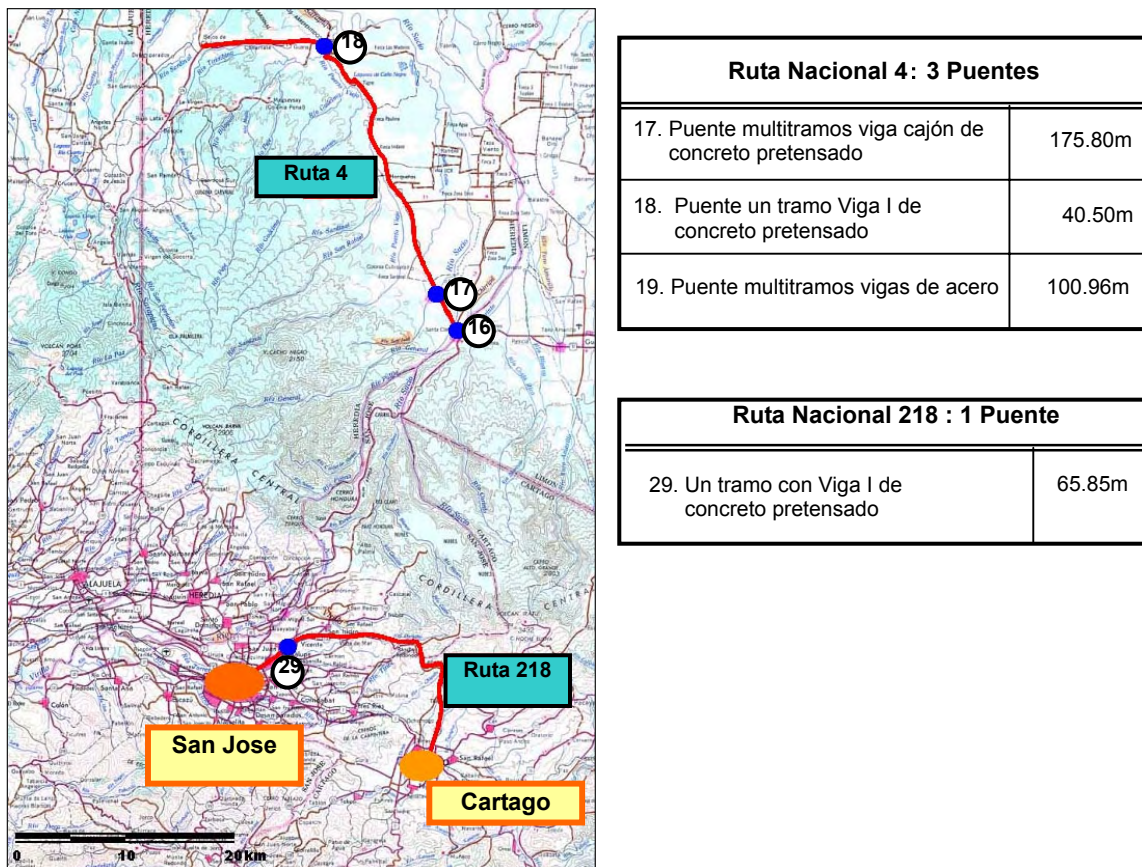


Figura 8.1.4. Ubicación de Puentes en Estudio (Ruta 4,218)

### 8.1.2 Condición de los Puentes en Estudio

De los 29 puentes en estudio, 17 son de vigas de concreto y 12 son puentes con vigas de acero. La tabla 8.1.2 muestra el tipo de puentes de los 29 puentes estudiados. Sin embargo, algunos de los 29 puentes en estudio no se han combinado con el mismo tipo de puente, por lo que la cantidad de tipos de puentes estudiados es de 38. En la Tabla 8.1.2 existen 11 tipos de puentes de las rutas en estudio.

La tabla 8.1.3 muestra el inventario de los 29 puentes en estudio.

**Tabla 8.1.2. Tipo de Puentes**

	Tipo	Número
Puentes de Concreto	1. Puente multitrans arco invertido de concreto pretensado	3
	2. Puente un tramo de arco invertido de concreto pretensado	2
	3. Puente Multitrans de viga cajón	4
	4. Puente un tramo viga I concreto pretensado	5
	5. Puente multitrans viga I concreto pretensado	5
	6. Puente de arco de concreto reforzado	2
	7. Puente de marco rígido de concreto reforzado	1
	8. Puente de Loza de tipo Suspendida	1
Puentes de Acero	9. Puente de un tramo cerchas de acero	4
	10. Puente multitrans cerchas de acero	1
	11. Puente un tramo viga I	5
	12. Puente multitrans viga I	4
	13. Puente tipo Gerber	1

Tabla 8.1.3. Inventario de los 29 Puentes en Estudio

N°	Punto	Ruta	Km	Largo Total (m)	Ancho del Camino (m)	# Tramo	Superestructura	Losa		Fecha de diseño	Fin de Construcción
								t (cm)	Material		
1	Río Colorado	1	36.6	203.50	8.50	9	Puente un tramo viga suspendida + 4 tramos CIP Concreto (15+25+108+25+15m)	15 (Central) 20 (para 15 & 25 m)	Concreto	Julio 1968	1970
2	Río Aranjuez	1	112.3	87.78	7.30	3	3 tramos continuos armadura de acero (24.38 + 39.01+ 24.38m)	18	Concreto	Setiembre 1944	1955
3	Río Abangares	1	143.3	100.00	8.54	2	Armadura de acero de dos tramos simples (40 + 60 m)	16.5	Concreto	Febrero 1952	1953
4	Río Piedras	1	189.8	55.47	7.31	3	3 tramos, vigas de concreto continuas CIP (17.07+31.33=17.07) (Sección Variable)	18	Concreto	Setiembre 1952	1959
5	Río Colorado	1	222.0	52.00	7.31	5	2 tramos, vigas de concreto continuas CIP + Arco de concreto simple + 2 tramos, vigas de concreto continuas CIP (4.72 + 6.02+ 30.48+ 6.02 + 4.72m)	25	Concreto	Agosto 1955	1959
6	Río Ahogados	1	232.5	91.50	7.31	3	Armadura de acero simple + 2 tramos, vigas de acero simple (61m + 2x15.25m)	16,50 (Centro)	Concreto	Octubre 1951	1954
7	Río Azufrado	1	239.8	31.40	7.31	3	3 Tramos continuos, Marco rígido viga de concreto reforzado (5.79 + 19.81 +5.79m) (Sección Variable)	16.5	Concreto	Setiembre 1953	1955
8	Río Tempisquito	1	240.2	71.22	7.30	3	3 tramos simples viga I de acero (22.11 +27.0 + 22.11m)	18	Concreto	Mayo 1905	N/D
9	Río Volcán	2	181.8	77.00	7.31	3	Viga I concreto postensado + Armadura simple de acero + Viga I concreto postensado (18.29 + 45.72 + 12.19m)	18	Concreto	Diciembre 1957	1961
10	Río Ceibo	2	189.6	132.35	7.31	5	5 tramos simples viga I de acero (24.54 + 3 x 30.80 +15.40 m)	18	Concreto	Enero 1958	1961
11	Río Curré	2	229.4	104.60	7.31	4	4 tramos simples viga I de acero (21.50+ 30.80 + 30.80 + 21.50m)	17.75	Concreto	Enero 1958	1961
12	Río Puerto Nuevo	2	234.4	104.89	7.31	5	5 tramos simples viga I de acero (21.41+ 2 x 21.65 + 24.73 + 15.43m)	17.75	Concreto	Enero 1958	1961
13	Río Zapote	2	248.4	55.47	7.31	3	3 tramos continuos viga I concreto postensado (17.06 + 21.33 + 17.06m) Sección Variable			-	1961
14	Río Terraba	2	256.1	341.00	7.31	7	4 tramos simples viga I de acero + 3 Tramos simples armadura de acero (4 x 27.43 + 3 x 76.20 m)	20	Concreto	Mayo 1956	1960
15	Río Caracol	2	323.3	71.32	7.31	3	3 tramos continuos viga I de acero (21.95 + 27.43 + 21.95m)	18	Concreto	Diciembre 1957	1961
16	Río Nuevo	2	327.2	55.47	7.31	3	3 tramos continuos viga I concreto postensado (17.06 + 21.33 + 17.06m) Sección Variable	18	Concreto	Diciembre 1957	1961
17	Río Chirripó	4	0.5	175.80	10.90	3	3 Tramos continuos, viga cajón de concreto preesforzado (45.50 + 82.50 + 45.5 m) Altura variable		Concreto	Enero 1974	1978
18	Río San José	4	4.1	40.50	10.00	2	2 Tramos Conectados, viga I concreto preesforzado (2 x 20.0 m)		Concreto	Mayo 1905	1978
19	Río Sarapiquí	4	30.8	97.90	7.30	3	3 Tramos Viga I acero puente tipo Gerber (22.30 + 55.0 +22.30 m) Tramo gerber 37 m		Concreto	Mayo 1905	1978
20	Río Sucio	32	39.8	172.65	9.75	3	3 4 tramos continuos viga cajón concreto preesforzado (55.20 + 102.0 + 30.0 m) Altura variable	18	Concreto	N/D	N/D
21	Río Toro Amarillo	32	59.7	260.00	10.10	4	4 tramos continuos viga cajón concreto preesforzado (46.5 + 2 x 82.8 +46.5 m) altura variable		Concreto	N/D	N/D
22	Río Parímina	32	78.7	106.00	10.10	3	3 tramos simples viga I de concreto preesforzado (3 x 35 m)	16	Concreto	Noviembre 1974	N/D
23	Río Reventazón	32	95.1	341.40	10.10	5	5 tramos continuos viga cajón concreto preesforzado (46.50 + 3 x 82.8 + 46.50 m) Altura variable	20	Concreto	Marzo 1975	N/D
24	Río Pacuare	32	100.4	317.51	8.50	10	10 tramos conectados concreto preesforzado I viga (9 x 32.67 + 17.0 m)	19	Concreto	Marzo 1969	N/D
25	Río Barbilla	32	116.4	100.00	8.50	3	3 tramos conectados concreto preesforzado I viga (32.89 + 32.70 +32.89m)	19	Concreto	Setiembre 1968	N/D
26	Río Chirripó	32	126.2	431.86	8.50	8	Viga I simple acero + 6 tramos continuos Viga I simple acero + Viga I simple acero (15.88 + 59.39 + 67.0 + 2 x 73.2 + 67.0 + 59.39 + 15.88 m) altura variable	17	Concreto	Julio 1969	1974 - 1978
27	Río Cuba	32	134.9	68.60	8.50	3	3 tramos simples viga I de concreto preesforzado (3 x 22.0m) puente sesgado	16	Concreto	Julio 1968	N/D
28	Río Blanco	32	148.2	58.90	8.50	3	3 tramos simples viga I de concreto preesforzado (17.0 + 22.0 + 17.0 m) Puente sesgado	16	Concreto	Setiembre 1967	N/D
29	Río Torres	218	1.2	66.46	7.00	3	3 tramos simples viga I de concreto preesforzado (30.0 + 2 x 17.0 m) Puente Curva	18	Concreto	Noviembre 1980	N/D

## 8.2 Método de Inspección

### 1) Estudio de la Documentación Después de la Inspección de los Sitios

Antes de realizar la inspección los documentos relacionados con: el inventario de los puentes en el MOPT, dibujos, historial de reparaciones, volumen de tráfico, mapas topográficos e información del Río son recolectados para entender la condición de cada puente.

Este estudio es importante para hacer un plan para la inspección de los 29 puentes del estudio. Los puntos principales del documento en estudio antes de la inspección de sitio se demuestran abajo.

- Condición topográfica
- Especificaciones de diseño (carga viva, material)
- Dimensión y tipo de estructura
- Condición del río

### 2) Hacer un Plan Para las Inspecciones en Sitio

#### a) Hoja de Inspección

Dado que los ítems de inspección como, partes de la estructura a inspeccionar y la evaluación del daño no difieren para cada inspector, se realizó una hoja de inspección general, que se muestra en la tabla 8.2.1, para el equipo de inspección y el MOPT. Cada ítem y parte de la hoja de inspección deben corresponder a los usados en la evaluación del daño que se realizará a los puentes.

Por otra parte, las características de los puentes en Costa Rica deben tomarse en cuenta dentro de la hoja de inspección, el equipo de estudio y el MOPT discutieron con respecto a los ítems de la hoja de inspección realizada.

#### b) Hoja de Inspección Para Medir las Dimensiones

En caso de que no se recolectaron las suficientes dimensiones del Puente, estas serán recolectadas por los inspectores para remarcar los dibujos, los cuales se mantendrán en la base de datos del SAEP. En resumen, los inspectores tendrán que usar las mismas hojas de inspección, que se muestra en la Figura 8.2.1 para evitar diferencias en la información.

En el caso de los 29 puentes estudiados, los principales dibujos los mantendrá el MOPT. Sin embargo, se pueden medir partes del Puente que se requieran para hacer un plan para reparar cualquier parte dañada con una inspección detallada

#### c) Instrucción Fotográfica

Ya que algunas fotos de partes del Puente pueden ser información útil para evaluaciones o hacer planes de reparación, estas fotos se pueden mantener en el servidor de datos del SAEP. Se debe marcar el punto o el ángulo de la fotografía como lo muestra la Figura 8.2.2.

- Vista general para entender la estructura del puente.
- Condición de la superficie del Puente.

- Tomar una foto de cada parte importante del Puente: viga, losa, arriostres, bastiones, Pilas etc.
- Parte dañada y condición

**d) Hacer una Película del Puente**

Puesto que la película es una medida más eficaz de entender la condición general o daño del Puente que la fotografía, esta se puede mantener dentro de los datos del servidor del SAEP.

**e) Ejecución de la Inspección de los 29 Puentes en Estudio**

La inspección en sitio de los puentes en estudio debe ser ejecutada para cada tipo de superestructura en el puente. Es una inspección visual usando la hoja de inspección antes dicha.

Los resultados de la inspección serán la base de datos del SAEP.

