

### 3.3 INVESTIGACIÓN DETALLADA

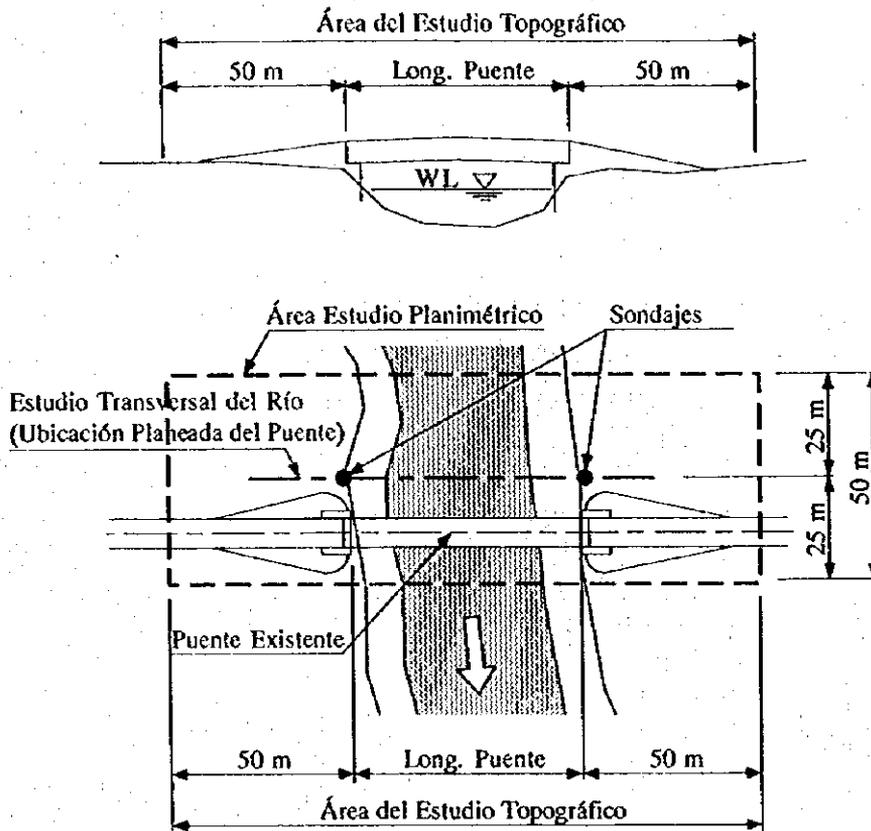
#### 3.3.1 Estudios Topográficos y de Sondajes de Suelos

Basados en el acuerdo del método de rehabilitación de cada puente, se realizaron estudios topográficos y de sondajes de los suelos de los ocho emplazamientos de los puentes que se juzgó era necesaria su reconstrucción, preparándose los planos topográficos para los diseños de los puentes nuevos. Los datos obtenidos a través de los estudios topográficos y de suelos podrían ser ventajosos para el MOP para sus nuevos diseños, o para cambiar en el futuro los diseños de reconstrucción preparados por el Equipo de Estudio.

Los estudios fueron realizados desde Julio a Septiembre de 1997 por una consultora Chilena contratada para tal efecto. El alcance y especificaciones de los estudios están descritos a continuación. El área y ubicación a ser estudiada está definida en la **Figura 3.4**. Los resultados de los estudios están resumidos en la **Tabla 3.6**.

**Tabla 3.6 Resultados de los Estudios Topográficos y de Sondajes de Suelos**

	Nombre del Puente	Región	Longitud del Puente (m)	Área Estudio Topográfico (ha)	Longitud Sondajes (m)	
					Suelo Fino	Grava
2	David García	V	93,05	1,41	0,00	9,95
					0,00	10,10
3	Granallas	V	49,85	2,14	0,00	9,85
5	San José	RM	16,10	3,00	8,25	3,60
6	Puangue	RM	105,10	1,57	3,46	6,56
					6,20	6,52
7	San José de Marchiue	VI	120,00	1,80	3,71	6,59
					1,90	8,30
8	Antivero N°2	VI	102,90	1,96	0,00	10,10
					1,08	8,37
13	Poculón	IX	31,00	1,37	4,48	5,57
16	San Juan	IX	31,60	1,10	14,84	5,97
	Total			14,35	43,92	91,48



**Figura 3.4 Área y Ubicación de los Estudios**

**(I) Alcance y Especificaciones del Estudio Topográfico**

**1) Trabajos en Terreno**

**① Estudio Planimétrico**

- El área de estudio es de 50 m de ancho y su longitud es el ancho del río más 50 m para cada ribera del río.
- El estudio deberá incluir todos los elementos topográficos naturales o artificiales (incluyendo el uso de la tierra, caminos, canales, zanjas, etc.) y objetos estructurales (edificios, casas, puentes, cercos, postes de tendido eléctrico, etc.)

**② Estudio Transversal del Río**

- Elevaciones del lecho del río, nivel y velocidad de las aguas

## 2) Resultados de los Estudios

### ① Estudio Planimétrico

- Planos Topográficos (esc= 1/200, líneas de nivel cada 1 m de altura, y elevaciones acotadas), y
- Discos Floppys (3.5") con los Datos (Auto-CAD).

### ② Estudio Transversal del Río

- Planos de los Perfiles (esc. vertical = 1/200, horizontal esc.= 1/200), y
- Discos Floppys (3.5") con los Datos (Auto-CAD).

## (2) Alcance y Especificaciones de los Sondajes

### 1) Trabajos en Terreno

#### ① Sondajes

- El sondaje deberá continuar:
  - en caso de suelos granulares (arenosos): hasta 3 m después de confirmar un valor del SPT por sobre 40,
  - en caso de suelos cohesivos (arcillosos): hasta 6 m después de confirmar un valor del SPT sobre 20 o 3 m después de confirmar un SPT sobre 30, cualquiera que se alcance primero.
- Chequear el nivel de aguas subterráneas en el forado del sondaje.

#### ② Muestreo y Clasificación de los Suelos (cada capa)

#### ③ Test de Penetración Estándar o SPT (cada 1 m)

### 2) Pruebas de Laboratorio:

- Gravitatorio, peso unitario, y tamizado (dos muestras por cada capa)

### 3.3.2 Inspección de los Daños

Para los 12 puentes que seleccionados para ser reparados, se realizó una inspección de sus daños realizando pruebas con instrumentos no destructivos, en orden a recolectar más en detalle la información sobre los daños para los diseños de las reparaciones.

### (1) Daños a ser inspeccionados

La inspección de daños se realizó para los daños típicos seleccionados en la **Tabla 3.5**. Las características y causas de estos daños son explicadas en la **División III del Manual de Puentes (Volumen 6/8)**.

### (2) Método de Inspección

El método de inspección de daños está resumido en la **Tabla 3.7** clasificando en elementos de hormigón, acero y madera.

### (3) Herramientas de Inspección y Equipo

#### 1) Herramientas Estándar

Las siguientes herramientas fueron usadas para la inspección de daños.

- Medición : Cinta metálica, Cinta (50m), Micrómetro, Regla para Grietas
- Ayuda Visual : Lupas, Binoculares
- Alineamiento Vertical : Plomada
- Sonido : Martillo
- Herramientas de limpieza : Cepillo Metálico, Raspadores

#### 2) Equipos de las Pruebas No Destructivas

Las pruebas no destructivas (PND) son los exámenes in situ de la integridad estructural de un material sin dañarlo. El equipamiento para las PND puede detectar el interior de los elementos del puente y valorar las deficiencias que tal vez no sean visibles a simple vista. Generalmente, es necesario un técnico entrenado para realizar las PND e interpretar sus resultados.

En la inspección de daños, se realizaron las siguientes PND, donde la situación lo permitía.

**Tabla 3.8 Pruebas No Destructivas**

Tipo de Material	Equipo para la Prueba	Objetivos de la Prueba
Hormigón	Martillo Schmidt (NR-4 para hormigón normal)	Conocer la resistencia del hormigón.
	Paco-metro Tipo 3D Mini-Search 2 Model	Conocer la ubicación, y diámetro de las armaduras.
	Líquido de Fenolftaleína	Neutralización del hormigón
Acero	Medidor Ultrasónico de Espesor	Conocer el espesor de las placas de acero
	Tinte Penetrante	Detección de grietas

Tabla 3.7 Método de Inspección de los Daños

Tipo de Material	Daño	Objetivos de la Inspección	Ítems de Inspección	Método de Inspección	Herramientas de Inspección
Hormigón	Grietas	Observando las grietas, se puede inferir las condiciones de tensión o de carga de los elementos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Dirección</li> <li>• Ancho</li> <li>• Densidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual y mediciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinta metálica</li> <li>• Regla para grietas</li> <li>• Lupa</li> </ul>
	Desgaste/Expansión (Scaling/Spalling)	La corrosión de la armadura puede ser detectada por la inspección del desgaste/expansión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Tamaño</li> <li>• Profundidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual, mediciones, y prueba del sonido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinta metálica</li> <li>• Martillo</li> <li>• Cepillo metálico</li> </ul>
	Delaminación	Este daño también implica la corrosión de la armadura así como la intrusión de cloruros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Tamaño</li> <li>• Profundidad</li> <li>• Exposición de armadura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual, mediciones, y prueba del sonido (golpear el hormigón con martillo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinta metálica</li> <li>• Martillo</li> <li>• Cepillo metálico</li> </ul>
	Eflorescencia	Este daño implica la contaminación por sales en el hormigón.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Tamaño</li> <li>• Longitud</li> <li>• Cristalización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual y mediciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinta metálica</li> <li>• Cepillo metálico</li> </ul>
	Nidos de Piedra	Este daño implica una compactación inadecuada del hormigón durante la construcción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Tamaño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual y mediciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinta metálica</li> <li>• Martillo</li> <li>• Cepillo metálico</li> </ul>
Acero	Desgaste	Este daño da información respecto de lo severo del ambiente del puente, tal como el flujo de las aguas y el volumen de tránsito.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Apariencia</li> <li>• Condición del árido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinta metálica</li> <li>• Cepillo metálico</li> </ul>
	Fractura	Este daño da información de la colisión de vehículos u otras fuerzas externas que han golpeado al puente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Tipo de componentes</li> <li>• Exposición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinta para medir</li> <li>• Cinta metálica</li> </ul>
	Pérdida de la Pintura	Observando la película de pintura, la edad y su calidad, se podrá juzgar si se necesita volver a pintar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Área</li> <li>• Grado de vetustez</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación visual de cada ítem de inspección</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinta metálica</li> <li>• Martillo</li> </ul>
	Oxidación	La profundidad y el área dan información del grado de reducción de la sección transversal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Área</li> <li>• Grado de corrosión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar y observar la superficie, medir su espesor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Martillo</li> <li>• Cepillo metálico</li> <li>• Medidor ultrasónico de espesor.</li> </ul>