**3) Resultados de la Inspección**

En el orden de evaluar la categoría del daño., así como la condición del daño en cada Puente, como resultado de la inspección del sitio se siguen los siguientes pasos:

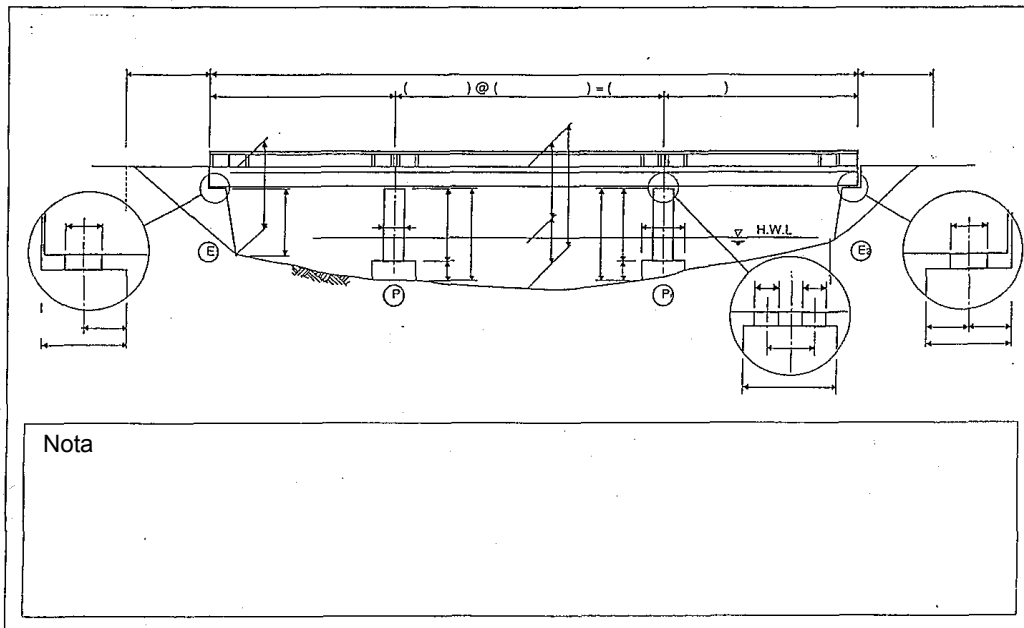
- a) Condición actual de cada puente con respecto a la estructura, el daño y al mantenimiento
- b) Examinar la causa del daño
- c) Hacer un inventario de los 29 puentes en estudio.
- d) Tabla de evaluación para la condición del daño.

**Tabla 8.2.1. Hoja de Inspección de Puentes**

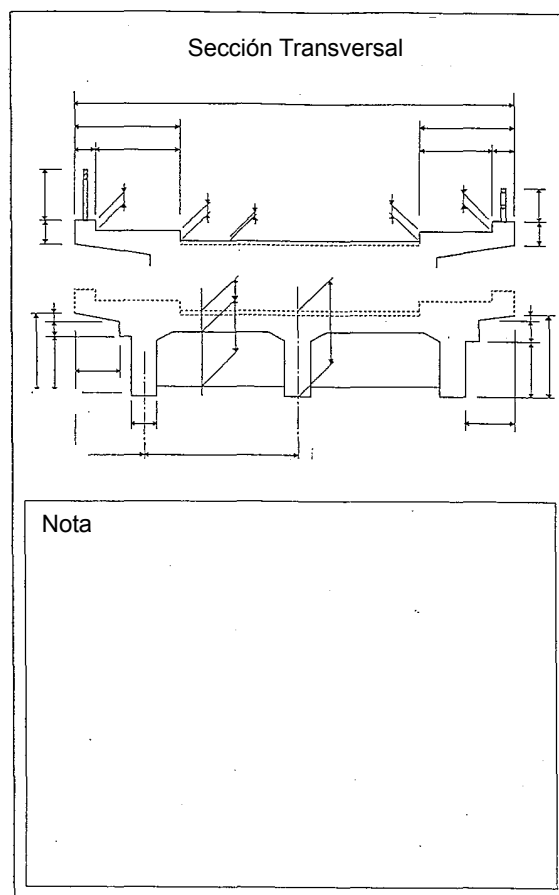
		TIPO DE DAÑO Y EVALUACIÓN DEL GRADO DEL DAÑO					
1. PAVIMENTO	ITEM	1. ONDULACION	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES		
	EVALUACIÓN						
2. BARANDA (ACERO)	ITEM	1. DEFORMACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. CORROSIÓN	4. FALTANTE		
	EVALUACIÓN						
3. BARANDA (CONCRETO)	ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	3. FALTANTE			
	EVALUACIÓN						
4. JUNTA DE EXPANSIÓN	ITEM	1. SONIDO EXTRAÑO	2. FILTRACIÓN DE AGUAS	3. FALTANTE OR DEFORMACIÓN	4. MOVIMIENTO VERTICAL	5. JUNTAS OBSTRUIDAS	6. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO
	EVALUACIÓN						
5. LOSA	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
	ITEM	7. SOBRECAPAS DE ASFALTO	8. AGUJEROS				
	EVALUACIÓN						
6. SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	ITEM	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. ROTURA EN UNIONES	5. ROTURA DE ELEMENTOS	
	EVALUACIÓN						
7. VIGA PRINCIPAL DE ACERO	ITEM	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. PERDIDA DE PERNOS	5. GRIETAS EN SOLDADURA O PLACA	
	EVALUACIÓN						
8. VIGA DIAFRAGMA CONCRETO	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
9. VIGA PRINCIPAL CONCRETO	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
10. APOYOS	ITEM	1. ROTURA DE APOYOS	2. DEFORMACIÓN EXTRAÑA	3. REQUIERE LIMPIEZA			
	EVALUACIÓN						
11. PARED CABEZAL Y ALETONES (BASTIÓN)	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
12. CUERPO PRINCIPAL (BASTIÓN)	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
	ITEM	7. DERRUMBE DE TALUD	8. INCLINACIÓN	9. SOCAVACIÓN			
	EVALUACIÓN						
13. VIGA (PILA)	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
14. CUERPO PRINCIPAL (PILA)	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
	ITEM	7. INCLINACIÓN	8. SOCAVACIÓN				
	EVALUACIÓN						
15. PINTURA	ITEM	1. DECOLORACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. AMPOLLAS	4. DESCASCAMIENTO		
	EVALUACIÓN						

EVALUACIÓN	GRADO DE DAÑO	SOCAVACIÓN
1	No se observa ningún daño	No hay socavación
2	Algunas partes	Tendencia a la socavación
3	Muchas partes	No hay socavación peligrosa
4	Menos de la Mitad de toda la parte	Socavación Peligrosa
5	Casi toda la parte	Condición de Emergencia



Vista de lado



Sección Transversal

Figura 8.2.1. Ejemplo de la Hoja de Medición para las Dimensiones del Puente

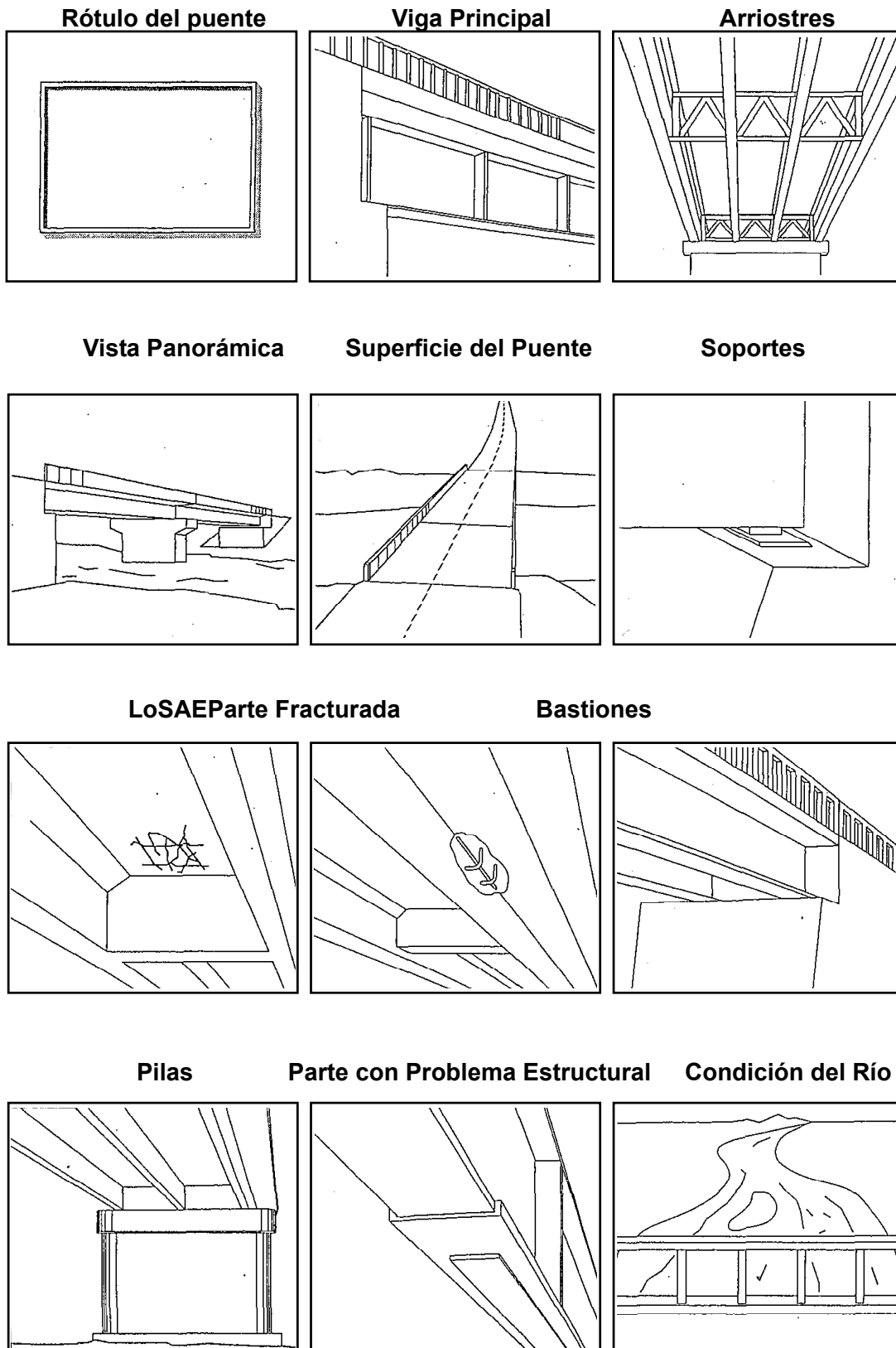


Figura 8.2.2. Estándar de Puntos de Vista



## 8.3 Resultados

### 8.3.1 Daños en Puentes

Una inspección de campo realizada por el equipo de estudio y su contraparte (MOPT & CONAVI) de los 29 puentes en estudio fue realizada para categorizar el nivel de daño para cada puente. Los resultados de la inspección fueron concluidos con respecto a los siguientes puntos:

- 1) Evaluación de la condición actual del Puente en al parte estructural y el mantenimiento.
- 2) Establecimiento de un inventario del puente.
- 3) Examinación y evaluación de la causa del daño.
- 4) Evaluación de la categoría del nivel de daño.

Durante la inspección de los sitios el equipo de estudio instruyó a su contraparte en técnicas de inspección de puentes como se muestra a continuación.

- Propósito de la inspección
- Punto de vista de la evaluación del daño
- Fabricación de una entrada en la hoja de inspección

Todos los 29 puentes en estudio fueron construidos en el periodo de 1955-1980, de los cuales 23 tienen más de 50 años de existencia. Por lo tanto el daño es causado por el cumplimiento del ciclo de vida, falta de mantenimiento, incremento del tráfico vehicular, aumento de la carga viva y los desastres naturales (terremotos e inundaciones) los cuales se encontraron casi en todos los puentes durante las inspecciones. Los resultados de las inspecciones se muestran en la tabla 8.3.4.

Del resultado de la inspección la tendencia al daño se muestra en la tabla 8.3.2. La tabla 8.3.3 compara la tendencia con la Ruta y la tabla 8.3.4 la compara con el tipo de puente.

Tabla 8.3.1. Resultado de la Inspección de los 29 Puentes

No.	Puente	Tipo de Daño																																		
		Pavimento		Baranda		Exposición		Loza			Acero		Concreto			Viga Principal		Apoyos		Pared Cabecal (Bastión)		Cuerpo (Bastión)		Martillo (Pila)		Cuerpo (Pila)		Pintura								
		a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.	i.	m.	g.	k.	a.	k.	e.	f.	g.	h.	i.	e.	f.	e.	f.	h.	i.	e.	f.	h.	i.	j.					
1-1	Rio Colorado	Δ	Δ																																	
2-1	Rio Aranjuez	X	X																																	
3-1	Rio Abangares	Δ	Δ	Δ																																
4-1	Rio Piedras	Δ	Δ	Δ																																
5-1	Rio Colorado	Δ	Δ																																	
6-1	Rio Ahogados	Δ	Δ																																	
6-2	Rio Ahogados	Δ	Δ																																	
7-1	Rio Azufrado	Δ	Δ	Δ																																
8-1	Rio Tempisque	Δ	Δ																																	
9-1	Rio Volcán	Δ	Δ																																	
9-2	Rio Volcán	Δ	Δ																																	
10-1	Rio Ceibo	Δ	Δ																																	
11-1	Rio Curré	Δ	Δ																																	
12-2	Rio Puerto Nuevo	Δ	Δ																																	
12-1	Rio Puerto Nuevo	Δ	Δ																																	
13-1	Rio Zapote	Δ	Δ																																	
14-2	Rio Terraba	Δ	Δ																																	
14-1	Rio Terraba	Δ	Δ																																	
15-1	Rio Caracol	Δ	Δ																																	
16-1	Rio Nuevo	Δ	Δ																																	
17-1	Rio Chirripó	Δ	Δ																																	
18-1	Rio San José	Δ	Δ																																	
19-1	Rio Sarapiquí	Δ	Δ																																	
20-1	Rio Succión	Δ	Δ																																	
21-1	Rio Toro Amarillo	Δ	Δ																																	
22-1	Rio Parísmiña	Δ	Δ																																	
23-1	Rio Reventazón	Δ	Δ																																	
24-1	Rio Pacuare	Δ	Δ																																	
25-1	Rio Barbilla	Δ	Δ																																	
26-1	Rio Chirripó	Δ	Δ																																	
26-2	Rio Chirripó	Δ	Δ																																	
27-1	Rio Cuba	Δ	Δ																																	
28-1	Rio Blanco	Δ	Δ																																	
29-1	Rio Torres	Δ	Δ																																	

Δ : 2 o 3  
 X : 4 o 5  
 a. Agrietamiento  
 b. Agujeros  
 c. Faltante  
 d. Deformación  
 e. Refuerzos Expuestos  
 f. Eflorescencia  
 g. Rompimiento  
 h. Inclutación  
 i. Socavación  
 j. Oxidación  
 k. Corrosión  
 l. Grietas en una Dirección  
 m. Grietas en dos Direcciones

**Tabla 8.3.2. Evaluación de Cada Ítem de los Resultados de Inspección**

Parte	Condición de Daño	Puente No.
Pavimento	- En casi todos los puentes se observó daño en el pavimento	
	- Como el recubrimiento del pavimento se realizó sin corte del mismo, la carga de pavimento se incrementó en muchos puentes - Por la sobreexpansión del pavimento, se abren huecos los cuales han sido obstáculo para los vehículos.	3,4,5,6,7,8,13, 15,16,17,19 20,21,26
Barandas	- Parte de las barandas se han perdido por actos humanos, tales como colisiones y robo. Especialmente se concentra en la Ruta 32	19,23,24,25,26
Juntas de expansión	- La filtración de agua fue observada en todos los puentes excepto el Puente No 7, esto por pérdida de tapajuntas y relleno premoldeado.	Casi todos puentes
	- La expansión de la Ruta 32 está completamente quebrada, y algunas partes de los puentes se perdieron. - Se observa que el terremoto de 1991 es la causa del daño en los puentes No.27 y No.28.	17,20,21,23, 27,28
Losa	- Ruta 1 planeada y construida en 1950, posee muchos daños en la losa - En los puentes de acero de la Ruta 1, se observan grietas en una dirección y dos direcciones acompañadas de florescencias. Pero en los puentes de concreto de la Ruta 1 solamente se observan florescencias debido a una mala construcción de las juntas. - Los daños de losa en puentes con cerchas de acero es intensa, y en algunos casos la losa ha fallado (No.3).	Grietas una direcc :7,8 Grietas en dos direc:2,3,6 Junta en construcción: 1,4,5
	- Daños en la losa fueron observados en los puentes con cerchas de acero en las Rutas 4 y 32 - Se observa que el daño en los puentes con viga de cajón en concreto es por la mala construcción en la Ruta 32.	19,21,26
Puentes de acero Largueros	- Daños en el arrojamiento se observaron en la Ruta 1 No.3. La junta del larguero tiene una grieta y la pérdida la cuerda.	3
	- Corrosión por falta de mantenimiento. Por ejemplo se observó falta de reparación en algunos puentes.	2,3,6,8,9,10,,14,15,19,26
	- Existen 4 puentes con corrosión parcial la cual avanza. - Se observa que la causa de corrosión no es sólo el desgaste sino la falta de drenajes y el musgo en las cuerdas. - Además, estos se concentran en las Rutas 1 y 2.	6,14,19
	- Los daños por colisión en algunos puentes con cerchas fue comprobado por el estilo de la puerta	3,9
Viga principal de acero	- Existen muchos puentes herrumbrados debido a la falta de mantenimiento o reparación regular.	2,3,6,8,9,10,14,15,19,26
	- Los dos primeros puentes de cada Ruta se observaron con corrosión. - Se sabe que la causa de la corrosión se basa en un mal drenaje cerca de la base del soporte, se observa el musgo y el agua de lluvia.	6,14,15,19,26
Viga transversal de concreto	- Se observó eflorescencia en sólo 2 puentes (No.7 y No.21) - En el puente No.7 se observó eflorescencia en grietas pequeñas, las cuales pueden ser por fatiga debido al tráfico pesado. - Eflorescencia en el puente No.21 al final de la viga transversal causado por la contracción del concreto en el tiempo de construcción.	7,21
Viga principal de concreto	- Deformación en las vigas se observa en los puentes con viga cajón - Esta razón puede ser el flujo lento del concreto en la viga principal.	17,20,21,23

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En los puentes No27 y 28R la viga l se observa desplazada</li> <li>- Desplazamiento causado por el terremoto de 1991</li> </ul>	27,28
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grietas en una dirección, Florescencias, hormigueros y fisuramiento se han observado en algunos puentes en las Rutas No1 y No 25 los cuales pueden ser causa de la fatiga por el pesado tráfico.</li> <li>- En el caso del puente No 21 puede ser causado por la misma razón de la deformación de la viga.</li> <li>- En los puentes No.25 y 28, los cuales pueden haber sido dañados por el terremoto en 1991, en el cual se observan fisuras y grietas en una dirección en la superficie de la viga.</li> </ul>	4,7,21,25,28
Soportes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las bases de los soportes necesitan limpiarse e instalar un sistema de drenaje para mantener la base en condiciones secas.</li> <li>- Algunos soportes.</li> <li>- En la Ruta 32 los soportes de algunos puentes se dañaron durante el terremoto de 1991.</li> </ul>	
Bastión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El principal daño de la subestructura es el reflujo de tierra y arena de los bastiones.</li> <li>- También todos los bastiones de los puentes son del tipo pila-bastión y casi todos están dañados en la cara frente al talud debido a decrepitud y flujos de arena y tierra.</li> <li>- Estos se concentran en otros caminos de la Ruta 1.</li> </ul>	4,8,9,11,12,13,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,28
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los bastiones de los puentes No.28 y 27 de la Ruta 32 están dañados por el terremoto de 1991.</li> </ul>	27,28
Pila	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grandes modificaciones etc. no fueron observadas en las pilas de los puentes. Pero grietas en una dirección, descascaramiento y exposición de las barras de acero si fueron observadas.</li> </ul>	1,4,5,6,9,17,20,26,27
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las pilas de las montañas que fueron dañadas por colisiones o piedras en inundaciones tiene expuestas las barras de acero.</li> </ul>	17,20
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Socavación de las bases de los puentes fueron revisadas en algunos puentes, especialmente el No 15 y 16 tienen proyectado una pila de fundación.</li> </ul>	2,15,16,19,24,28,29

**Tabla 8.3.3. Evaluación de los Resultados de la Inspección en Cada Ruta**

Ruta No	Daño
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existen muchos daños en la losa, pavimento y el sistema de pisos. Florescencias se observaron en casi todos los puentes.</li> <li>- La causa de las Florescencias es la filtración de agua de la junta por grietas o mala construcción.</li> <li>- Los detalles de Florescencias son la siguientes:                      Grietas en una dirección: Puentes No. 7, 8                      Grietas en dos direcciones: Puentes No. 2, 3, 6                      Construcción de juntas : Puentes No. 1, 4, 5</li> <li>- En el Puente No3 se observó un daño intenso, un hueco en la losa en la junta de la cuerda del sistema de piso.</li> <li>- Grietas y huecos se observaron en el pavimento de todos los puentes.</li> <li>- Existe una pequeña comparación a cerca de socavación de los bastiones y socavaciones pequeñas:                      Por bastiones: No.8, 4                      Socavación de la pila por inundación.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los daños en el pavimento y la losa no son severos en la Ruta 1.</li> <li>- Daños en la losa y el sistema de pisos se observaron en las Rutas No. 9, 10 y 14.</li> <li>- Socavación cerca de los bastiones y colapso de los taludes se producen excepto el Puente No 14.</li> <li>- La fundación de las pilas de los puentes NO 15 y 16 cerca de la frontera con Panamá están socavados gravemente.</li> </ul>
4,32,218	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La deformación de los bastiones, desplazamientos de las vigas, daños en las zapatas y grietas en las pilas fueron chequeadas en los puentes NO 27 y 28, causadas por el terremoto de 1991.</li> <li>- La deformación anormal en el centro de la luz se observa en todos los puentes con viga de cajón.</li> <li>- Existen muchos daños en el pavimento, barandas etc.</li> <li>- Existen daños en la losa y el sistema de piso de los puentes de acero. (No.19, 24).</li> <li>- La columna de la pila es muy delgada.</li> <li>- La Ruta 32 tiene muchos daños en los soportes comparada con las otras Rutas.</li> <li>- Especialmente 3 puentes (No.26, 27 y28) están quebrados por el terremoto.</li> <li>- El socavación de la pila del Puente No29 esta considerablemente en aumento.</li> </ul>

**Tabla 8.3.4. Evaluación del Tipo de Puente Según los Resultados de la Inspección**

Tipo de puente		Daño	Puente No.
Puentes de concreto	1. Puente multitramos de arco invertido de concreto pretensado	Solo Florescencias se observan en la superestructura en el puente No.4	4,13,16
	2. Puente de un tramo de arco invertido de concreto pretensado	Sin daños en superestructura	<u>9,12</u>
	3. Puente multitramos de viga cajón concreto pretensado	Deformación de la viga principal	17,20,21,23
	4. Puente un tramo de viga I concreto pretensado	Solo en el puente No.28, se observó una grieta en una dirección.	18,22, <u>24</u> ,27,28
	5. Puente multitramos de viga I concreto pretensado	Sin daños en superestructura	<u>24,25</u>
	6. Puente de arco de concreto reforzado	Solo florescencias se observan en la losa.	5
	7. Puente de marco rígido de concreto reforzado	Florescencias y grietas en una dirección se observaron en la losa	7
	8. Otros tipos de puentes	Florescencias y pequeños daños se observan en la losa.	1
Puentes de acero	9. Puente de un tramo cerchas de acero	Muchos daños se observan en la losa. Se observa corrosión en los largueros y viga principal.	3, <u>6</u> ,9,14,
	10. Puente multitramos con cerchas de acero	Se observan muchos daños en los largueros y la viga principal.	2
	11. Puente de un tramo viga tipo I	Se observaron algunos daños en la losa. La condición del daño es mejor que en los multitramos. En caso del puente No 26, las vigas se cayeron en el terremoto del 1991.	<u>10,11,12</u> , <u>14,26</u>
	12. Puente multitramos con viga tipo I	Se observan muchos daños en la losa. Se observa corrosión en los largueros y viga principal.	<u>6,8,15,26</u>
	13. Puente tipo Gerber	Se observan muchos daños en los largueros y la viga principal.	19

Nota: Los Puentes con una línea debajo de sus números tienen diferentes tipos de superestructuras en el mismo Puente.

Del estudio anterior, se examinan las causas del daño así como su condición como muestra la Tabla 8.3.5, esta muestra la relación entre condición y causa del daño.

### 1) Superestructura

Se observaron daños en la losa en casi la mitad de los 29 puentes (14 puentes) especialmente, en los puentes de la Ruta No 1. Sin embargo, en la Ruta No 2 que fue construida en los años 60, casi con la misma edad de la Ruta No1, no se observaron daños en las losas. Esto concluye que el alto tráfico vehicular en la Ruta No1 es el causante del deterioro de la losa.

Los daños en la losa en los puentes con vigas de acero tienden a ser más serias que en los puentes con vigas de concreto y específicamente en los casos de los puentes con cerchas en donde las losas tienen daños más serios. Además daños en partes de las juntas entre la cuerda

y la viga transversal fueron observados. Se observa la falta de rigidez en los largueros, que es también una causa del daño de los mismos. En los casos de los puentes No.26, 27 y 28 en la Ruta 32 cerca de Limón, las vigas se desplazaron y los soportes están quebrados a causa del terremoto de 1991. La deformación en las vigas en puentes con vigas tipo cajón de concreto es causada por el Flujo lento del concreto.

## 2) Subestructura

En el caso de subestructuras, el colapso del talud alrededor de los bastiones es observado en casi todos los puentes y en algunos puentes el socavación de la fundación alrededor de las pilas es observado también. Especialmente en el caso del puente No. 16, con una condición muy grave en el cual la pila de la fundación se observa más de 2m.

En el caso de los puentes No. 27 y 28 en la Ruta 32 cerca de Limón, la fundación del bastión esta gravemente dañada por el terremoto de 1991.

## 3) Accesorios

En el orden de entrelazar los puntos del mantenimiento tales como soportes, juntas de expansión y barandas que están dañados en casi todos los puentes.

**Tabla 8.3.5. Causa de Daños y Condición de Daños**

Causa del daño	Condición del daño	Puente No.
1) Deterioro 2) Falta de mantenimiento	Herrumbre miembros de acero	6, 14, 15, 19, 26
	Daño de los soportes	22,26,27,28
	Obstrucción de la función	
	Daño en la junta de expansión	9, 17, 20, 21, 23, 27, 28
3) Daño de la losa por el tráfico pesado	Grietas en losa (1 direc)	2, 3, 6, 7, 8, 10, 19, 21, 26, 28
	Grietas en losa (2 direc)	2, 3, 6, 26
	Eflorescencias	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,8, 10 , 19, 26
	Acero de refuerzo expuesto	1, 3, 14 , 26
	Huecos	3
	Grietas o ondulación en el pavimento	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 23, 24, 25, 26, 27, 28
4) Colisión Vehículos	Daños en los brazos del portal en puentes con cerchas.	3, 9
	Caños del pasamanos	7, 19, 21, 23, 24, 25, 28
5) Socavación alrededor de la pila	Colapso del talud alrededor bastión	4, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28
6) Daño de la columna de la pila por piedras en las inundaciones	Fundaciones expuestas	2, 15, 16, 19, 24, 28, 29
	Degradación de la estabilidad	
	Daño de la columna de la pila por piedras en las inundaciones	17, 20
7) Daños en fundación o soportes	Desplazamiento de la viga	26, 27, 29
	Inclinación del bastión	27, 28
8) Desplazamiento de la viga principal	Falla cortante en pila fundación	
9) Construcción inferior	Hormiguero	2, 7, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 28
	Deformación viga principal	17, 20, 21, 23

### 8.3.2 Condición de Río en el Sitio del Puente

#### 1) Condición actual de los Ríos en los 29 Puentes

La condición actual de los ríos en los 29 puentes se muestra en la tabla 8.3.6. La condición del flujo de los ríos en los puentes No. 10. 11. 12. 13.15. 16. 17. 18 y 29 han cambiado el canal y las condiciones de flujo también han cambiado de las condiciones iniciales cuando se construyeron.