Acero	Aflojamiento	Por la observación de toda la estructura, determinar la posibilidad de desprendimiento de componentes estructurales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Tipo de componentes</li> <li>• Número</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual y el uso del martillo</li> <li>• Cepillo metálico</li> <li>• Martillo</li> </ul>
	Desprendimientos	Mediante inspección visual, se confirmará la pérdida de componentes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Tipo de componentes</li> <li>• Número</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual</li> </ul>
	Deformación	Por inspección visual y midiendo, se pueden detectar la acción de fuerzas inusuales que han actuado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Tipo de componentes</li> <li>• Número</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual y mediciones</li> <li>• Cinta metálica</li> </ul>
	Grietas	Las grietas dan información de la acción de fuerzas inusuales que han actuado sobre los componentes, tales como la fatiga y la sobrecarga.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Tipo de componentes</li> <li>• Número</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual y mediciones</li> <li>• Martillo</li> <li>• Cepillo metálico</li> <li>• Tinte Penetrante</li> </ul>
Madera	Putridión	Manchas de pudrición implican deterioro oculto de la madera debido a hongos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Área</li> <li>• Profundidad</li> <li>• Nivel del agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual y mediciones</li> <li>• Cinta metálica</li> <li>• Martillo</li> </ul>
	Rajadura/Hendidura	Estos daños implican colisiones o sobrecargas muy grandes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Tipo de componentes</li> <li>• Tamaño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual y mediciones</li> <li>• Cinta metálica</li> <li>• Martillo</li> </ul>
	Deflexión/Pandeo	Este daño implica la sobrecarga excesiva o la debilidad de la estructura.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Tipo de componentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual y mediciones</li> <li>• Cinta metálica</li> </ul>
	Aflojamiento	Este fenómeno muestra el deterioro de la rigidez de los conectores de los miembros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación</li> <li>• Tipo de componentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual, y prueba del sonido.</li> <li>• Martillo</li> </ul>

#### **(4) Resultados de la inspección de Daños**

##### **1) Prueba del Líquido de Fenolftaleína**

Mediante la prueba del líquido de fenolftaleína, se reveló el deterioro del recubrimiento del hormigón, en la mayoría de los puentes inspeccionados. Las pruebas mostraron la alcalinidad del pH, de que en promedio fue de cerca de 9.0, de lo que se concluyó que los hormigones estaban carbonatados. Esta prueba pudo ser realizada principalmente en estribos y cepas, pero no para las vigas debido a que estaban ubicadas a demasiada altura para acceder a ellas, excepto en el puente Cautín. La carbonización podría acelerar la corrosión de las armaduras.

La carbonización del hormigón de la superficie, resulta en una pérdida de protección alcalina del recubrimiento de la armadura en contra de la corrosión. El dióxido de carbón de la atmósfera reacciona con los componentes hidratados del cemento causando la reducción en pH y alcalinidad (es decir, aumento de la acidez) en el hormigón. La profundidad de carbonización es medida mediante la aplicación de una solución de fenolftaleína al uno por ciento sobre una parte recientemente rota de la superficie del hormigón. El hormigón sufre un cambio de color a rojo púrpura (rojo violeta) cuando el valor del pH es  $> 9,5$ . El color de la superficie del hormigón, después de aplicado el spray, puede ser comparado con la clasificación estándar de los resultados de la prueba, para indicar así las áreas de carbonatación seria. En los lugares donde ha ocurrido la carbonatación y la acidez ha aparecido, el pH se reduce por debajo de 9, el hormigón no sufre ningún cambio de color.

Un ejemplo de los resultados de la prueba aplicada al puente Cautín es mostrado en la fotografía (17), y todos los resultados de esta prueba están dados en el Anexo II-3 del Volumen 4/8.



##### **2) Prueba del Martillo Schmidt**

El martillo de Schmidt fue usado para medir la dureza de la superficie del hormigón, la cual puede ser relacionada con su resistencia. Esta prueba pudo ser realizada en cepas y estribos pero no para las

vigas pues éstas se ubicaban a mucha altura, excepto para los puentes Cautín y ventanas. Se midieron resistencias en promedio de  $270 \text{ kg/cm}^2$  (convertidas a resistencias de compresión de una muestra cilíndrica) para cepas y estribos, y  $300 \text{ kg/cm}^2$  para las vigas. La **Tabla 3.9** muestra los resultados de la prueba.

Las resistencias medidas muestran valores mayores que los esperados a pesar del deterioro de los hormigones. Se debe hacer notar que grandes errores parecen ocurrir en este tipo de prueba, ya sea por el mecanismo del equipo o por las condiciones en que se realiza la prueba.

**Tabla 3.9 Resistencia del Hormigón según la Prueba del Martillo de Schmidt**  
( $\text{kg/cm}^2$ )

Nº	Nombre del Puente	Cepas / Estribos	Vigas
2	David García	288	
3	Granallas	195	
4	Ventanas	388	317
10	Cautín	237	295
11	El Indio	264	
14	Malleco	237	
17	Medina	215	
18	Cautín (88)	298	
19	Salva Tú Alma	315	
20	Quinchilca	228	
	Promedio	267	306

### 3) Detección de las Armaduras mediante el Pachometer

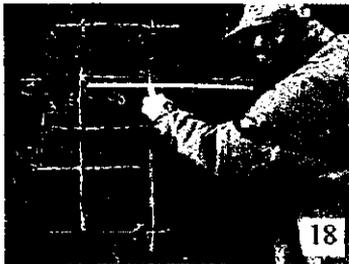
La posición, el volumen y el diámetro de las armaduras (barras de acero) que están al interior del hormigón fueron buscados por el Pachometer, sin embargo, no se pudieron obtener resultados exactos, excepto en la disposición de las barras, debido a que la superficie del hormigón era desigual, y el espesor del recubrimiento de hormigón era demasiado como para que funcionara el equipo. El Pachometer tiene un límite de profundidad respecto al recubrimiento del hormigón, que es de 60 mm. Se estimó por lo tanto que la mayoría de los recubrimientos investigados sobrepasaban este valor. Por otra parte, a pesar de que los casos de vigas principales inspeccionadas fueron pocos, se obtuvieron resultados apropiados en el puente Cautín. La separación de las armaduras en dirección vertical y horizontal era de 25 a 30 cm. en el muro del estribo. Los resultados de la detección están dados en la **Tabla 3.10**.

**Tabla 3.10 Detección de las Armaduras mediante el Pachometer**

Nº	Nombre del puente	Ubicación	Diámetro	Espaciamiento Horizontal × Vertical (mm)
2	David García	Cepa	23	200 × 200
3	Granallas	Cepa	-	200 × 150
10	Cautín	Viga	41	100 × -
		Estribo	-	400 × 150
11	El Indio	Estribo	41	200 × 200
17	Medina	Estribo	32	250 × 200
18	Cautín (88)	Estribo	18	400 × 260

La escena de la detección y el Pachometer utilizado se muestran en las Fotografías (18) y (19) respectivamente.

Puente Cautín (88)



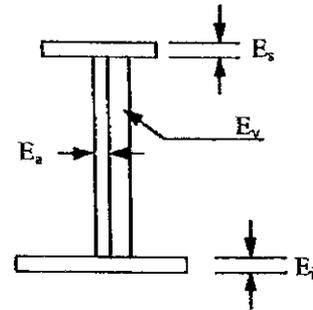
#### 4) Pruebas con el Medidor de Espesor Ultrasónico

El propósito principal de la investigación de los espesores de las placas que componen los elementos principales es el de conocer sus valores actuales, para luego estimar la capacidad de carga del puente mediante el análisis estructural, usando la sección actual obtenida a partir de los datos medidos en terreno. Sería preferible, si los valores actuales y capacidades de carga de diseño pudieran ser comparadas entre ellas, pero desafortunadamente los datos de diseño no pudieron ser encontrados. De los ocho puentes de acero, fueron examinados cinco, ya que para los otros puentes fue imposible realizar la prueba debido a que las vigas estaban a mucha altura, o estaban sumergidas en el momento de realizar la prueba. Los resultados del puente Medina se muestran a continuación como un ejemplo. El espesor de las almas superiores e inferiores, del alma y de los atisadores verticales fueron medidos, tomando cinco puntos de cada componente y promediados.

**Tabla 3.11 Resultado del Espesor de Placas**

(Unidad: mm)

N° Pruebas	Ala Superior (Es)	Ala Inferior (Ei)	Alma (Ea)	Atiesador Vertical (Ev)
1	16,4	32,20	12,90	9,60
2	16,45	32,25	13,20	9,70
3	16,55	32,10	13,00	9,75
4	16,35	32,15	12,45	9,85
6	16,40	31,80	12,55	9,80
Promedio	16,43	32,10	13,91	9,74



5) Prueba de Tinta Penetrante para el Acero

Es probablemente el método de inspección más utilizado para detectar defectos y deterioros. Generalmente está limitado a los defectos que están expuestos en la superficie de los componentes, aún siendo barato, fácilmente aplicable e interpretable. La parte a ser examinada es primero limpiada con un cepillo metálico y luego con químicos, para luego colocar un fluido en la superficie que permite la penetración en las grietas y en los defectos de superficie. Después de un corto periodo de tiempo, el líquido que penetró es removido. Y una segunda solución (llamada revelador) es rociada. El revelador se seca hasta llegar a ser un polvo como la tiza y permanece inalterable en las regiones donde no hay defectos. En las zonas de grietas el líquido penetra desde la grieta y mancha el revelador. Mediante esta prueba de tinta penetrante los defectos superficiales pueden ser detectados, no así la profundidad de la grieta. Esta prueba fue aplicada a lo largo de la soldadura de filete entre el ala inferior y el alma de la viga del puente Granallas. No se detectaron defectos serios tal como lo muestra la Fotografía (20) a continuación. Con respecto a los otros puentes de acero, la prueba de penetración de tinta no fue realizada, debido a que era demasiado peligrosa realizarla.

**Fotografía (20)**



## **3.4 DISEÑO DE REHABILITACIÓN**

### **3.4.1 Diseño de Reconstrucción**

#### **(1) Alcance del Trabajo de Diseño**

El propósito del diseño de reconstrucción en el Estudio es el de mostrar ejemplos de diseños básicos para los ocho puentes a ser reconstruidos. Los puentes fueron planeados sobre la base de los planos topográficos y de las condiciones estudiadas de los suelos, seleccionando el tipo de puente, tamaño y ubicación, considerando la función y capacidad del puente, las condiciones geológicas y geográficas del terreno, y los impactos ambientales.

Después de la planeación de los puentes, se utilizó el programa CADD (Diseño y Dibujo Asistido por Computadora) desarrollado en el Estudio para el diseño y preparación de los planos. Sin embargo, para el caso del diseño del puente San José, se necesita que el MOP realice diseños suplementarios además de los del CADD para completarlo.

#### **(2) Planeación de Puentes**

La planeación de reconstrucción para el alineamiento y ubicación, el tipo de puente, el ancho, la altura de aguas máximas y la revancha, así como los estudios topográficos y el área de sondajes, han sido discutidos por el MOP y el Equipo de Estudio durante y después de la inspección general. Basados en la planificación acordada para cada emplazamiento de los puentes, se realizaron los estudios topográficos (con una escala 1/200) y los sondajes de los suelos (Ver el Capítulo 3.3.1).

El trabajo de planeación fue desarrollado tomando en cuenta los siguientes aspectos:

##### **1) Disposición de los tramos**

- El largo de los tramos seleccionados está en un rango de 20 a 30m, balanceando así los costos de superestructura e infraestructura. Si se espera que el costo de la infraestructura sea elevado debido a los pilotes, considerar un tramo un poco más largo para economizar.
- Para puentes de múltiples tramos fue aplicada una viga estándar del mismo tamaño y luz, tanto como la condición del lugar lo permitiera, para un diseño y construcción más fácil y económico.
- Para asegurar que el flujo de las aguas sea continuo y fluido, la disposición de los tramos fue revisada y se estableció que el ancho total de las cepas que están en el cauce, no excedan el 5% del ancho del río.

## 2) Dirección de cruce del río

- El puente fue planeado para que en lo posible cruce al río en ángulo recto respecto de la dirección del cauce.

## 3) Ubicación de la cepa y estribo

- Muchos de los puentes inspeccionados en Chile tienen una sección transversal insuficiente para el nivel del cauce, de manera que los estribos fueron planeados ubicarlos considerablemente atrás respecto de las posiciones existentes.
- La dirección de las cepas y estribos fue principalmente planeados paralelos respecto de la dirección del flujo.
- En el caso de que un puente nuevo fuera construido paralelo y adyacente al existente, la ubicación de las nuevas cepas fue determinada para que quedaran en la misma en la misma dirección respecto de las antiguas, en orden a no producir mayor turbulencia del flujo.

## 4) Tipo de superestructura e infraestructura

- En la selección del tipo de superestructura, los siguientes factores fueron considerados.
  - Largo de los tramos
  - Disponibilidad de fabricación de vigas adyacente al puente
  - Condición del suelo
  - Transporte de vigas pre-fabricadas al sitio de construcción
- Para puentes de tramos superiores a 30m, ubicados en terrenos montañosos, se seleccionaron vigas de acero considerando su mayor facilidad de colocación a pesar de ser más costosas comparadas con las vigas de hormigón PC (Pre-comprimido).
- Las cepas formadas por pilotes inclinados no fueron adoptadas aunque fueran de construcción más económica, por las siguientes razones:
  - Los pilotes inclinados tienden a crear turbulencia en el flujo alrededor de los pilotes y causan una socavación local severa, y a
  - Atrapar maderas y escombros flotantes, que causan una reducción del área por donde pasa el caudal.

### 5) Revancha del nivel máximo de aguas

- Fue adoptada la revancha mínima de 1,0 m entre el Nivel de Aguas Máximo y el punto más bajo de la infraestructura para el paso seguro de escombros flotantes.

### 6) Colocación de las fundaciones

- Se tomo como profundidad mínima 2,0 m desde el lecho del río hasta el tope de la fundación, estando colocada la zapata de fundación 1,0 m dentro del estrato de grava dura, o colocada directamente a nivel de roca sólida recortada, o profundizar más que la distancia de socavación anticipada.

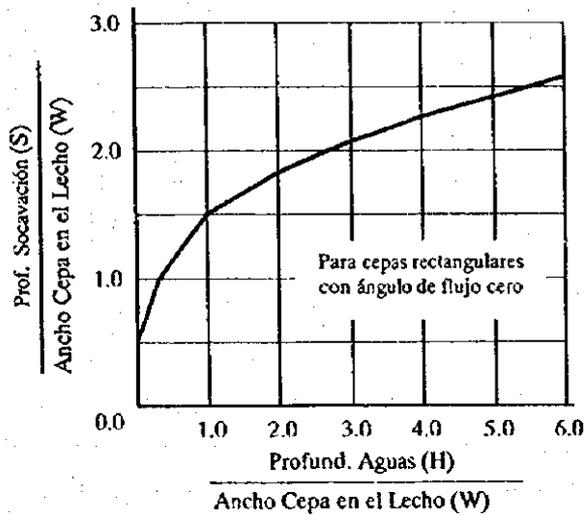
### (3) Profundidad de Empotramiento de la Cimentación en contra de la Socavación

Para examinar la profundidad de empotramiento de la cimentación bajo el lecho del río, se realizó una estimación de la profundidad de socavación.

Hay tres formas socavación en la evaluación de la seguridad del puente, éstas son la socavación general, la socavación por contracción y la socavación local. La socavación general es la degradación general del lecho a lo largo de una longitud considerable del río. La socavación por contracción resulta de la contracción de ancho del canal cerca de los terraplenes de los estribos. La socavación local es la erosión del material adyacente a los estribos y alrededor de las cepas.

La socavación a ser verificada aquí es la socavación local alrededor de la cepa. Las socavaciones general y por contracción no fueron consideradas, porque ellas involucran la hidráulica del río, la cual desafortunadamente no es investigada en el Estudio.

La curva presentada en la **Figura 3.5** (del Iowa Highway Research Board Bulletin N°4 de Laursen y Toch) muestra la profundidad pronosticada de la socavación local para una cepa rectangular. Para cepas de otras formas no rectangulares, la **Tabla 3.12** entrega factores (multiplicativos) para la socavación relativa.



**Figura 3.5** Curva para la Profundidad de Socavación

**Tabla 3.12** Coeficientes de Forma  $K_s$  para las Cepas  
(Para ser usada sólo en cepas alineadas con respecto al flujo)

Forma de la Cepa (Nariz de la Cepa)		Coefficiente K
Rectangular		1,00
Semicircular		0,90
Elíptica		0,80

El proceso de estimación de la socavación para los ocho puentes fue realizado asumiendo las siguientes condiciones:

- Ancho de la cepa en el lecho del río :  $W = 1,20 \text{ m}$
- Profundidad de las aguas :  $H = 3,00 \text{ m}$  (supuesta)

$$\cdot \frac{H}{W} = \frac{3,00}{1,20} = 2,5$$

Para la razón entre el ancho de cepa mencionado y la profundidad del agua  $\frac{H}{W} = 2,5$ , la razón entre la profundidad de socavación (S) y el ancho de la cepa (W) toma el valor  $\frac{S}{W} = 1,9$ , de la curva de la

**Figura 3.5.**

La forma diseñada para las narices de los muros de las cepas es semicircular y por lo tanto el coeficiente respectivo es  $K = 0,90$ . Por consiguiente, la profundidad estimada de socavación es:

$$S = \frac{S}{W} \times W \times K = 1,9 \times 1,20 \times 0,90 = 2,0 \text{ m}$$

Por lo tanto, se adoptó un mínimo de 2,0 m de profundidad de empotramiento para todos los puentes a ser reconstrucciones. La profundidad de 2,0 m es una profundidad mínima para las fundaciones de las cepas dadas por las Regulaciones Fluviales del Japón.

#### (4) Diseño de Puentes

Las principales características de los diseños de los puentes están resumidos en la **Tabla 3.13**.

**Tabla 3.13 Resumen de los Diseños de Puentes**

Nº	Nombre del Puente	Tipo de Superestructura	Tramo & Longitud del Puente	Ancho Puente (Calzada & Pasillo)	Ubicación del Nuevo Puente
2	David García	Vigas PC Postensada	4 @ 26 = 104 m	10+2 @ 1,5 = 13,0m	Mismo lugar
3	Grenallas	Vigas PC Postensada	2 @ 28 = 56 m	7+2 @ 1,2 = 9,4 m	Mismo lugar
5	San José	Vigas PC Postensada	3 @ 28 = 84 m	10+2 @ 1,0 = 12,0 m	Aguas abajo
6	Puangue	Vigas PC Postensada	4 @ 30 = 120 m	10+2 @ 1,2 = 12,4m	Aguas arriba
7	San José de Marchiue	Vigas PC Postensada	6 @ 27 = 162 m	7+2 @ 1,0 = 9,0 m	Aguas arriba
8	Antivero N° 2	Vigas PC Postensada	4 @ 29 = 116 m	9+2 @ 1,2 = 11,4m	Mismo lugar
13	Pocolón	Vigas PC Pretensada	2 @ 20 = 40 m	7+2 @ 1,0 = 9,0 m	Camino Local
16	San Juan	Viga de Acero	1 @ 34 = 34 m	8+2 @ 1,2 = 10,4 m	Mismo lugar

Para los puentes nuevos, el ancho fue decidido por el MOP tomando en cuenta el ancho del camino de acceso, las condiciones del tránsito, y futuros planes de ensanchamiento.

En el caso del puente N°5 San José, uno de los caminos de acceso es extremadamente curvo, por lo que el puente tiene que cruzar al río en una curva y en forma esviada. El puente también necesita pilotes y cepas de columnas circulares. Tal diseño inusual no puede ser manejado por el programa CADD, por lo tanto, los diseños preparados en este Estudio proveen sólo de un diseño básico, con las siguientes características:

- Un puente curvo y esviado es diseñado como si fuera recto y sin esviaje. No es un análisis preciso pero considerado suficiente para puentes pequeños dentro de ciertos límites de

curvatura y esviaje.

- Las cimentaciones con pilotes de columna circular no pueden ser diseñados por el CADD.

## (5) Condiciones de Diseño

Las principales condiciones de diseño adoptadas en el diseño son las siguientes:

1) Método de Diseño: Programa CADD (Método de la Tensiones Admisibles)

2) Especificaciones del Diseño: AASHTO (1992)

3) Pesos Propios

- Hormigón : 2,30 t/m<sup>3</sup>
- Hormigón Armado : 2,50 t/m<sup>3</sup>
- Acero : 7,85 t/m<sup>3</sup>
- Pavimento : 2,30 t/m<sup>3</sup>
- Suelo : 1,80 t/m<sup>3</sup>

4) Sobrecargas (cargas vivas) : Camión HS20-44

5) Carga de Pasillo :  $W_p = 0,293 \text{ t/m}^2$  ( $7,6 \text{ m} < L \leq 30,5 \text{ m}$ )

6) Carga de Viento :  $W_v = 0,244 \text{ t/m}^2$

7) Cargas Sísmicas : Coeficiente de Aceleración,  $A = 0,15$  (Categoría B)  
Método del Espectro del Modo Único

8) Propiedades de los Materiales

- Hormigón : H-30, H-40,  $f_c' = 250$  y  $350 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.
- Acero de Armadura : A63-42H,  $f_y = 4.200 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f_s = 6.300 \text{ kg/cm}^2$
- Barra de Anclaje : A44-28H,  $f_y = 2.800 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f_s = 4.400 \text{ kg/cm}^2$
- Acero Estructural : A52-34ES,  $f_y = 3.400 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f_s = 5.200 \text{ kg/cm}^2$
- Perno Alta Resist. : Según Norma ASTM A490

9) Parámetros de Resistencia del Suelo del Estrato de Apoyo: Ver **Tabla 3.14**, donde se adoptan los valores en la base de los resultados de los sondajes (Ver Informe de los Sondajes)

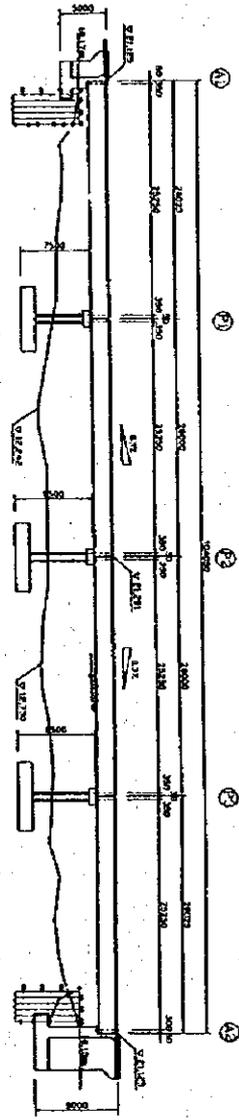
**Tabla 3.14 Parámetros de Resistencia del Suelo**

N°	Nombre del Puente	Peso Unitario (t/m <sup>3</sup> )	Ángulo de fricción Interna	Cohesión (t/m <sup>2</sup> )
2	David García	2,0	42°	0
3	Granallas	2,0	42°	0
5	San José	1,5	0°	13,3
6	Puangué	1,9	42°	0
7	San José de Marchihue	1,9	42°	0
8	Antivero N° 2	2,0	42°	0
13	Poculón	1,9	42°	0
16	San Juan	1,5	0°	6,4