**Tabla 8.3.6. Condiciones Actuales de los Ríos en los 29 Puentes**

Puente No / Nombre	Ruta No	Perfil del Río (%)	Cuenca (km <sup>2</sup> )	Distancia al Océano (km)	
1	Colorado	1	3.0	159,8	36,6
2	Aranjuez	1	1.0	158,6	112,3
3	Abangares	1	1.6	128,1	143,3
4	Piedras	1	0.5	158,2	189,8
5	Colorado	1	1.0	90,5	221,9
6	Ahogados	1	0.6	188,0	232,5
7	Azufrado	1	1.0	12,8	239,8
8	Tempisquito	1	0.5	184,4	240,2
9	Volcán	2	1.0	147,1	181,8
10	Ceibo	2	0.7	251,0	189,6
11	Curre	2	1.1	15,5	229,3
12	Puerto Nuevo	2	1.0	6,1	234,4
13	Zapote	2	0.5	4,4	248,4
14	Térraba	2	0.2	-	256,1
15	Caracol	2	0.3	22,2	323,3
16	Nuevo	2	1.2	11,9	327,2
17	Chirripó	4	1.5	392,2	45,0
18	San José	4	2.3	37,5	50,0
19	Sarapiquí	4	0.5	841,6	65,0
20	Sucio	32	2.4	194,9	39,7
21	Toro Amarillo	32	2.5	149,2	59,6
22	Parismina	32	1.8	39,7	78,7
23	Reventazón	32	1.0	1.720,8	95,0
24	Pacuare	32	1.2	662,8	100,4
25	Barbilla	32	1.0	216,4	116,3
26	Chirripó	32	0.5	1.070,4	126,2
27	Cuba	32	0.2	22,0	134,8
28	Blanco	32	0.3	58,3	148,2
29	Torres	218	2.1	30,7	66,4



## 2) Estudio de la Condición del Puente para el Flujo del Río

Se muestra una evaluación para juzgar la estabilidad de la condición del Río y los factores que influyen sobre el flujo del Río en la tabla 8.3.7

Las ecuaciones para determinar el volumen máximo del flujo así como su velocidad se muestran en la tabla 8.3.8. El largo mínimo del tramo (Figura 8.3.1) y el espacio libre bajo la viga (Tabla 8.3.8) son examinadas conforme las leyes de mantenimiento de ríos en Japón.

**Tabla 8.3.7. (1) Evaluación de la Estabilidad del Cauce del Río (Ruta1)**

Puente No	1	2	3	4	5	6	7	8	
Nombre del Río	Río Colorado	Río Aranjuez	Río Abangares	Río Piedras	Río Colorado	Río Ahogados	Río Azufrado	Río Tempisquito	
N.A.M (El. in m)	-	95,1	69,2	64,6	94,2	82,3	92	89,6	
Profundidad N.A.M (m)	-	3,4	4,3	8,5	6,1	10,1	6,4	3,8	
Ancho Promedio(B) (m)	-	67,1	83,8	55,5	28	91,7	23,8	57,9	
Area de Flujo(A) (m2)	-	170	234	272	113	436	58	251	
Grado Promedio	-	1	1,6	1,4	1,1	0,8	1	0,5	
Coefficiente of rugosidad(n)	-	0,04	0,035	0,03	0,04	0,04	0,04	0,047	
Espacio Libre	-	5,8	3	0,5	1,2	2	3,7	6,6	
Longitud del Puente (m)	-	87,8	101,3	55,5	52	91,8	31,4	71,3	
Número de Tramos	-	3	2	3	1	3	2	3	
Longitud de Tramos (m)	(MAX)	-	39	73,9	21,3	30,5	61	19,8	27,4
	(MIN)	-	24,4	46,7	17,1	-	15,2	5,8	21,9
Tipo de Pilas	Marco Rígido	Muro	Muro	Marco Rígido+Muro	Puente de Arco	Muro 5.0x1.6	Muro	Marco Rígido+Muro	
Grado de Sesgo	-	-	15	-	20	10	10	0	
R(A/B)	-	2,53	2,79	4,9	4,04	4,75	2,44	4,34	
Velocidad de flujo(m/s)	-	4,64	7,16	11,38	6,65	6,32	4,53	4	
Volumen de Flujo (m3)	-	788,8	1675,44	3095,36	751,45	2755,52	262,74	1004	
Longitud de Tramo Necesario (m)	-	20	20	35	20	34	12,5	20	
Espacio Libre Necesario (m)	-	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	0,8	1,0	
Evaluación de Longitud de Tramo	Principal		BUENO	BUENO	FALLO	BUENO	BUENO	BUENO	
	Lateral		BUENO	BUENO	FALLO	BUENO	FALLO	BUENO	
Evaluación de Espacio Libre		BUENO	BUENO	FALLO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	

**Tabla 8.3.7. (2) Evaluación de la Estabilidad del Cauce del Río (Ruta2)**

Puente No.	9	10	11	12	13	14	15	16	
Nombre de Río	Río Volcán	Río Ceibo	Río Curré	Río Puerto Nuevo	Río Zapote	Río Terraba	Río Caracol	Río Nuevo	
N.A.M (El. in m)	354,2	250,2	79,6	65,8	39	24,4	25,9	99,4	
Profundidad N.A.M(m)	11,5	4,9	9,8	10,2	16	8,5	1,9	2	
Ancho Promedio(B) (m)	54,9	109,7	83,4	85,3	61	310,9	71,3	20,7	
Area de Flujo(A) (m2)	342	276	457	657	252	3299	95	29	
Average Grade	1	0,7	3,45	7,5	12	0,5	2	1,2	
Coefficiente de Rugosidad(n)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,027	0,035	0,035	
Espacio Libre	6,3	7,8	5,4	3,8	4,6	1,5	3	4,1	
Longitud de Puente (m)	76,2	131,1	103,6	103,6	55,5	341,2	71,3	55,5	
Numero de Tramos	3	5	4	5	3	7	3	3	
Longitud de Tramos (m)	(MAX)	45,7	30,5	30,5	24,4	21,3	76,2	27,4	21,3
	(MIN)	12,2	15,2	21,3	15,2	17,1	27,4	21,9	17,1
Tipo de Pilas	Muro 4.3x0.85	Columna D=1.83m	Columna D=1.98m	Columna D=1.82m	Marco Rígido+Muro	Oval 584x244	Pila Circular Hueca D=5.20m	Muro	
Grado de Sesgo	-	-	-	12	30	-	0	30	
R(A/B)	6,23	2,52	5,48	7,7	4,13	10,61	1,33	1,4	
Velocidad de Flujo(m/s)	8,46	3,87	14,43	26,7	22,29	12,65	4,89	3,92	
Volumen de Flujo (m3)	2893,32	1068,12	6594,51	17541,9	5617,08	41732,35	464,55	113,68	
Necesario Longitud de Tramos	34	20	53	108	48	229	15	12,5	
Necesario Espacio Libre	1,2	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	0,8	0,6	
Evaluación de Longitud de Tramos	Principal	BUENO	BUENO	FALLO	FALLO	FALLO	FALLO	BUENO	BUENO
	Lateral	FALLO	FALLO	FALLO	FALLO	FALLO	FALLO	BUENO	BUENO
Evaluación de Espacio Libre	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	

**Tabla 8.3.7. (3) Evaluación de la Estabilidad del Cauze del Río (Ruta 4 & 218)**

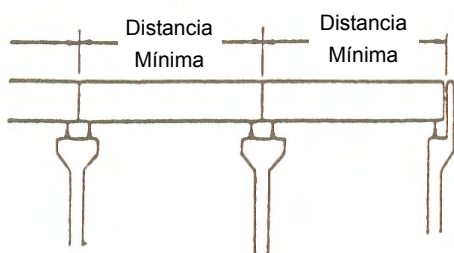
Bridge No		17	18	19	29
Nombre de Río		Chiripó	San José	Sarapiquí	Torres
N.A.M (El. in m)		238	184	98,9	1261,683
Profundidad N.A.M (m)		11	5	20,3	4,15
Ancho Promedio(B) (m)		150	29	88	21,5
Area de Flujo(A) (m2)		567	101	197	52
Average Grade		1,5	1,5	0,5	2,7
Coefficiente de Rugosidad(n)		0,027	0,027	0,03	0,04
Espacio Libre		2,5	3	2,1	6
Longitud de Puente (m)		175,8	40,5	100,96	66,46
Numero de Tramos		3	2	3	3
Longitud de Tramos (m)	(MAX)	82,8	20	55	30
	(MIN)	46,5	20	22,28	17
Tipo de Pilas		Oval 520x200	Columna D=2.13m	Oval 300x100	Columna D=1.5m
Grado de Sesgo		-	20	-	30
R(A/B)		3,78	3,48	2,24	2,42
Velocidad de Flujo(m/s)		11,01	10,42	4,04	7,4
Volumen de Flujo (m3)		6242,67	1052,42	795,88	384,8
Necesario Longitud de Tramos (m)		51	20	20	12,5
Necesario Espacio Libre (m)		1,2	1,0	1,0	0,8
Evaluación de Longitud de Tramos	Principal	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO
	Lateral	FALLO	BUENO	BUENO	BUENO
Evaluación de Espacio Libre		BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

**Tabla 8.3.7. (4) Evaluación de la Estabilidad del Canal del Río (Ruta 32)**

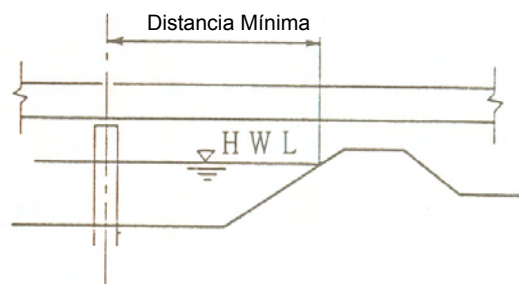
Puente No		20	21	22	23	24	25	26	27	28
Nombre de Río		Río Sucio	Río Toro Amarillo	Río Parismina	Río Reventazon	Río Pacuare	Río Barbilla	Río Chiripo	Río Cuba	Río Blanco
N.A.M (El. in m)		462	295	72	85,5	54	29,5	16,4	11,2	6
Profundidad N.A.M (m)		8,1	7	5	8	6,5	3,5	9,5	4,5	6,7
Ancho Promedio(B) (m)		100	225	93	330	285	80	405	59	47
Area de Flujo(A) (m2)		252	724	208	1688	785	337	1500	130	166
Average Grade		4,2	2,5	1,8	1	1,2	1	0,3	0,2	0,1
Coefficiente de Rugosidad(n)		0,05	0,05	0,04	0,04	0,033	0,035	0,027	0,027	0,027
Espacio Libre		19	3	2,2	4	4	4	6	2	1,6
Longitud de Puente (m)		187,25	258,6	106	341,4	317,5	100	415,04	68,6	58,9
Numero de Tramos		2	4	3	5	10	3	7	3	3
Longitud de Tramos (m)	(MAX)	102	82,8	35	82,8	32,67	32,78	73,2	22	22
	(MIN)	55,25	46,5	35	46,5	17	32,78	15,86	22	17
Tipo de Pilas		Pila Circular	Oval 520x200	Pila Hueca D=2.0m	Oval 520x200	Muro	Muro	Oval 400x160	Marco Rígido+Muro	Marco Rígido+Muro
Grado de Sesgo		-	40	0	10	(50)	(66)	-	(60)	(55)
R(A/B)		2,52	3,22	2,24	5,12	2,75	4,21	3,7	2,2	3,53
Velocidad de Flujo(m/s)		7,59	6,9	5,74	7,43	6,52	7,45	4,85	2,8	2,72
Volumen de Flujo (m3)		1912,68	4995,6	1193,92	12541,84	5118,2	2510,65	7275	364	451,52
Necesario Longitud de Tramos		20	45	20	83	46	33	56	15	15
Necesario Espacio Libre		1,0	1,2	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8
Evaluación de Longitud de Tramos	Principal	BUENO	BUENO	BUENO	FALLO	FALLO	FALLO	BUENO	BUENO	BUENO
	Lado	BUENO	BUENO	BUENO	FALLO	FALLO	FALLO	FALLO	BUENO	BUENO
Evaluación de Espacio Libre		BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO

**Tabla 8.3.8. Ecuaciones para Calcular el Volumen Máximo y su Velocidad**

$Q = A \cdot V$ <p>Q = Caudal Máximo                  A =Sección transversal Hidráulica para calcular el nivel básico de N.A.M considerando las señales de la ultima inundación y datos obtenidos de los habitantes del lugar.</p> $V = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$ <p>n =Coeficiente de Rugosidad. resuelto por medio de la inspección visual de las fotos e en sentido descendente y ascendente. comparándolo con los del libro del profesor Chow.</p> <p>R =A/B (B =Ancho del Río)                  I = Pendiente promedio de la superficie del agua durante las inundaciones.</p>
---



**(a) Longitud del Tramo del Puente**



**(b) Longitud del tramo en casos donde el bastión se construyo sobre el banco del río o en un embarcadero.**



**(c) Longitud del Tramo en Casos de Puentes Sesgados**

Nota: La longitud del tramo es la distancia entre el centro de las dos pilas vecinas y la longitud del tramo la cual será medida en el ángulo derecho del cauce del río.

**Figura 8.3.1. Longitud de Tramo Mínima**

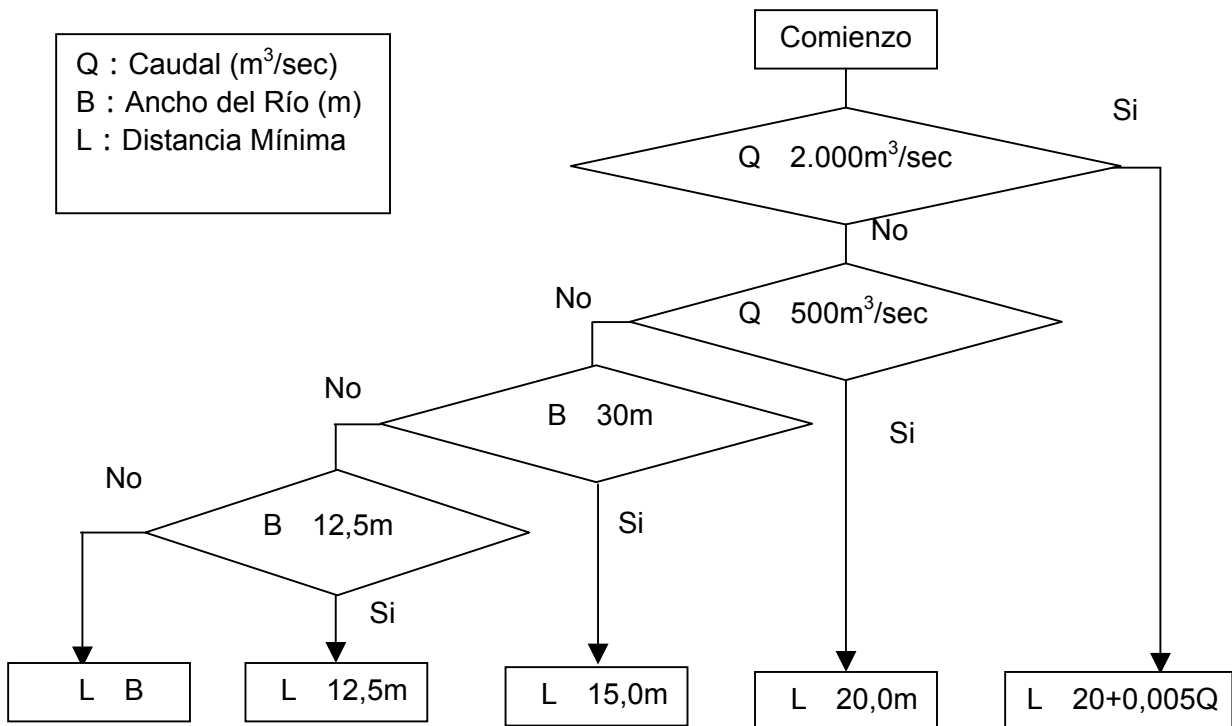
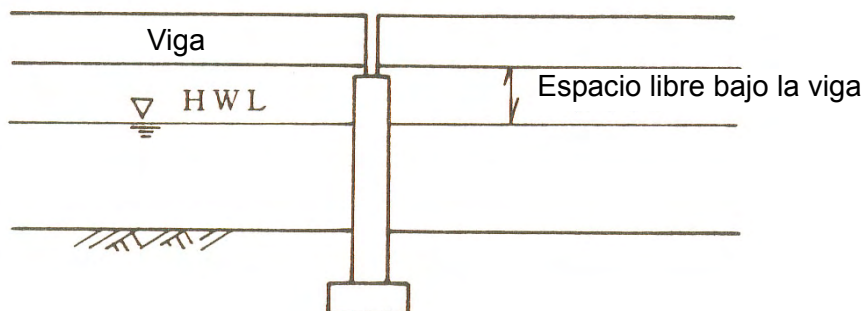


Figura 8.3.2. Longitud de Tramo Mínima Requerida.

Tabla 8.3.9. Espaciamiento Libre Requerido

Q ( m <sup>3</sup> / sec )	Q<200	200 Q<500	500 Q<2.000	2000 Q<5.000
Espacio libre bajo la viga (m)	0.6	0.8	1.0	1.2



### 8.3.3 Otras Condiciones Relevantes en el Mantenimiento de Puentes

#### 1) Carga Viva y Condición de la Losa

La tabla 8.3.10 muestra las especificaciones evaluadas de los 29 puentes. Todos los puentes de las Rutas 1 y 2 fueron diseñados con la carga viva H15-S12 excepto el puente No.1. las otras Rutas fueron diseñadas con la carga viva HS20-44.

Los espesores de las losas son menores de 20 cm en todos los puentes y el espesor mínimo es de sólo 16.5 cm. en el puente No.3. Esta evaluación se tomo de las inspecciones de los sitios.

Los puentes de las Rutas 1 y 2 fueron construídos en el período de 1953 a 1961y el puente más viejo en la Ruta 32 se construyó en 1970, el cual pasó con el tiempo de un puente de vigas de acero a vigas de concreto.

**Tabla 8.3.10. Especificación del Funcionamiento del Estudio 29 Puentes**

No.	Puente	Ruta	Tramos	Edad	Simple o Continuo	Material	TIPO	Tipo de Super Estructura	Carga Viva	Ancho de Loza
1- 1	Río Colorado	1	5	1970	Simple	CP	8	Arco Invertido	H20-S16	15 o 20
2- 1	Río Aranjuez	1	3	1955	Continuo	Acero	10	Cercha	H15-S12	18
3- 1	Río Abangares	1	2	1953	Simple	Acero	9	Cercha	H15-S12	16,5
4- 1	Río Piedras	1	3	1959	Continuo	CR	1	Vigas T	H15-S12	18
5- 1	Río Colorado	1	3	1959	-	CR	6	Arco	H15-S12	25
6- 1	Río Ahogados	1	1	1954	Simple	Acero	9	Cercha	H15-S12	17,8
6- 2	Río Ahogados	1	2	1954	Continuo	Acero	13	Vigas I	H15-S12	17,8
7- 1	Río Azufrado	1	3	1955	Continuo	CR	7	Rigid	H15-S12	16,5
8- 1	Río Tempisquito	1	3	n	Continuo	Acero	13	Vigas I	H15-S12	18
9- 1	Río Volcán	2	2	1961	Simple	CR	2	Vigas T	H15-S12	18
9- 2	Río Volcán	2	1	1961	Simple	Acero	9	Cercha	H15-S12	18
10- 1	Río Ceibo	2	5	1961	Simple	Acero	11	Vigas I	H15-S12	18
11- 1	Río Curré	2	4	1961	Simple	Acero	11	Vigas I	H15-S12	17,75
12- 2	Río Puerto Nuevo	2	1	1961	Simple	CR	2	Vigas T	H15-S12	17,75
12- 1	Río Puerto Nuevo	2	4	1961	Simple	Acero	11	Vigas I	H15-S12	17,75
13- 1	Río Zapote	2	3	1961	Continuo	CR	1	Vigas T	H15-S12	-
14- 2	Río Terraba	2	3	1960	Simple	Acero	9	Cercha	H15-S12	20
14- 1	Río Terraba	2	4	1960	Simple	Acero	11	Vigas I	H15-S12	20
15- 1	Río Caracol	2	3	1961	Continuo	Acero	13	Vigas I	H15-S12	18
16- 1	Río Nuevo	2	3	1961	Continuo	CR	1	Vigas T	H15-S12	18
17- 1	Río Chirripó	4	3	1978	Continuo	CP	3	Vigas Cajón	HS20-44	-
18- 1	Río San José	4	2	1978	Simple	CP	4	Vigas T	HS20-44	-
19- 1	Río Sarapiquí	4	3	1978	Simple	Acero	14	Vigas I	HS15-44	-
20- 1	Río Sucio	32	2	n	Continuo	CP	3	Vigas Cajón	HS20-44	-
21- 1	Río Toro Amarillo	32	4	n	Continuo	CP	3	Vigas Cajón	HS20-44	-
22- 1	Río Parismina	32	3	n	Simple	CP	4	Vigas T	HS20-44	16
23- 1	Río Reventazón	32	5	n	Continuo	CP	3	Vigas Cajón	HS20-44	20
24- 1	Río Pacuare	32	10	n	Simple	CP	4	Vigas T	HS20-44	19
25- 1	Río Barbilla	32	3	n	Simple	CP	5	Vigas T	HS20-44	19
26- 1	Río Chirripó	32	1	1978	Simple	Acero	11	Vigas I	HS20-44	17
26- 2	Río Chirripó	32	6	1978	Continuo	Acero	13	Vigas I	HS20-44	17
27- 1	Río Cuba	32	3	n	Simple	CP	4	Vigas T	HS20-44	16
28- 1	Río Blanco	32	3	n	Simple	CP	4	Vigas T	HS20-44	16
29- 1	Río Torres	218	3	n	Simple	CP	4	Vigas T	HS20-44	18

#### 2) Longitud y Condición de Asiento

La longitud de asiento es la distancia en dirección longitudinal de apoyo de una viga sobre el bastión como muestra la Figura 8.3.1.

Si la longitud de asiento es menor al ancho de la viga esta se puede caer en un terremoto. Se investigaron los largos de asiento de los 29 puentes en estudio en los dibujos. en el caso de las vigas de acero y de concreto este largo es casi el mismo. y este es muy pequeño entre 50 cm y

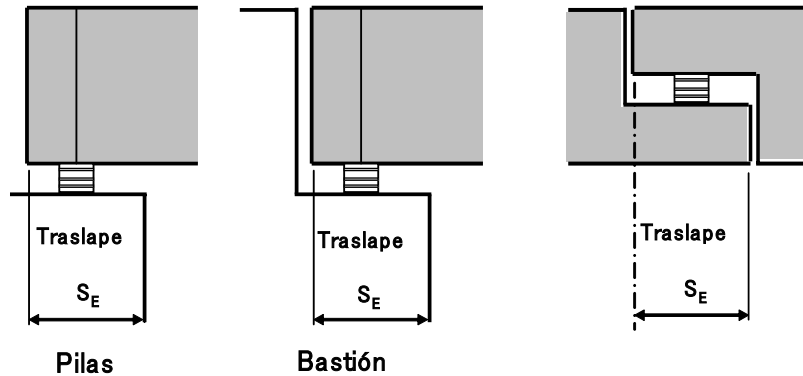
70 cm. De acuerdo con los estándares Japoneses el asiento se debe mantener más que  $S_E$ . este lo da la Formula 8.3.1

$$S_E = 0.7 + 0.005L \dots \dots \dots (8.3.1)$$

$S_E$  : Longitud de asiento ( m )

L : Longitud del tramo ( m )

Si la  $L = 30m$ .  $S_E$  requerido es mas que 0.85m. Existe un peligro considerable de que la viga se caiga en un terremoto.



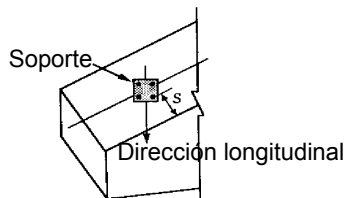
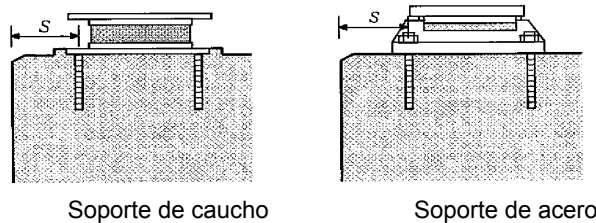
**Figura 8.3.3. Longitud de Asiento en Vigas**

Por otra parte la distancia entre el perno del soporte y la cuña de asiento del puente. que se muestra en la Figura 8.3.4. debe ser mayor que  $S$  en la fórmula 8.3.2

$$S = 0.2 + 0.005L \dots \dots \dots (8.3.2)$$

S : Distancia entre le perno del soporte y la cuña de asiento del puente (m)

L : Longitud del tramo (m)



**Figura 8.3.4. Distancia Entre el Perno del Soporte y la Cuña de Asiento del Puente**

### 3) Subestructura y Fundación

La tabla 8.3.11 muestra el tipo de pila y fundación. En casos de puentes viejos como los de la Ruta 1 las pilas son tipo muro. Las pilas en forma de T con columnas con diámetros de solo 2 m han sido adoptadas en la Ruta 2. Casi todas las fundaciones son fundaciones directas. La pila de fundación se ha adoptado al puente, en áreas planas como Limón y la frontera con Panamá.