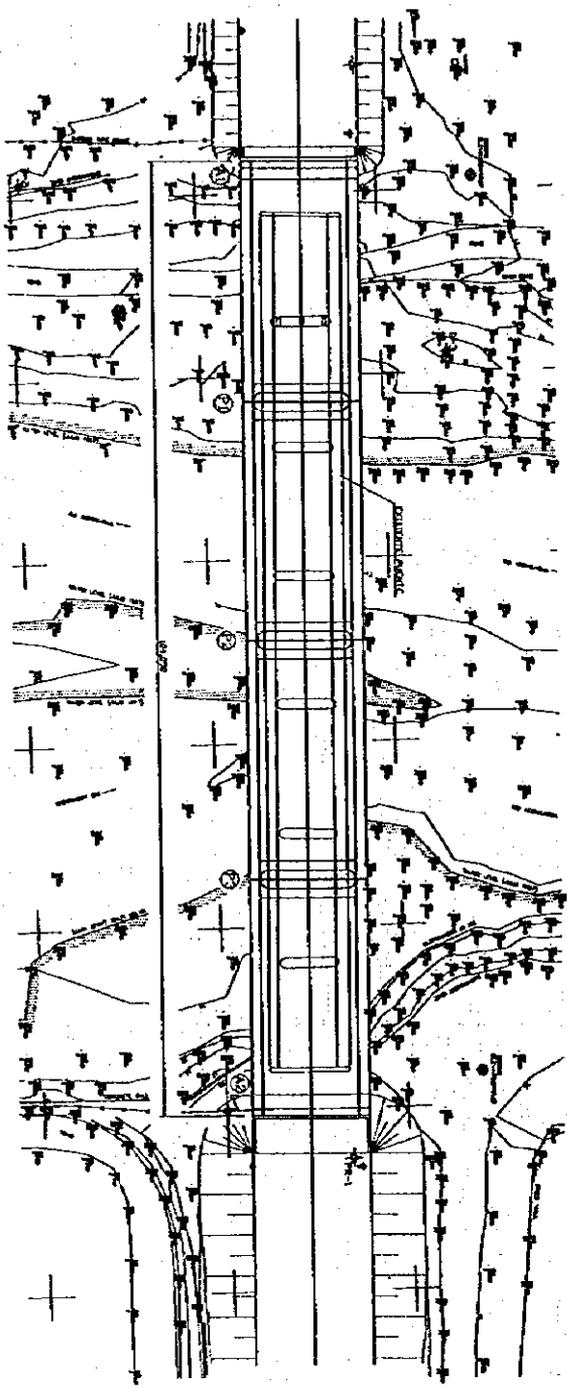
**(6) Planos de Vista General**

Basados en los datos recolectados y las planes adoptados hasta ahora, los ocho puentes a ser reconstruidos fueron diseñados usando el programa CADD desarrollado en el Estudio. Solamente la vista general de ellos se adjunta en las páginas siguientes, los detalles están dados en el Anexo III (Volumen 5/8).

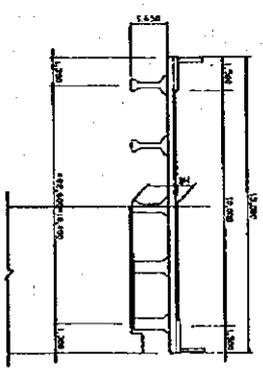
CORTE LONGITUDINAL  
ESC. 1:250



PLANTA  
ESC. 1:250



SECCION DE VIGA  
ESC. 1:100



DETALLE DE BH

Pavimento	125
Losa	200
Viga	1650
Apoyo	50
Pedregal	100
<b>Total</b>	<b>2125</b>



No.2 David Garcia

DIRECCION DE VIALIDAD  
DEPARTAMENTO DE PUENTES

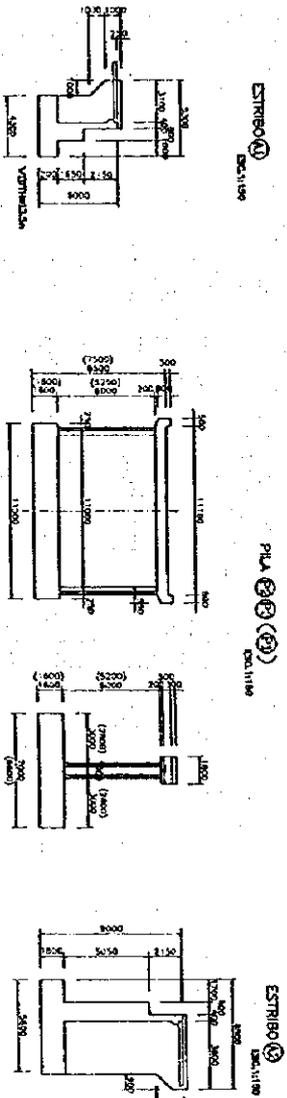
Puentes David Garcia

Cambel | Provincia | Region V

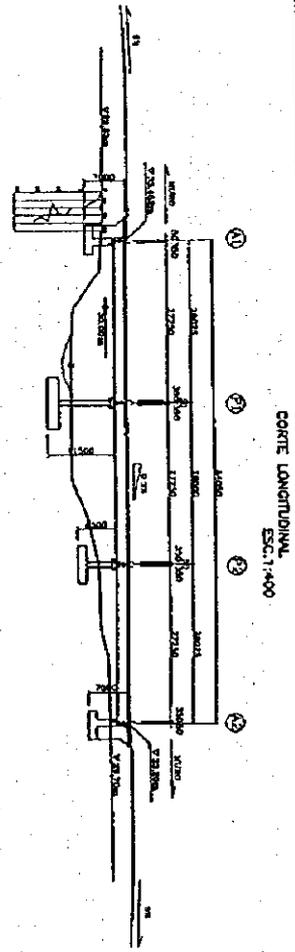
Provincia | Region V

Provincia | Region V

Vista General

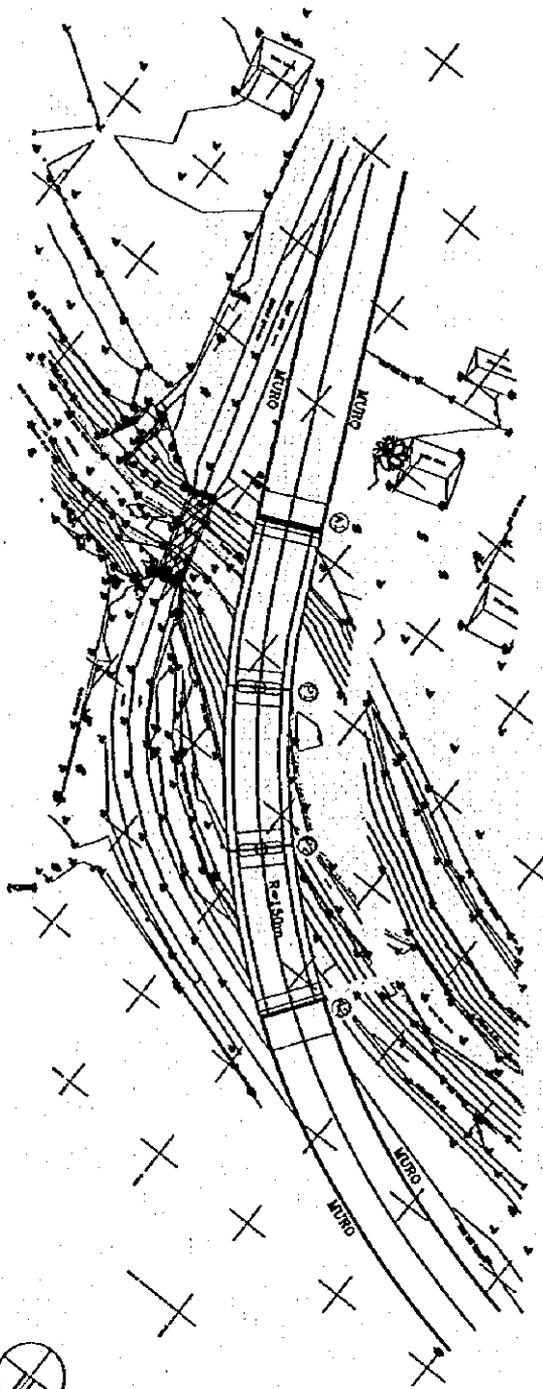






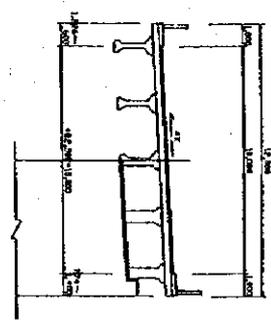
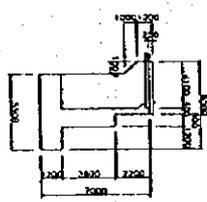
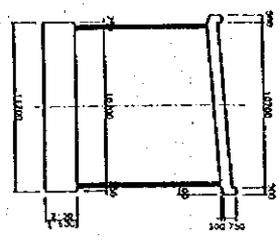
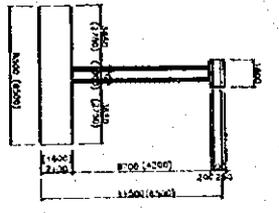
CORTE LONGITUDINAL  
ESC. 1:400

PLANTA  
ESC. 1:400



PILA (2)  
ESC. 1:150

ESTRIBO (2)  
ESC. 1:150



SECCION DE VIGA  
ESC. 1:100

DETALLE DE BH

Pavimento	50
Lecho	170
Vaso	1850
Apoyo	50
Pedestal	150
TOTAL	2350



No.5 San Jose

DIRECCION DE VIALIDAD  
DEPARTAMENTO DE PUENTES

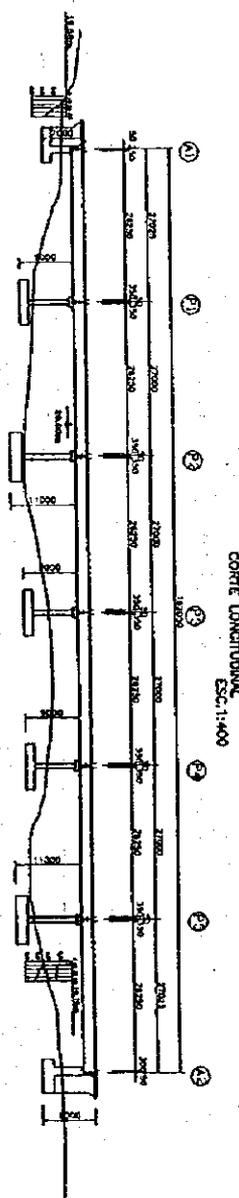
Puentes SAN JOSE

CANTON: \_\_\_\_\_ REGION: RM

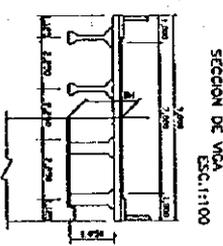
PROVINCIA: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_  
Vista General