**Tabla 8.3.11. Tipo de Pila y Fundación de los 29 Puentes Estudiados**

Ruta 1													
Puente No	1	2	3	4	5	6	7	8					
Nombre del Río	Río Colorado	Río Aranjuez	Río Abangares	Río Piedras	Río Colorado	Río Ahogados	Río Azufrado	Río Tempisque					
Longitud (m)	204	87,8	101,3	55,5	52	91,8	31,4	71,3					
No. Tramos	5	3	2	3	1	3	2	3					
Longitud de Tramos	(MAX)	124	39	73,9	21,3	30,5	61	19,8	27,4				
	(MIN)	15	24,4	46,7	17,1	-	15,2	5,8	21,9				
Grado de Sesgo	0	-	15	-	20	10	10	0					
Tipo de Pilas	Marco Rígido	Pared	Pared	Marco Rígido+ Pared	Puente de Arco	Pared 5,0x1,6	Pared	Pared					
Tipo de Pilas	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación					
Profundidad de Cimientos	15	5,5	6,1	0	13	3	2,1	3,7					
Capa de Apoyo	Toba	Basalto	Eruptiv	Roca Sólida	Roca	Gravilla de Arena	Roca Sólida	Ceniza Volcánica Sólida					
Socavación	1	2	1	1	1	1	1	1					
Comentario	Valle												
Ruta 2													
Puente No	9	10	11	12	13	14	15	16					
Nombre del Río	Río Volcán	Río Ceibo	Río Curré	Río Puerto Nuevo	Río Zapote	Río Terraba	Río Caracol	Río Nuevo					
Longitud (m)	76,2	131,1	103,6	103,6	55,5	341,2	71,3	55,5					
No. Tramos	3	5	4	5	3	7	3	3					
Longitud de Tramos	(MAX)	45,7	30,5	30,5	24,4	21,3	76,2	27,4	21,3				
	(MIN)	12,2	15,2	21,3	15,2	17,1	27,4	21,9	17,1				
Grado de Sesgo	-	-	-	12	30	-	0	30					
Tipo de Pilas	Pared 4,3x0,85	Columna D=1,83m	Columna D=1,98m	Columna D=1,82m	Muro Marco Rígido	Oval 584x244	Pila circular hueca D=5,20m	Pared					
Tipo de Pilas	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Pilote 0,36x0,36	Pilote					
Profundidad de Cimientos	-1	3,9	2,4	1	1	2,3	2,4	2,2					
Capa de Apoyo	Gravilla de Arcilla	Conglomerado	Arcilla	Basalto	Arcilla Suave Friable	Arenisca calcárea	Arcilla Arenoso	Arcilla Limosa					
Socavación	1	1	1	1	1	1	5	5					
Comentario													
Ruta 4 y 218					Ruta 32								
Puente No	17	18	19	29	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Nombre del Río	Río Chirripó	Río San José	Río Sarapiquí	Río Torres	Río Sucus	Río Toro Amarillo	Río Parismina	Río Reventazon	Río Pacuare	Río Barbilla	Río Chirripo	Río Cuba	Río Blanco
Longitud (m)	175,8	40,5	100,96	66,46	187,25	258,6	106	341,4	317,5	100	415,04	68,6	58,9
No. Tramos	3	2	3	3	2	4	3	5	10	3	7	3	3
Longitud de Tramos	(MAX)	82,8	20	55	30	102	82,8	35	32,67	32,78	73,2	22	22
	(MIN)	46,5	20	22,28	17	55,25	46,5	35	17	32,78	15,86	22	17
Grado de Sesgo	-	20	-	30	-	40	0	10	(50)	(66)	-	(60)	(55)
Tipo de Pilas	Oval 520x200	Columna D=2,13m	Oval 300x100	Columna D=1,5m	Pila circular hueca D=5,20m	Oval 520x200	Pila Hueca D=2,0m	Oval 520x200	Pared	Pared	Oval 400x160	Muro Marco Rígido	Muro Marco Rígido
Tipo de Pilas	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Pilotes 12BP53	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Placa de Fundación	Pilotes D=24"	Pilotes	Pilotes 17#8	Pilotes 0,36x0,36	Pilotes 0,36x0,36
Profundidad de Cimientos	20	2,3	4,5	1,5	14,5	8	7	10	2	2	7,5	1	1,5
Capa de Apoyo	GB	GB	Arena	Arena		GB	GB	GB	Arcilla Arenosa	déposito		Arena	Arena salina
Socavación	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	3
Comentario													

#### 4) Volumen de Tráfico y Otros

La figura 8.3.5 muestra el volumen de tráfico para cada Ruta y cada puente. Aunque el volumen de tráfico es más de 20.000 en los alrededores de San José donde la distancia es de 30 km a 50 km desde el centro de la ciudad este decrece hasta 10.000 en otras áreas.

La Ruta 1 es la que posee más tráfico en Costa Rica. En promedio el volumen de tráfico de los 29 sitios estudiados es menor que 10.000 y el volumen de tráfico de las Rutas 2 y 4 es solo de 2.000.

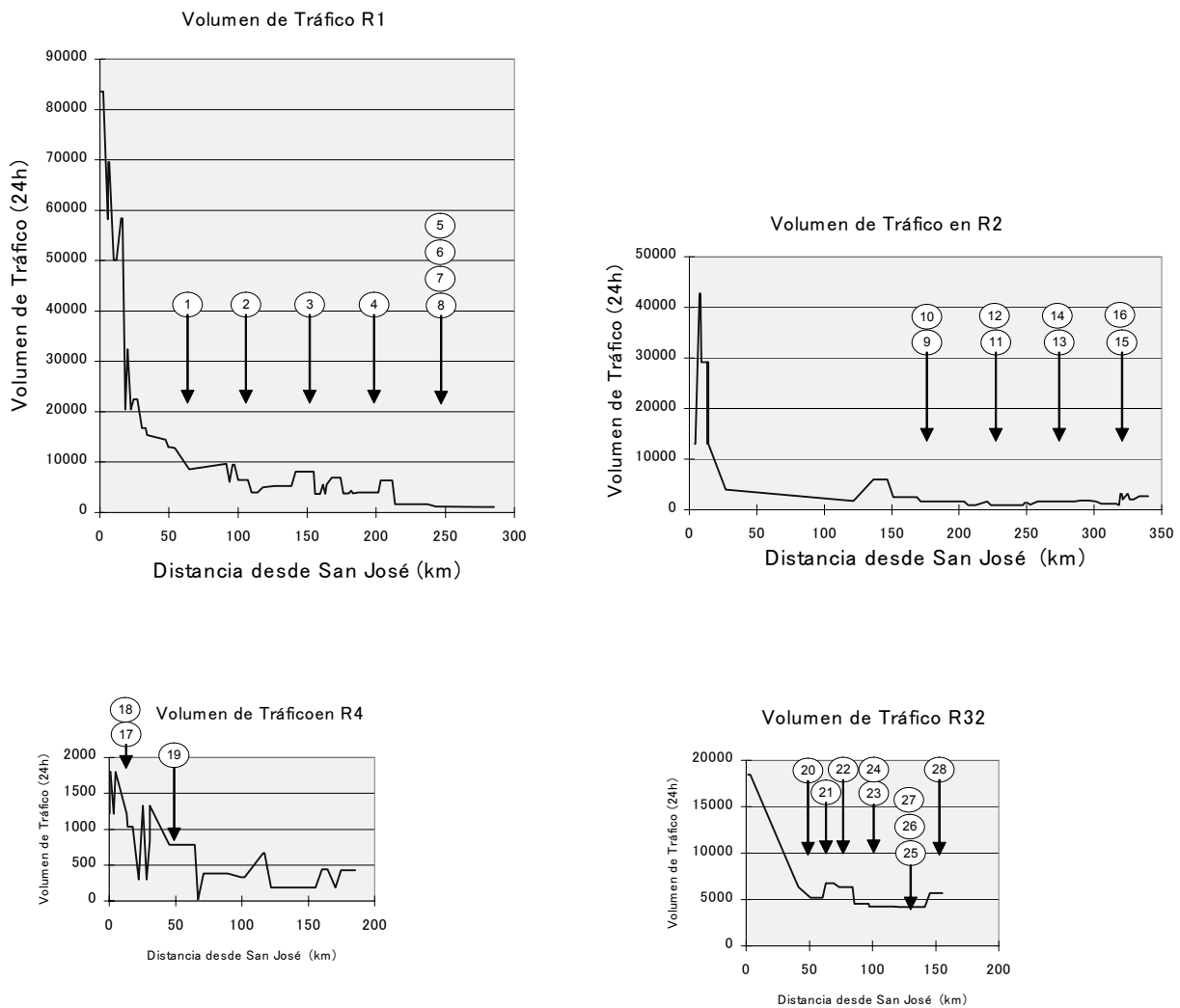


Figura 8.3.5. Volumen de Tráfico de los 29 Sitios Estudiados



## **CAPÍTULO 9 SELECCIÓN DE 10 PUENTES PARA REHABILITACIÓN**

### **9.1 Introducción**

Se seleccionaron 29 puentes para el estudio de rehabilitación en este proyecto y se llevó a cabo la inspección visual de dichos puentes. El reconocimiento del lugar, incluyendo la medida de la dimensión del puente y la investigación de la condición del sitio se realizó simultáneamente. Los daños en las partes del puente son inspeccionados y archivados para la evaluación de la deficiencia de los puentes. El alcance del proyecto establece que 10 de los 29 puentes estudiados sean seleccionados para un estudio detallado, con base en el cual se realizará la rehabilitación respectiva.

En este proceso de selección de los 10 puentes es necesario asignar pesos o importancias relativas a los diferentes tipos de daños y a los componentes o partes del puente para evaluar el grado de deterioro de las estructuras. El Proceso Jerárquico Analítico (PJA) es un método de soporte de decisión y se utiliza para la evaluación de las deficiencias del puente en este estudio. El PJA incorpora un criterio de evaluación tangible e intangible y proporciona un procedimiento basado en comparaciones que miden el criterio que se ha considerado.

El PJA es un conjunto de métodos que descompone un tema complejo en uno simple y ordena dichos componentes en una estructura jerárquica básica. Sin embargo, el método de peso, el componente del cual el PJA es parte, se utiliza para evaluar la deficiencia del puente, en este proyecto.

Se seleccionarán 10 puentes basándose en la evaluación de las deficiencias de los puentes.

### **9.2 Método de Evaluación de la Deficiencia de Puentes**

#### **9.2.1 Formato Para la Inspección de los Puentes**

El tipo de daño en las partes del puente y la sección que se compone de dichas partes están en una lista en la hoja de inspección de puentes del estudio de campo, como lo muestra la tabla 9.2.1. Los daños de los puentes son inspeccionados a través del estudio de campo en la hoja de inspección y los grados de los daños son archivados por el grupo de estudio e ingenieros de Costa Rica. La evaluación en la deficiencia de los puentes se ha realizado con base en la hoja de inspección.

Las definiciones en el grado de los daños de la estructura son las siguientes:

1. No se observan daños.
2. Se observan daños leves.
3. Se observan daños esenciales.
4. Se observan daños demostrados y se necesita una inspección más detallada.
5. Se observan daños extremos y se necesita la reparación urgente.

**Tabla 9.2.1. Formato de la Inspección de los Puentes**

1. PAVIMENTO	ITEM	1. ONDULACIÓN	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES		
	EVALUACIÓN						
2. BARANDA (ACERO)	ITEM	1. DEFORMACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. CORROSIÓN	4. FALTANTE		
	EVALUACIÓN						
3. BARANDA (CONCRETO)	ITEM	1. AGRIETAMIENTO	2. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	3. FALTANTE			
	EVALUACIÓN						
4. JUNTA DE EXPANSIÓN	ITEM	1. SONIDO EXTRAÑO	2. FILTRACIÓN DE AGUAS	3. FALTANTE O DEFORMACIÓN	4. MOVIMIENTO VERTICAL	5. JUNTAS OBSTRUÍDAS	6. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO
	EVALUACIÓN						
5. LOSA	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
	ITEM	7. SOBRECAPAS DE ASFALTO	8. AGUJEROS				
	EVALUACIÓN						
6. SIST. ARRIOS-TRAMIENTO	ITEM	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. ROTURA DE UNIONES	5. ROTURA EN ELEMENTOS	
	EVALUACIÓN						
7. VIGA PRINCIPAL DE ACERO	ITEM	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. PÉRDIDA DE PERNOS	5. GRIETAS EN SOLDADURA O PLACAS	
	EVALUACIÓN						
8. VIGA DIAFRAGMA CONCRETO	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
9. VIGA PRINCIPAL CONCRETO	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
10. APOYOS	ITEM	1. ROTURA DE APOYOS	2. DEFORMACIÓN EXTRAÑA	3. REQUIERE LIMPIEZA			
	EVALUACIÓN						
11. PARED CABEZAL Y ALEATONES (BASTIÓN)	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
12. CUERPO PRINCIPAL (BASTIÓN)	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
	ITEM	7. DERRUMBE DE TALUD	8. INCLINACIÓN	9. SOCAVACIÓN			
	EVALUACIÓN						
13. VIGA (PILA)	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
14. CUERPO PRINCIPAL (PILA)	ITEM	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	EVALUACIÓN						
	ITEM	7. INCLINACIÓN	8. SOCAVACIÓN				
	EVALUACIÓN						
15. PINTURA	ITEM	1. DECOLORACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. AMPOLLAS	4. DESCASCARAMIENTO		
	EVALUACIÓN						

## 9.2.2 Etapas Para la Evaluación de la Deficiencia en Puentes

La evaluación de las deficiencias en los puentes se realiza de acuerdo a las siguientes etapas:

Etapa 1: Poner en una lista las partes del puente que lo componen en su totalidad y determinar las secciones de dichas partes, las cuales son importantes miembros de puente, tales como la superestructura y la subestructura.

Etapa 2: Establecer toda la jerarquía de los componentes del puente para su evaluación.

Etapa 3: Determinar el peso del daño de cada parte de la Jerarquía 3 del puente.

Esto son los pasos para determinar el peso:

1. Definir el tipo de daño en las partes del puente.
2. Construir una serie de matrices de comparaciones para cada tipo de daño.
3. Los daños de cada puente se comparan y se evalúan para completar la matriz de comparación, utilizando la escala de importancia relativa.
4. Debe construirse la matriz de comparación.
5. Multiplicar cada elemento de cada hilera de la matriz y obtener el número de la raíz en los componentes de los vectores donde están los números de los elementos.
6. La lista de números obtenidos se normaliza como unidad del peso de los daños dividiendo cada componente entre la suma de todos los demás componentes.

Etapa 4: El peso de cada parte, que se define como la parte del miembro mayor del puente en la Jerarquía 2, se determina por el mismo procedimiento en la Jerarquía 3.

Etapa 5: El peso de las partes mayores del puente en la Jerarquía 1 se determina por el mismo procedimiento.

Etapa 6: El grado de daño se multiplica por el peso del daño en la Jerarquía 3.

Etapa 7: Cada nivel más bajo del peso se multiplica por el peso para obtener la proporción de la deficiencia total del puente.

### 9.2.3 Jerarquía completa de los Componentes del Puente

La jerarquía completa de los componentes para la evaluación de las deficiencias de los puentes se muestra en la figura 8.2.1.