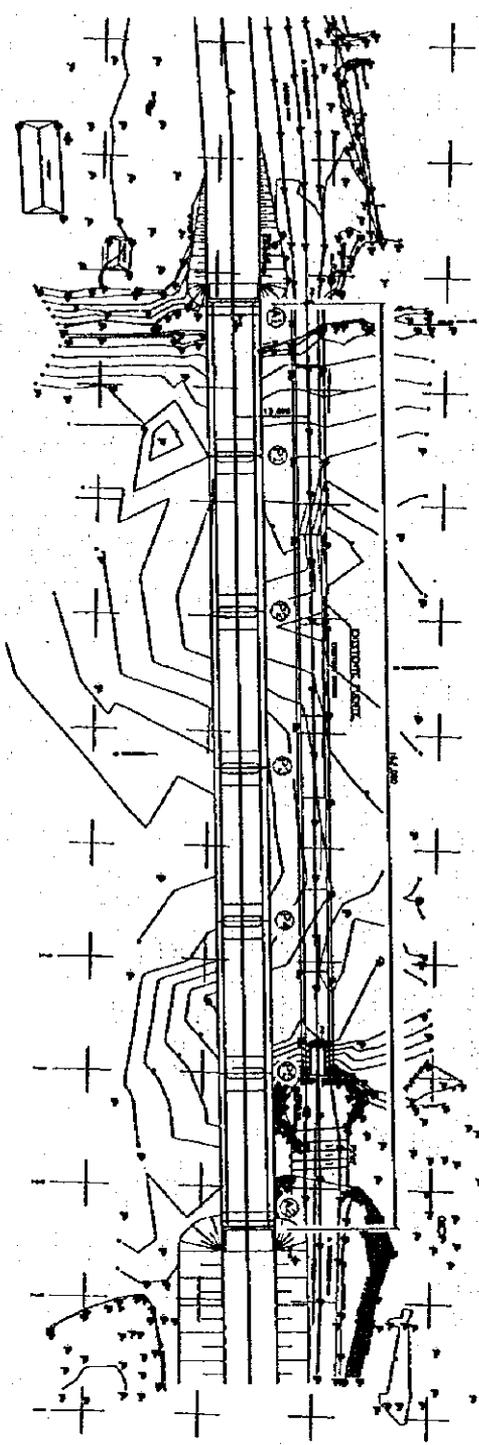




CORTE LONGITUDINAL  
ESC. 1:400

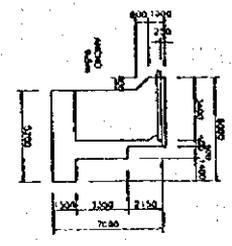


SECCION DE VIGA  
ESC. 1:100

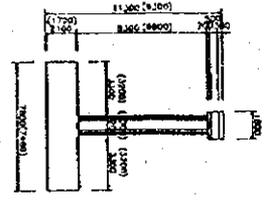
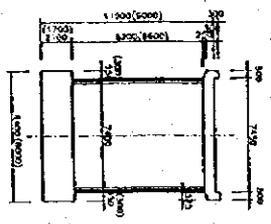


PLANTA  
ESC. 1:400

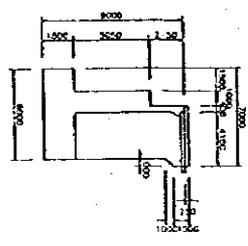
ESTRIBO (1)  
ESC. 1:150



PILA (2) (3) (4) (5) (6)  
ESC. 1:150



ESTRIBO (7)  
ESC. 1:150



DETALLE DE BR

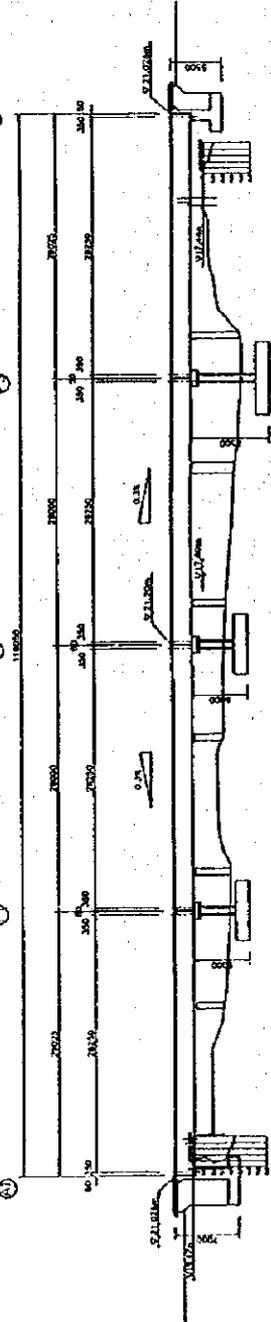
Pavimento	102.5
Losas	180
Vigas	1850
Almendra	30
Pedestales	100
TOTAL	2282.5



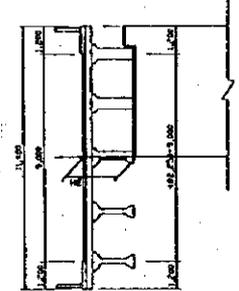
No. 7 San Jose de Marchiue

DIRECCION DE VIALIDAD	
DEPARTAMENTO DE PUENTES	
Puente SAN JOSE DE MARCHIUE	
CAMINO	Raiglor VI
PROVINCIA	
Vista General	

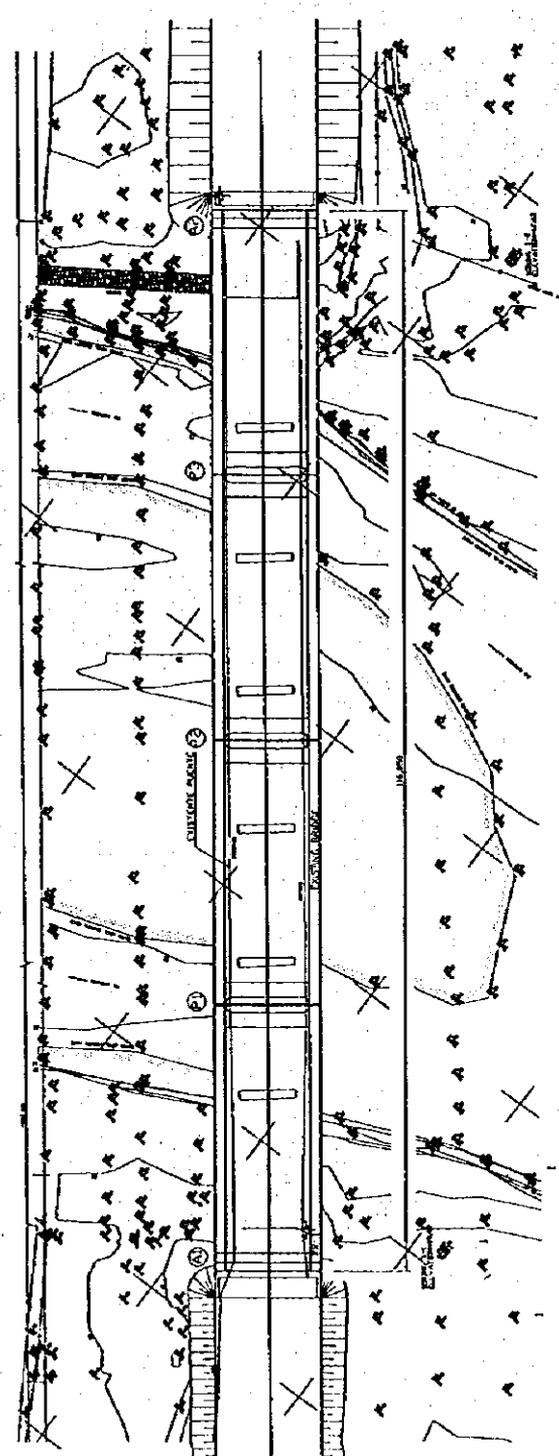
CORTE LONGITUDINAL ESC. 1:250



SECCION DE VIGA ESC. 1:100



PLANTA ESC. 1:250

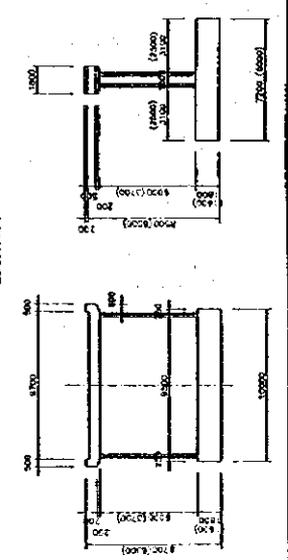


SECCION DE BH

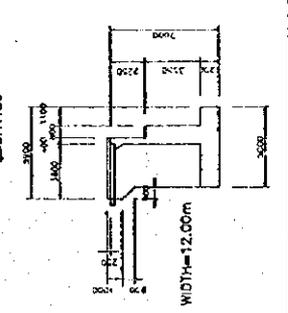
Pavimento	120
Losa	180
Viga	1850
Apoyo	50
Perfora	50
<b>Total</b>	<b>2250</b>



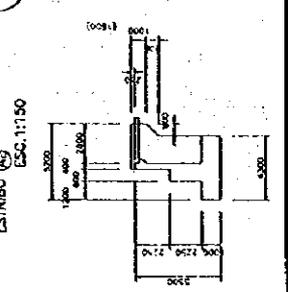
PILA (1) (2) ESC. 1:150



ESTRIBO (A) ESC. 1:150

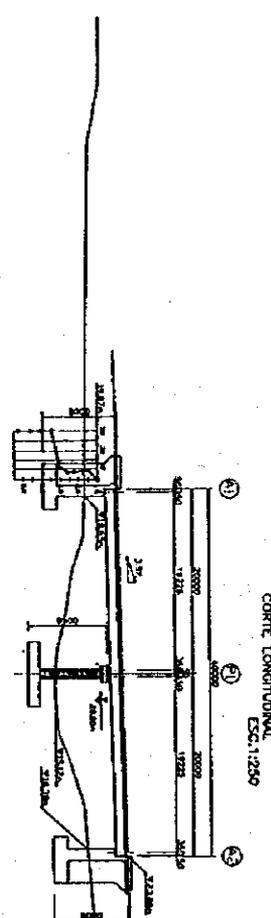


ESTRIBO (B) ESC. 1:150

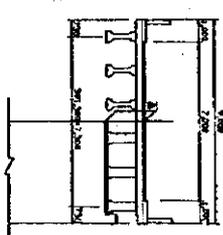


No.8 Antivero No.2

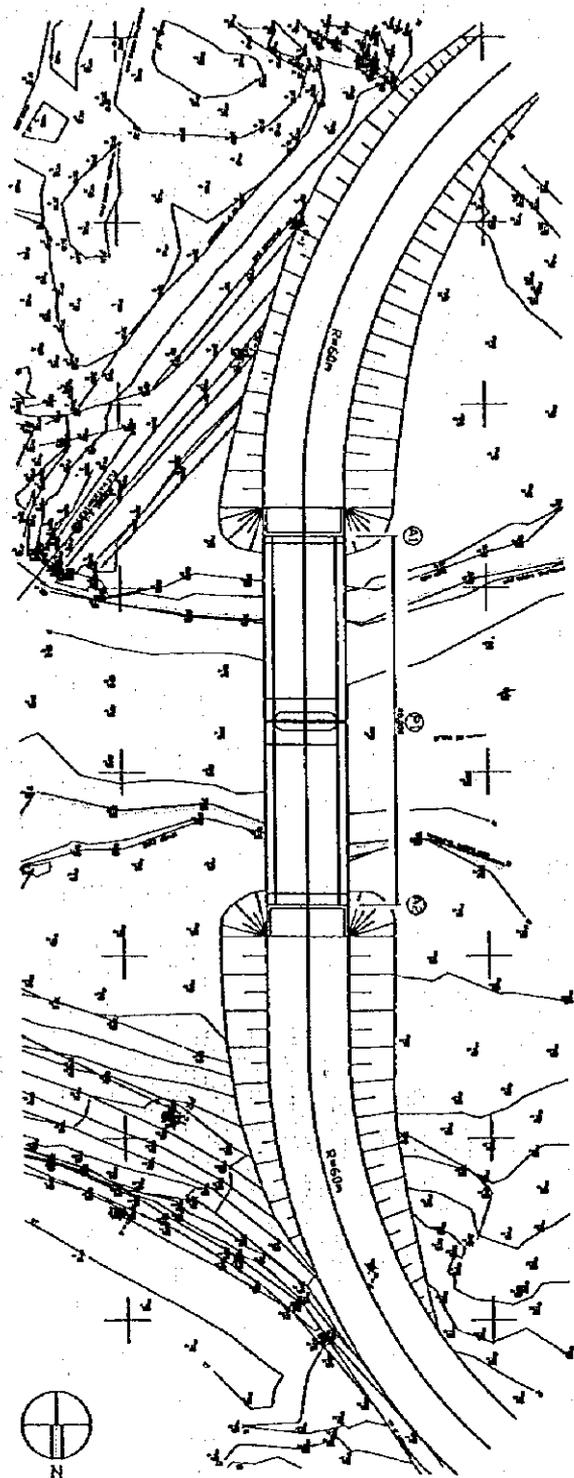
DIRECCION DE VIALIDAD	
DEPARTAMENTO DE PUENTES	
Puentes ANTIVERO No.2	
CANAL	
Provincia	Region VI
Propietario	
Via de Int. para el Estado	Estado de Valdivia
Fecha	
Dibujante	
Verificador	
Director General	



CORTE LONGITUDINAL  
ESC: 1:250



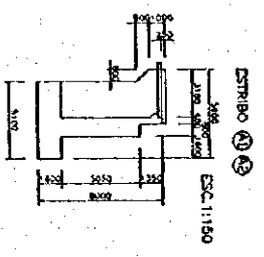
SECCION DE VCA  
ESC: 1:100



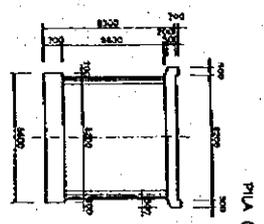
PLANTA  
ESC: 1:250

DETALLE DE BH

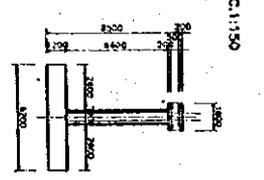
Perforante	120
Lona	170
Viga	1000
Asfalto	50
Pedregal	50
Total	1400



ESTRIBO  
ESC: 1:150



PILA  
ESC: 1:150



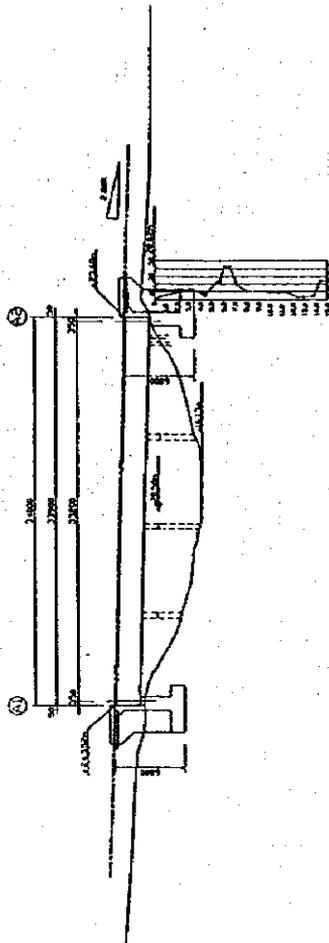
PILA  
ESC: 1:150

No.13 Poculon

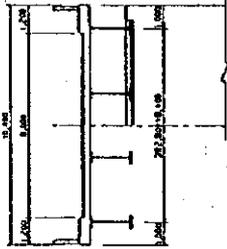
DIRECCION DE VIALIDAD  
DEPARTAMENTO DE PUENTES

Puentes POCULON	
Campo	Region IX
Provincia	
Proyecto	
Fecha	
VISTA GENERAL	

CORTE LONGITUDINAL  
ESC:1:200



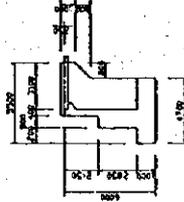
SECCION DE VIGA  
ESC:1:100



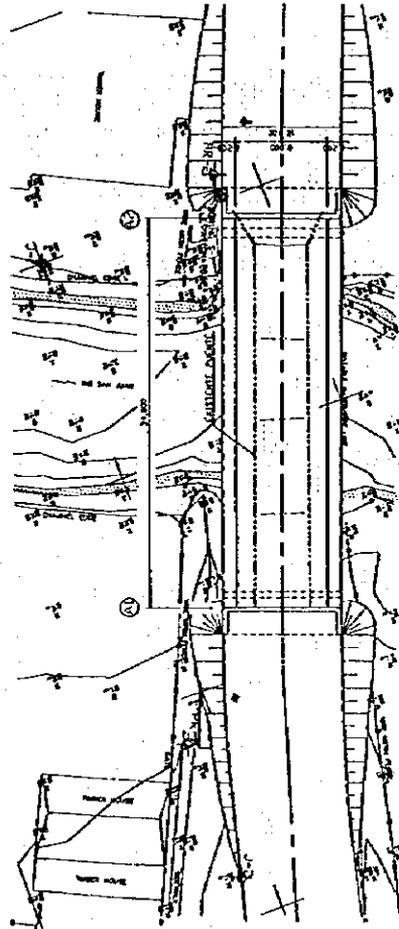
DETALLE DE B4

Pavimento	1.50
Losco	1.50
Haunch	1.00
Web	1.600
Lowerfl	1.6
Apoyo	50
Pedestal	64
Total	21.50

ESTRIBO  
ESC:1:150



PLANTA  
ESC:1:200



No.16 San Juan

DIRECCION DE VIALIDAD  
DEPARTAMENTO DE Puentes

Puentes SAN JUAN

Centro

Provincia

Region IX

Proyecto

Fecha

Escala

Autores

Revisores

Director General

### 3.4.2 Diseño de las Reparaciones

#### (1) Alcance de los Diseños de Reparaciones

El propósito del diseño de reparación es mostrar ejemplos de diseños básicos para los puentes seleccionados para ser reparados. Los diseños de reparación se basaron en la información recogida de cada puente en la inspección general y los resultados de la inspección de daños. Los métodos de reparaciones fueron decididos de acuerdo con el plan de reparaciones estudiados en la Cláusula (4) del Capítulo 3.2.3.

En lo respecta a la reparación de estructuras de madera, el método de reparación que el MOP ha adoptado es el reemplazo de la madera dañada, y que ha sido practicado por el MOP regional en sus tareas de mantenimiento. No hay técnicas particulares en las reparaciones de los puentes de madera que estén descritas en planos o dibujos. Por lo tanto, los diseños de reparación para los siguientes puentes de madera fueron omitidos:

##### - Puente N°9 Los Cardos:

El puente tiene tablero de madera, vigas de acero y estribos/cepas de hormigón. Se observaron daños principalmente el tablero de madera y muy pocos en las vigas de acero y cepas. Se encontraron ligeros daños en los estribos, juzgándose que los trabajos de reparación eran solamente necesarios para reemplazar la madera dañada del tablero.

##### - Puentes N°12 Quillén y N°15 Miraflores

Todos los elementos de estos dos puentes son de madera, observándose algunos miembros dañados que requieren ser reemplazados.

Sin embargo, los daños en la madera de los puentes mencionados son presentados en el Anexo II-1 (Volumen 4/8), de los cuales los elementos a ser reemplazados pueden ser observados.

Por lo tanto, se prepararon diseños de reparaciones para los once puentes mostrados en la Tabla 3.15, incluyendo los puentes N°2 David García y el N°3 Granallas. Los dos puentes fueron ya tomados como ejemplos de reconstrucción pero también fueron considerados adecuados como ejemplos de reparación.

#### (2) Selección del Método de Reparación

Hay varios métodos de reparación aplicables a los daños, pudiendo seleccionar los métodos más adecuados mediante la comparación entre los métodos alternativos desde los puntos de vista técnicos y económicos. Sin embargo esta aproximación es compleja y difícil salvo para los ingenieros con

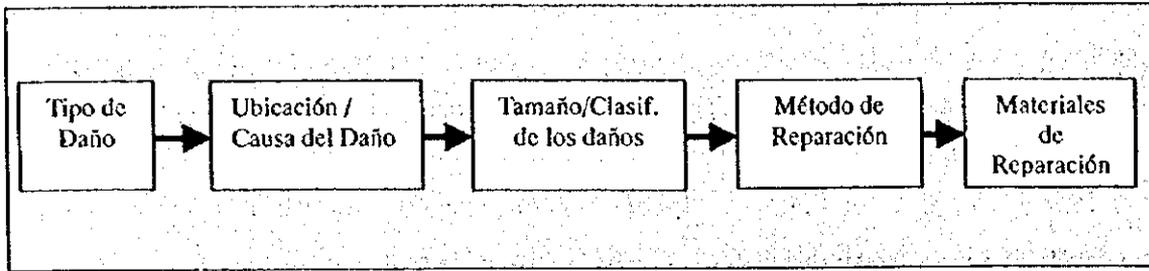
experiencia. Por lo tanto, los métodos de reparación empleados en el Estudio están limitados a aquellos que son comunes, simples y a menudo practicados por el MOP. Los métodos de reparación están resumidos en la **Tabla 3.16**, y los detalles de los métodos son presentados en la **División III del Manual de Puentes (Volumen 6/8)**. Para la conveniencia de seleccionar los métodos de reparación de los principales daños, son recomendados los diagramas que muestran los tipos de daños y sus métodos de reparación. El concepto de los diagramas es mostrado en la **Figura 3.6**.