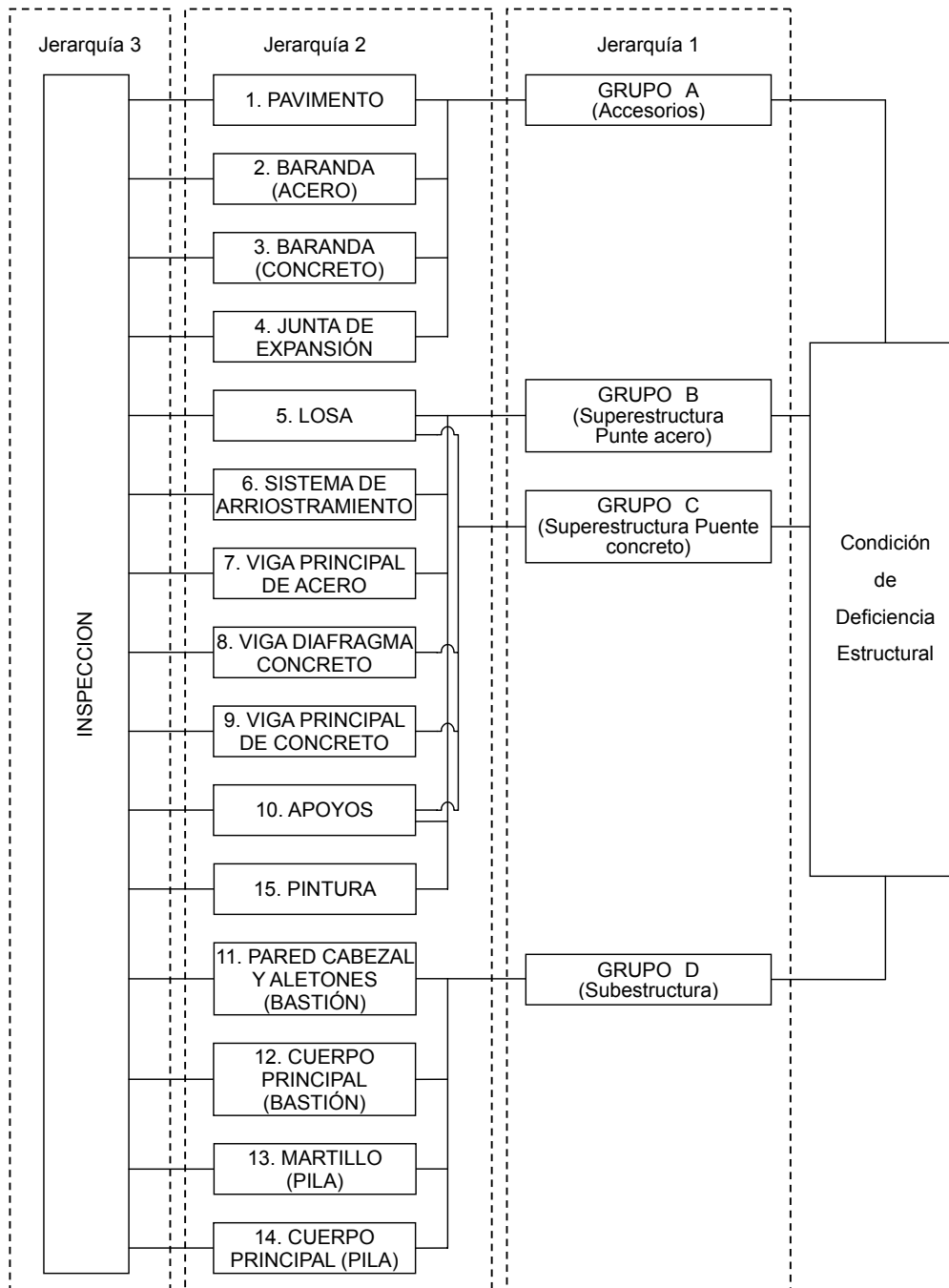


Figura 9.2.1. Jerarquías de los Componentes del Puente

## 9.2.4 Evaluación de las Deficiencias del Puente

### 1) Componente del Puente

El componente del puente que se utiliza para la evaluación de las deficiencias debe ser consistente con el contenido de la hoja de inspección porque los resultados de dicha inspección serán la información básica para la evaluación.

### 2) Determinación del Peso por Daño en la Jerarquía 3

#### (1) Tipo de Daño en las Partes del Puente

Los tipos de daños son diferentes y se deben definir en cada parte del puente. Los tipos de daños se definen en la hoja de inspección.

#### (2) Escala de la Importancia Relativa

El peso de cada tipo de daño se determinará, comparará y evaluará utilizando a la escala de importancia relativa que muestra la tabla 9.2.2.

**Tabla 9.2.2. Escala de la Importancia Relativa**

Intensidad de la importancia relativa	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo.
3	Moderada importancia de uno sobre otro	La experiencia y la opinión favorecen levemente una actividad sobre otra.
5	Importancia esencial o fuerte	La experiencia y la opinión favorecen levemente una actividad sobre otra.
7	Importancia demostrada	Una actividad es fuertemente favorecida y su dominio se demuestra en la práctica.
9	Importancia extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre otra es la afirmación más posible.
2, 4, 6, 8	Los valores intermedios entre las dos opiniones adyacentes	Cuando se necesite un compromiso.
Cantidad de los números anteriores menos el cero	Si una actividad tiene uno de los números anteriores (ej. 3) comparada con una segunda actividad, la segunda actividad tiene un valor recíproco (ej. 1/3) cuando se compara con el primero.	

(3) Cálculo del Peso por Daños

La matriz de comparación debe construirse con anterioridad como preparación para el cálculo. Cada elemento de cada hilera de la matriz debe multiplicarse y el número de la raíz se obtiene como el componente del vector propio donde está el número de los elementos. La lista obtenida de los números es normalizada como la unidad de peso del daño, dividiendo cada componente entre la suma de todos los componentes. El método de cálculo de los daños mencionado anteriormente se ilustra en la tabla 9.2.3. El cálculo del peso del pavimento y la barandilla se muestran en las tablas 9.2.4 y 9.2.5.

**Tabla 9.2.3. Cálculo del Método de Peso**

	La matriz				Componentes del vector propio	Vector de prioridades
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>		
A <sub>1</sub>	$\frac{W_1}{W_1}$	$\frac{W_1}{W_2}$	$\frac{W_1}{W_3}$	$\frac{W_1}{W_4}$	$\sqrt[4]{\frac{W_1}{W_1} * \frac{W_1}{W_2} * \frac{W_1}{W_3} * \frac{W_1}{W_4}} = a$	$\frac{a}{\text{Total}} = X_1$
A <sub>2</sub>	$\frac{W_2}{W_1}$	$\frac{W_2}{W_2}$	$\frac{W_2}{W_3}$	$\frac{W_2}{W_4}$	$\sqrt[4]{\frac{W_2}{W_1} * \frac{W_2}{W_2} * \frac{W_2}{W_3} * \frac{W_2}{W_4}} = b$	$\frac{b}{\text{Total}} = X_2$
A <sub>3</sub>	$\frac{W_3}{W_1}$	$\frac{W_3}{W_2}$	$\frac{W_3}{W_3}$	$\frac{W_3}{W_4}$	$\sqrt[4]{\frac{W_3}{W_1} * \frac{W_3}{W_2} * \frac{W_3}{W_3} * \frac{W_3}{W_4}} = c$	$\frac{c}{\text{Total}} = X_3$
A <sub>4</sub>	$\frac{W_4}{W_1}$	$\frac{W_4}{W_2}$	$\frac{W_4}{W_3}$	$\frac{W_4}{W_4}$	$\sqrt[4]{\frac{W_4}{W_1} * \frac{W_4}{W_2} * \frac{W_4}{W_3} * \frac{W_4}{W_4}} = d$	$\frac{d}{\text{Total}} = X_4$

Nota: "X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, X<sub>4</sub>" son el peso de "A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>" respectivamente.

**Tabla 9.2.4. Pesos del Daño del Pavimento**

ITEM	1.	2.	3.	4.	Vector propio	Peso
1. ONDULACIÓN	1	4	1	1/5	0.946	0.161
2. ZURCOS	1/4	1	1/5	1/7	0.291	0.049
3. AGRIETAMIENTO	1	5	1	1/5	1.000	0.170
4. BACHES	5	7	5	1	3.637	0.619
	7.250	17.000	7.200	1.543	5.874	1.000

**Tabla 9.2.5. Peso del Daño por Barrera**

ITEM	1.	2.	3.	4.	Vector propio	Peso
1. DEFORMACIÓN	1	7	1/3	1/9	0.714	0.100
2. OXIDACIÓN	1/7	1	1/7	1/9	0.218	0.031
3. CORROSIÓN	3	7	1	1/7	1.316	0.185
4. FALTANTE	9	9	7	1	4.880	0.685
	13.143	24.000	8.476	1.365	7.128	1.000

(4) El peso de las Partes del Puente

El peso de las mayores partes del puente en la Jerarquía 2 se define con el mismo procedimiento en la Jerarquía 3. El peso de las partes en el grupo de accesorios del puente se muestra en la tabla 9.2.6. El peso de las partes del puente en el grupo de la superestructura del puente de acero se muestra en la tabla 9.2.7

**Tabla 9.2.6. Peso de las Partes en el Grupo de Accesorios**

ITEM	1.	2.	3.	Vector propio	Peso
1. PAVIMENTO	1	1/9	5	0.822	0.151
2. BARANDA	9	1	9	4.327	0.797
3. JUNTA DE EXPANSIÓN	1/5	1/9	1	0.281	0.052
	10.200	1.222	15.000	5.430	1.000

**Tabla 9.2.7. Peso de las Partes en el Grupo de la Superestructura del Puente de Acero**

ITEM	1.	2.	3.	4.	5.	Vector propio	Peso
1. LOSA	1	3	1/3	5	7	2.036	0.264
2. SISTEMA DE ARRIOSTRAMIENTO	1/3	1	1/5	3	5	1.000	0.130
3. VIGA PRINCIPAL DE ACERO	3	5	1	7	9	3.936	0.510
4. APOYOS	1/5	1/3	1/7	1	3	0.491	0.064
5. PINTURA	1/7	1/5	1/9	1/3	1	0.254	0.033
	4.676	9.533	1.787	16.333	25.000	7.718	1.000

(5) El Peso de los Componentes del Puente

El peso del componente mayor del puente, como la superestructura y la subestructura, debe calcularse utilizando el método de las Jerarquías 2 y 3. Los pesos del componente mayor son calculados como lo muestra la tabla 9.2.8.

**Tabla 9.2.8. Peso del Componente del Puente**

ITEM	1.	2.	3.	Vector propio	Peso
1. ACCESORIOS	1	1/7	1/9	0.251	0.055
2. SUPERESTRUCTURA	7	1	1/3	1.326	0.290
3. SUBESTRUCTURA	9	3	1	3.000	0.655
	17.000	4.143	1.444	4.578	1.000

### 3) Evaluación de la Proporción Total de la Deficiencia en los Puentes

#### (1) Etapa 1

La proporción de la deficiencia en la etapa 1 se obtiene al multiplicar los pesos de cada tipo de daño con el grado de daño de la inspección.

$$D_{3j} = \sum (W_i \times E_i)$$

donde:

- $D_{3j}$  : Los resultados del cálculo de las partes del puente en la Jerarquía 2
- $W_i$  : El peso del daño en la Jerarquía 3
- $E_i$  : El grado del daño correspondiente al tipo de daño

#### (2) Etapa 2

La proporción de la deficiencia en la etapa 2 se obtiene de multiplicar el peso de las partes del puente en la Jerarquía 2 con los resultados de la etapa 1.

$$D_{2k} = \sum W_2 \times D_{3jnde}$$

donde:

- $D_{2k}$  : Los resultados del cálculo de cada parte de los componentes del puente en la Jerarquía 1
- $W_2$  : El peso de las partes en la Jerarquía 2
- $D_{3j}$  : Los resultados del cálculo en la Etapa 3
- $J$  : El número de las partes del puente en el grupo de los componentes del puente

#### (3) Etapa 3

La proporción de la deficiencia total del puente se obtiene por medio del siguiente cálculo:

$$D_{total} = \sum (W_1 \times D_{2k})$$

donde:

- $D_{total}$  : La deficiencia total del puente
- $W_1$  : El peso del componente del puente en la Jerarquía 1
- $D_{2k}$  : Los resultados del cálculo en la Etapa 2
- $K$  : El número de los componentes del puente



## 9.3 Resultados del Cálculo

### 9.3.1 Peso de la Evaluación de los Ítems

El peso del daño de las partes del puente, las partes del puente y el componente mayor del puente de acero se ponen en una lista en la tabla 9.3.1 y estos aspectos relacionados con un puente de concreto se presentan en la tabla 9.3.2. El peso de la baranda deberá ser seleccionado dependiendo del tipo de material.