**Tabla 3.15 Puentes para Diseños de Reparaciones**

Nº	Nombre del Puente	Tipo de Puente	Long. del puente (m)	Principales Reparaciones Propuestas
1	Confluencia	Acero	113,10	- Reparar el hormigón - Volver a pintar las vigas de acero
2	David García	H.A.	93,05	- Reparar el hormigón
3	Granallas	Acero	49,85	- Reparar el hormigón - Volver a pintar las vigas de acero
4	Ventanas	H.A.	30,00	- Reparar el hormigón - Reemplazar las cantoneras
10	Cautín	H.A.	140,00	- Reparar el hormigón
11	El Indio	Acero	21,10	- Reparar el hormigón
14	Malleco	Madera	92,00	- Reparar el hormigón (sólo del estribo)
17	Medina	Acero	170,00	- Reparar el hormigón (sólo del estribo) - Volver a pintar las vigas de acero
18	Cautín (88)	Acero	39,40	- Reparar el hormigón (sólo del estribo) - Volver a pintar las vigas de acero
19	Salva Tú Alma	Acero	40,70	- Reparar el hormigón (sólo del estribo) - Volver a pintar las vigas de acero y las columnas de las cepas
20	Quinchilca	H.A.	140,00	- Reparar el hormigón

**Tabla 3.16 Métodos de Reparación Propuestos**

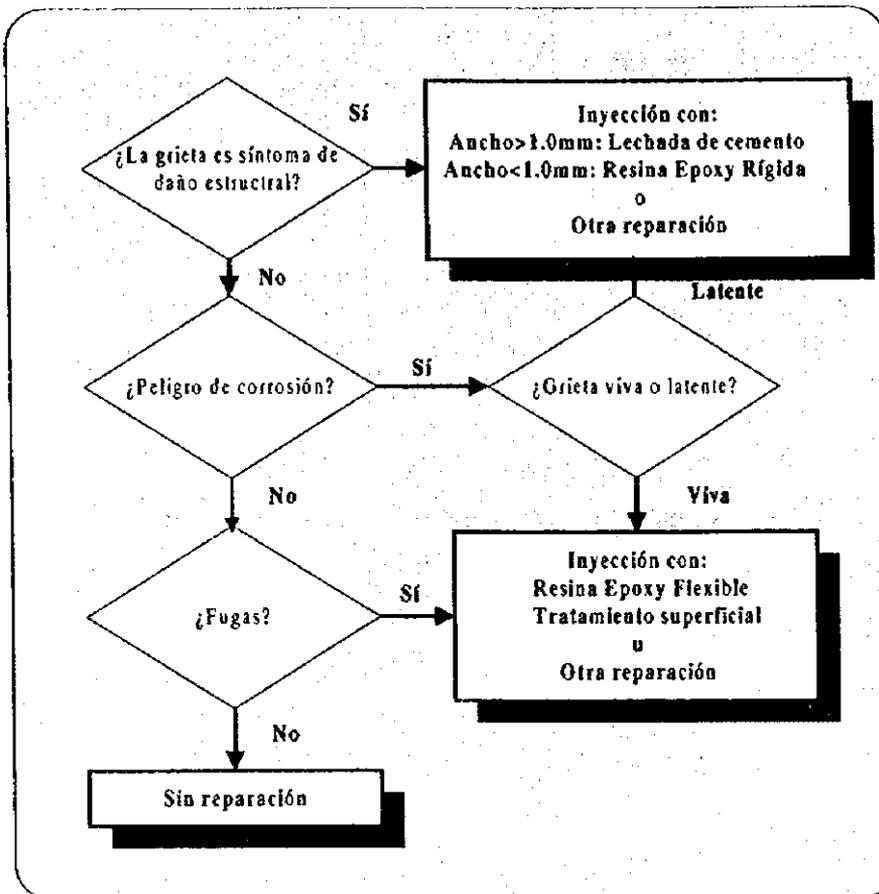
Tipo de Material	Método de Reparación
Hormigón	Inyección, Recubrimiento (Caulking), Escobillado, Recubrimiento (Coataing), Re-alisado, Pre-relleno (Pre-pack), Relleno Seco (Dry-pack), Hormigón Proyectado, Bacheo, Reposición del hormigón (Overlay), Reemplazo.
Acero	Volver a Pintar



**Figura 3.6** Concepto del Diagrama con los Métodos de Reparación de Daños

El diagrama con el método de reparación para los principales daños están dados en la **Figura 3.7** desde la página siguiente.

En el caso de las reparaciones de grietas en el hormigón, para asistir al proceso de selección del método, un diagrama adicional es dado en la **Figura 3.8**. El diagrama sugiere métodos de reparación de acuerdo al tipo y ancho de las grietas.



**Figura 3.8** Diagrama para los Métodos de Reparación de Grietas en el Hormigón

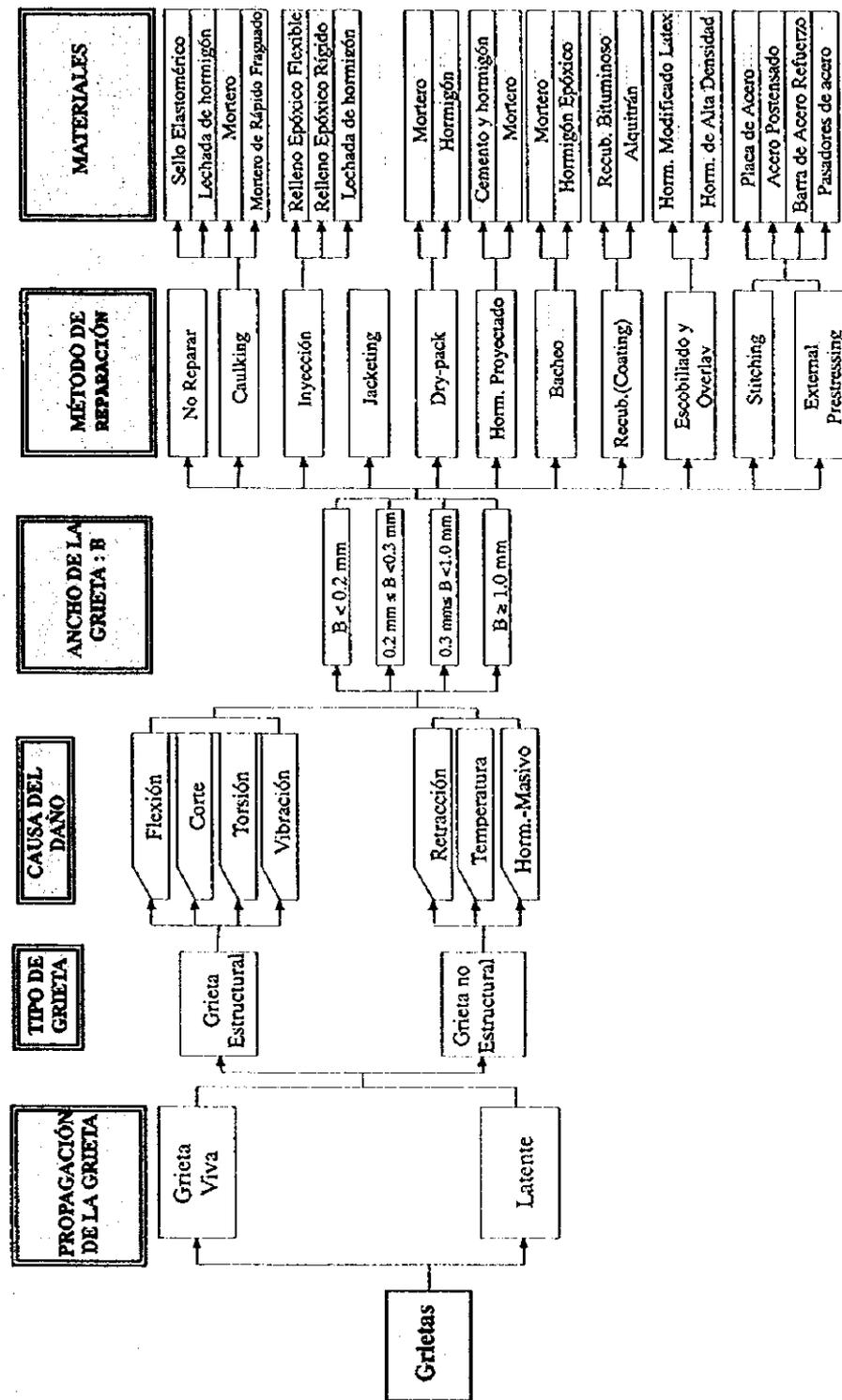


Figura 3.7 Diagrama con los Métodos de Reparación (1/7): Grietas en la Estructura de Hormigón

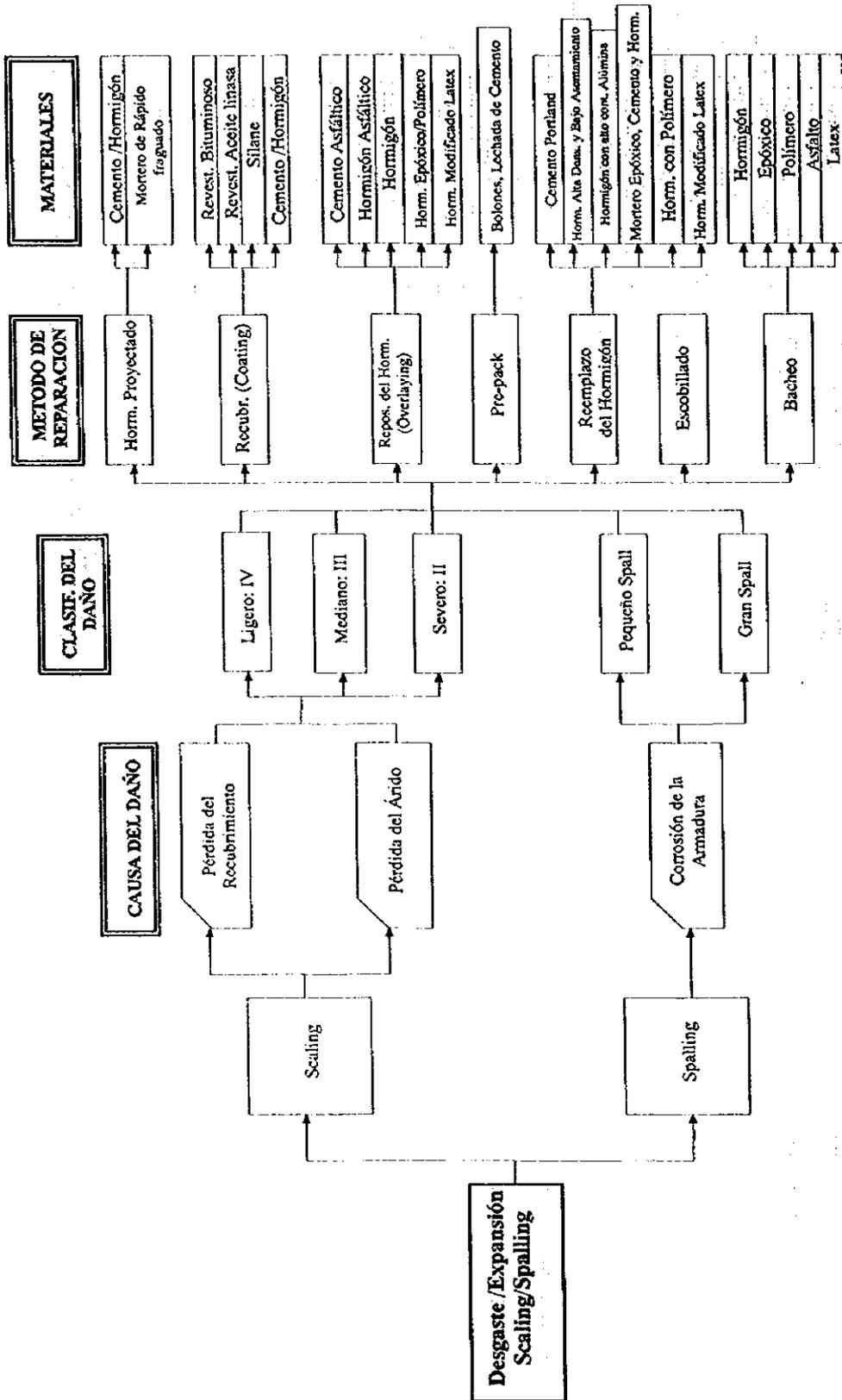


Figura 3.7 Diagrama con los Métodos de Reparación (2/7): Desgaste /Expansión (Scaling/Spalling) en la Estructura de Hormigón