**Tabla 9.3.1. Peso de los Ítems de Evaluación Para un Puente de Acero**

PARTE DEL PUENTE	PARTE DEL DAÑO	TIPO DE DAÑO & EVALUACIÓN DEL GRADO DE DAÑO					
ACCESORIOS	1. PAVIMENTO	1. ONDULACIÓN	2. ZURCOS	3. AGRIETAMIENTO	4. BACHES		
	<b>0.151</b>	<b>0.161</b>	<b>0.049</b>	<b>0.170</b>	<b>0.619</b>		
	2. BARANDA (ACERO)	1. DEFORMACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. CORROSIÓN	4. FALTANTE		
	<b>0.797</b>	<b>0.100</b>	<b>0.031</b>	<b>0.185</b>	<b>0.685</b>		
0.055	3. BARANDA (CONCRETO)	1. AGRIETAMIENTO	2. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	3. FALTANTE			
	<b>(0.797)</b>	<b>(0.058)</b>	<b>(0.207)</b>	<b>(0.735)</b>			
	4. JUNTAS DE EXPANSION	1. SONIDO EXTRAÑO	2. FILTRACIÓN DE AGUAS	3. FALTANTE O DEFORMACIÓN	4. MOVIMIENTO VERTICAL	5. JUNTAS OBSTRUÍDAS	6. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO
	<b>0.052</b>	<b>0.042</b>	<b>0.077</b>	<b>0.499</b>	<b>0.178</b>	<b>0.020</b>	<b>0.183</b>
SUPER ESTRUCTURA DE ACERO	5. LOSA	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
		<b>0.049</b>	<b>0.107</b>	<b>0.072</b>	<b>0.232</b>	<b>0.019</b>	<b>0.159</b>
	<b>0.264</b>	<b>0.034</b>	<b>0.328</b>				
	7. SOBRECAPAS DE ASFALTO	8. AGUJEROS					
	6. SIST. ARRIOS-TRAMIENTO	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. ROTURA DE UNIONES	5. ROTURA EN ELEMENTOS	
	<b>0.130</b>	<b>0.032</b>	<b>0.121</b>	<b>0.061</b>	<b>0.320</b>	<b>0.466</b>	
	7. VIGA PRINCIPAL DE ACERO	1. OXIDACIÓN	2. CORROSIÓN	3. DEFORMACIÓN	4. PÉRDIDA DE PERNOS	5. GRIETAS EN SOLDADURA O PLACAS	
	<b>0.510</b>	<b>0.029</b>	<b>0.085</b>	<b>0.279</b>	<b>0.179</b>	<b>0.428</b>	
	10. APOYOS	1. ROTURA DE APOYOS	2. DEFORMACIÓN EXTRAÑA	3. REQUIERE LIMPIEZA			
	<b>0.064</b>	<b>0.649</b>	<b>0.279</b>	<b>0.072</b>			
0.290	15. PINTURA	1. DECOLORACIÓN	2. OXIDACIÓN	3. AMPOLLAS	4. DESCASCARAMIENTO		
	<b>0.033</b>	<b>0.055</b>	<b>0.564</b>	<b>0.118</b>	<b>0.263</b>		
SUB-ESTRUCTURA	11. PARED CABEZAL Y ALEATONES (BASTIÓN)	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	<b>0.036</b>	<b>0.067</b>	<b>0.162</b>	<b>0.103</b>	<b>0.381</b>	<b>0.034</b>	<b>0.253</b>
	12. CUERPO PRINCIPAL (BASTIÓN)	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	<b>0.400</b>	<b>0.030</b>	<b>0.047</b>	<b>0.030</b>	<b>0.155</b>	<b>0.030</b>	<b>0.106</b>
	<b>0.400</b>	<b>0.071</b>	<b>0.309</b>	<b>0.222</b>			
7. DERRUMBE DE TALUD	8. INCLINACIÓN	9. SOCAVACIÓN					
13. VIGA (PILA)	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA	
<b>0.165</b>	<b>0.147</b>	<b>0.147</b>	<b>0.064</b>	<b>0.369</b>	<b>0.033</b>	<b>0.240</b>	
0.655	14. CUERPO PRINCIPAL (PILA)	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES	3. DESCASCARAMIENTO	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO	5. NIDOS DE PIEDRA	6. EFLORESCENCIA
	<b>0.400</b>	<b>0.033</b>	<b>0.072</b>	<b>0.033</b>	<b>0.160</b>	<b>0.033</b>	<b>0.108</b>
<b>0.400</b>	<b>0.329</b>	<b>0.233</b>					
	7. INCLINACIÓN	8. SOCAVACIÓN					

**Tabla 9.3.2. Peso de los Ítems de Evaluación Para un Puente de Concreto**

PARTE DEL PUENTE	PARTE DEL DAÑO	TIPO DE DAÑO & EVALUACIÓN DEL GRADO DE DAÑO					
ACCESORIOS	1. PAVIMENTO <b>0.151</b>	1. ONDULACIÓN <b>0.161</b>	2. ZURCOS <b>0.049</b>	3. AGRIETAMIENTO <b>0.170</b>	4. BACHES <b>0.619</b>		
	2. BARANDA (ACERO) <b>0.797</b>	1. DEFORMACIÓN <b>0.100</b>	2. OXIDACIÓN <b>0.031</b>	3. CORROSIÓN <b>0.185</b>	4. FALTANTE <b>0.685</b>		
	3. BARANDA (CONCRETO) <b>(0.797)</b>	1. AGRIETAMIENTO <b>(0.058)</b>	2. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO <b>(0.207)</b>	3. FALTANTE <b>(0.735)</b>			
	4. JUNTAS DE EXPANSION <b>0.055</b> <b>0.052</b>	1. SONIDO EXTRAÑO <b>0.042</b>	2. FILTRACIÓN DE AGUAS <b>0.077</b>	3. FALTANTE O DEFORMACIÓN <b>0.499</b>	4. MOVIMIENTO VERTICAL <b>0.178</b>	5. JUNTAS OBSTRUÍDAS <b>0.020</b>	6. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO <b>0.183</b>
SUPER ESTRUCTURA DE CONCRETO	5. LOSA <b>0.270</b>	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN <b>0.049</b>	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES <b>0.107</b>	3. DESCASCAMIENTO <b>0.072</b>	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO <b>0.232</b>	5. NIDOS DE PIEDRA <b>0.019</b>	6. EFLORESCENCIA <b>0.159</b>
	7. SOBRECAPAS DE ASFALTO <b>0.270</b>	7. SOBRECAPAS DE ASFALTO <b>0.034</b>	8. AGUJEROS <b>0.328</b>				
	8. VIGA DIAFRAGMA CONCRETO <b>0.126</b>	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN <b>0.067</b>	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES <b>0.162</b>	3. DESCASCAMIENTO <b>0.103</b>	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO <b>0.381</b>	5. NIDOS DE PIEDRA <b>0.034</b>	6. EFLORESCENCIA <b>0.253</b>
	9. VIGA PRINCIPAL CONCRETO <b>0.565</b>	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN <b>0.067</b>	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES <b>0.162</b>	3. DESCASCAMIENTO <b>0.103</b>	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO <b>0.381</b>	5. NIDOS DE PIEDRA <b>0.034</b>	6. EFLORESCENCIA <b>0.253</b>
	10. APOYOS <b>0.290</b> <b>0.039</b>	1. ROTURA DE APOYOS <b>0.649</b>	2. DEFORMACIÓN EXTRAÑA <b>0.279</b>	3. REQUIERE LIMPIEZA <b>0.072</b>			
SUB-ESTRUCTURA	11. PARED CABEZAL Y ALEATONES (BASTIÓN) <b>0.036</b>	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN <b>0.067</b>	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES <b>0.162</b>	3. DESCASCAMIENTO <b>0.103</b>	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO <b>0.381</b>	5. NIDOS DE PIEDRA <b>0.034</b>	6. EFLORESCENCIA <b>0.253</b>
	12. CUERPO PRINCIPAL (BASTIÓN) <b>0.400</b>	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN <b>0.030</b>	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES <b>0.047</b>	3. DESCASCAMIENTO <b>0.030</b>	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO <b>0.155</b>	5. NIDOS DE PIEDRA <b>0.030</b>	6. EFLORESCENCIA <b>0.106</b>
	7. DERRUMBE DE TALUD <b>0.400</b>	7. DERRUMBE DE TALUD <b>0.071</b>	8. INCLINACIÓN <b>0.309</b>	9. SOCAVACIÓN <b>0.222</b>			
	13. VIGA (PILA) <b>0.165</b>	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN <b>0.147</b>	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES <b>0.147</b>	3. DESCASCAMIENTO <b>0.064</b>	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO <b>0.369</b>	5. NIDOS DE PIEDRA <b>0.033</b>	6. EFLORESCENCIA <b>0.240</b>
	14. CUERPO PRINCIPAL (PILA) <b>0.655</b> <b>0.400</b>	1. GRIETAS EN UNA DIRECCIÓN <b>0.033</b>	2. GRIETAS EN DOS DIRECCIONES <b>0.072</b>	3. DESCASCAMIENTO <b>0.033</b>	4. ACERO DE REFUERZO EXPUESTO <b>0.160</b>	5. NIDOS DE PIEDRA <b>0.033</b>	6. EFLORESCENCIA <b>0.108</b>
	7. INCLINACIÓN <b>0.329</b>	8. SOCAVACIÓN <b>0.233</b>					

### 9.3.2 Resumen de la Taza de Deficiencia de los 29 Puentes

El resultado del cálculo de la deficiencia de los 29 puentes se resume en la tabla 9.3.3. Los puentes código No. 6, 9, 12, 14, y 26 consisten en varios tipos de superestructura. Para estos puentes, los suscritos “(1/2)” o “(2/2)” son agregados después del nombre del puente y se refieren al número de superestructura evaluada. Los tipos de materiales (acero o concreto) de la superestructura son los mismos, excepto por el Puente código No. 12 Puente Río Puerto. Varios valores de prioridad son calculados para estos puentes dependiendo del número de superestructuras que posean. La siguiente tabla presenta las prioridades obtenidas utilizadas para la selección de los 10 puentes.

**Tabla 9.3.3. Taza de Deficiencia de los 29 Puentes**

No.	Nombre del puente	Código del puente	Número de ruta	Km.	Tipo	Accesos ríos	Superestructura	Subestructura	Prioridad (puente)
1	Río Blanco	28	32	146,185	concreto	1,574	1,286	2,319	1,978
2	Río Cuba	27	32	134,895	concreto	1,373	1,252	2,028	1,767
3	Río Nuevo	16	2	327,245	concreto	1,013	1,015	1,639	1,424
4	Río Chirripó	17	4	0,450	concreto	1,184	1,031	1,531	1,367
5	Río Caracol	15	2	323,335	acero	1,108	1,117	1,490	1,361
6	Río Puerto Nuevo (1/2)	12	2	234,400	concreto	1,038	1,009	1,469	1,312
7	Río Sucio	20	32	39,775	concreto	1,179	1,483	1,248	1,312
8	Río Toro Amarillo	21	32	59,650	concreto	1,868	1,287	1,248	1,293
9	Río San José	18	4	4,083	concreto	1,012	1,022	1,406	1,273
10	Río Chirripó (1/2)	26	32	126,220	acero	1,086	1,900	1,000	1,265
11	Río Sarapiquí	19	4	30,810	acero	1,639	1,304	1,210	1,261
12	Río Reventazón	23	32	95,050	concreto	1,770	1,008	1,235	1,198
13	Río Abangares	3	1	143,335	acero	1,180	1,535	1,028	1,184
14	Río Aranjuez	2	1	87,780	acero	1,582	1,231	1,122	1,178
15	Río Pacuare	24	32	100,400	concreto	1,624	1,042	1,182	1,166
16	Río Tempisque	8	1	240,225	acero	1,346	1,219	1,117	1,159
17	Río Piedras	4	1	189,831	concreto	1,059	1,215	1,130	1,151
18	Río Zapote	13	2	248,400	concreto	1,010	1,015	1,202	1,138
19	Río Azufrado	7	1	239,845	concreto	1,942	1,286	1,000	1,135
20	Río Parismina	22	32	78,710	concreto	1,016	1,095	1,146	1,124
21	Río Curré	11	2	229,385	acero	1,008	1,009	1,178	1,119
22	Río Ahogados 1954 (1/2)	9	2	181,820	concreto	1,038	1,065	1,146	1,117
23	Río Volcán (1/2)	26	32	126,220	acero	1,086	1,331	1,021	1,114
24	Río Torres	29	218	146,185	concreto	1,630	1,006	1,093	1,097
25	Río Puerto Nuevo (2/2)	12	2	234,400	concreto	1,038	1,006	1,117	1,081
26	Río Colorado (ver dibujo)	1	1	36,605	concreto	1,166	1,173	1,026	1,077
27	Río Ceibo	10	2	189,150	acero	1,050	1,115	1,057	1,073
28	Río Ahogados 1954 (2/2)	6	1	232,510	acero	1,135	1,216	1,000	1,070
29	Río Terraba (2/2)	14	2	256,110	acero	1,115	1,212	1,000	1,068

#### 9.4 Selección de 10 Puentes Para un Estudio Posterior en Detalle

Se seleccionaron 10 puentes con base en el deterioro del puente y en otros factores que tienen que ver con el mantenimiento del mismo. El objetivo de la inspección es mejorar la capacidad en la habilidad del mantenimiento de los puentes en Costa Rica. De esta forma, la selección de los 10 puentes para el estudio detallado de rehabilitación se llevó a cabo de acuerdo con los siguientes criterios:

1. Diferentes tipos de métodos de rehabilitación.
2. Presentan un daño típico en Costa Rica.
3. Se ubican en la carretera de prioridad alta.
4. Deben tener diferentes tipos de puentes.
5. Deberían tener una prioridad alta de reparación.

Los puentes seleccionados se muestran en la tabla 9.4.1.

**Tabla 9.4.1. Puentes Seleccionados Para Estudios de Rehabilitación Posteriores**

Punto de vista de la selección	Código del puente	Nombre del puente	Tipo de puente	Razón para la selección
Daño de la losa	2	Río Aranjuez	Cercha Continua de Acero	1, 2, 5
	3	Río Abangares	Cercha Simple de Acero	1, 2, 5
Socavación	16	Río Nuevo	Viga de Arriostamiento Continua RC	1, 2, 5
A prueba de temblores	12	Río Puerto Nuevo	Viga I- Simple de Acero	1, 2, 5
	19	Río Sarapiquí	Viga I- Simple de Acero	1, 2, 5
	26	Río Chirripó	Viga I- Simple de Acero	1, 2, 5
	29	Río Torres	Viga Simple PC	1, 2, 3, 5,
Deformación anormal de la viga	17	Río Chirripó	Viga Tubular Continua PC	1, 2, 5
	20	Río Sucio	Viga Tubular Continua PC	1, 2, 5
Otro tipo	7	Río Azufrado	Estructura Rígida RC	1, 4, 5

Los daños de los bastiones de los Puentes No.28 y No.27 son los más serios. Se espera que la reconstrucción de estos puentes sea más barata que la reparación en su costa local, Así que, estos puentes no fueron seleccionados para los 10 Puentes a los que se les realizará un estudio detallado en este proyecto.