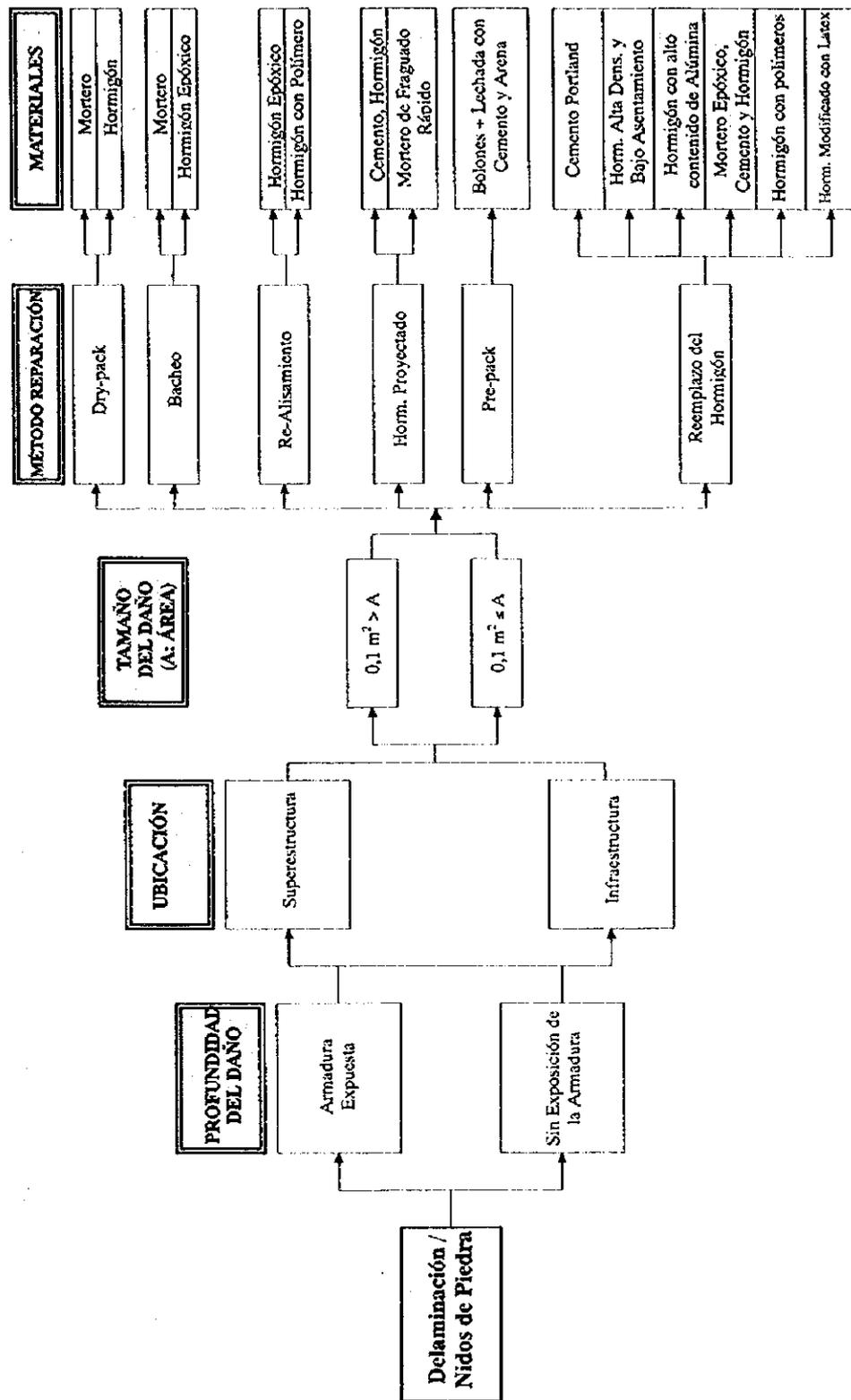


Figura 3.7 Diagrama con los Métodos de Reparación (3/7): Delaminación y Nidos de Piedra en la Estructura de Hormigón

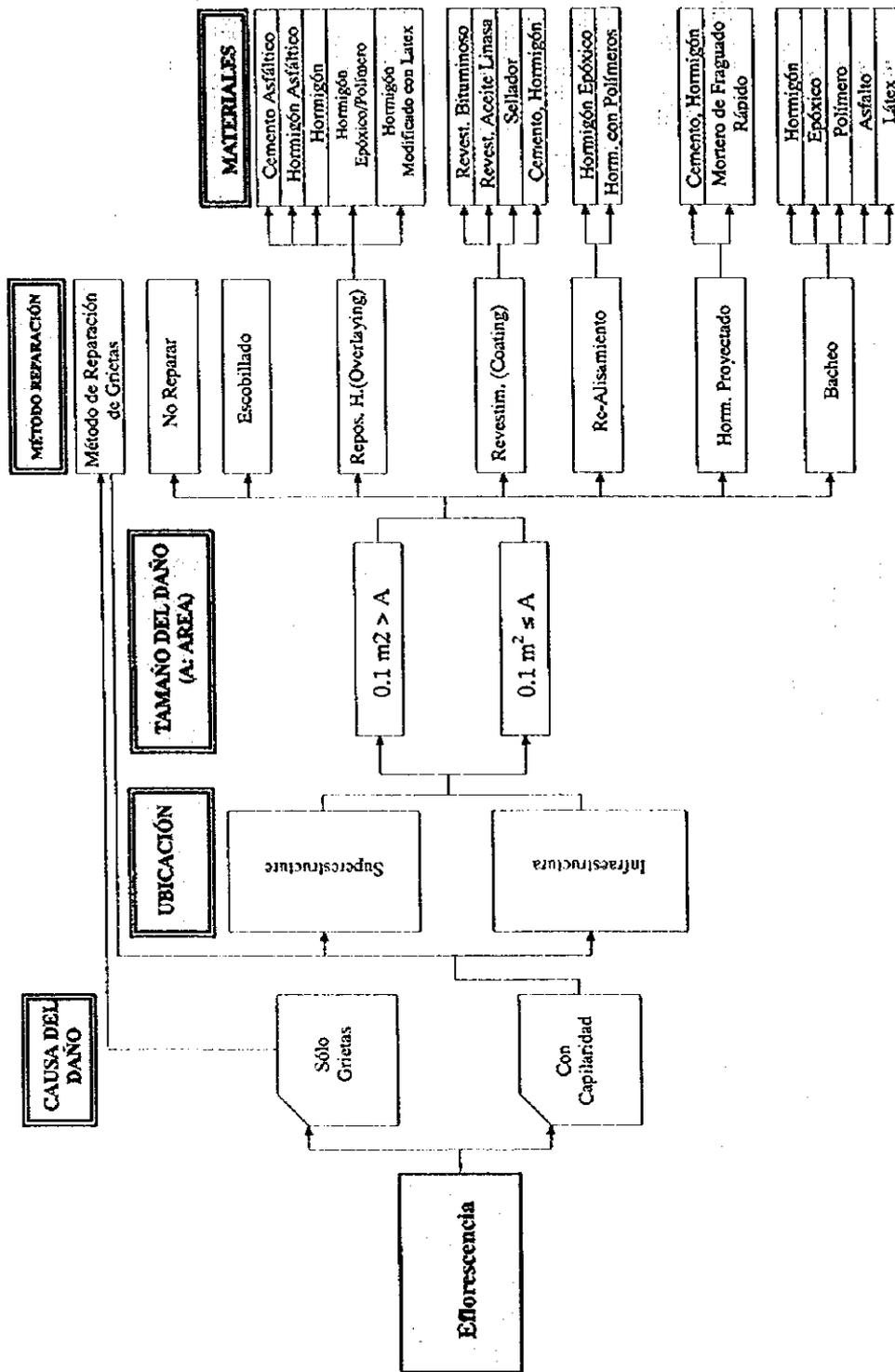


Figura 3.7 Diagrama con los Métodos de Reparación (4/7): Eflorescencia en la Estructura de Hormigón

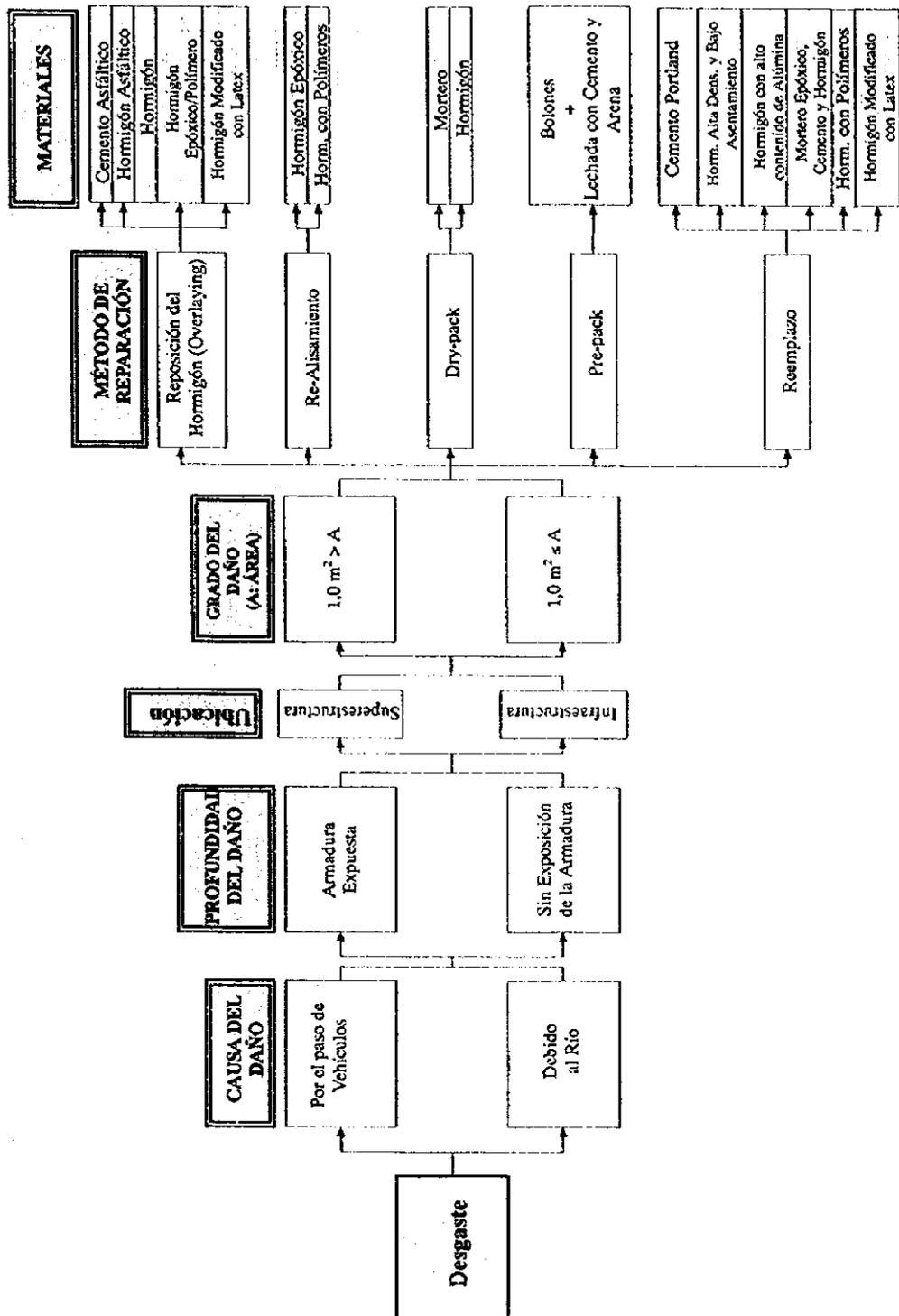


Figura 3.7 Diagrama con los Métodos de Reparación (5/7): Desgaste (Wear) en la Estructura de Hormigón

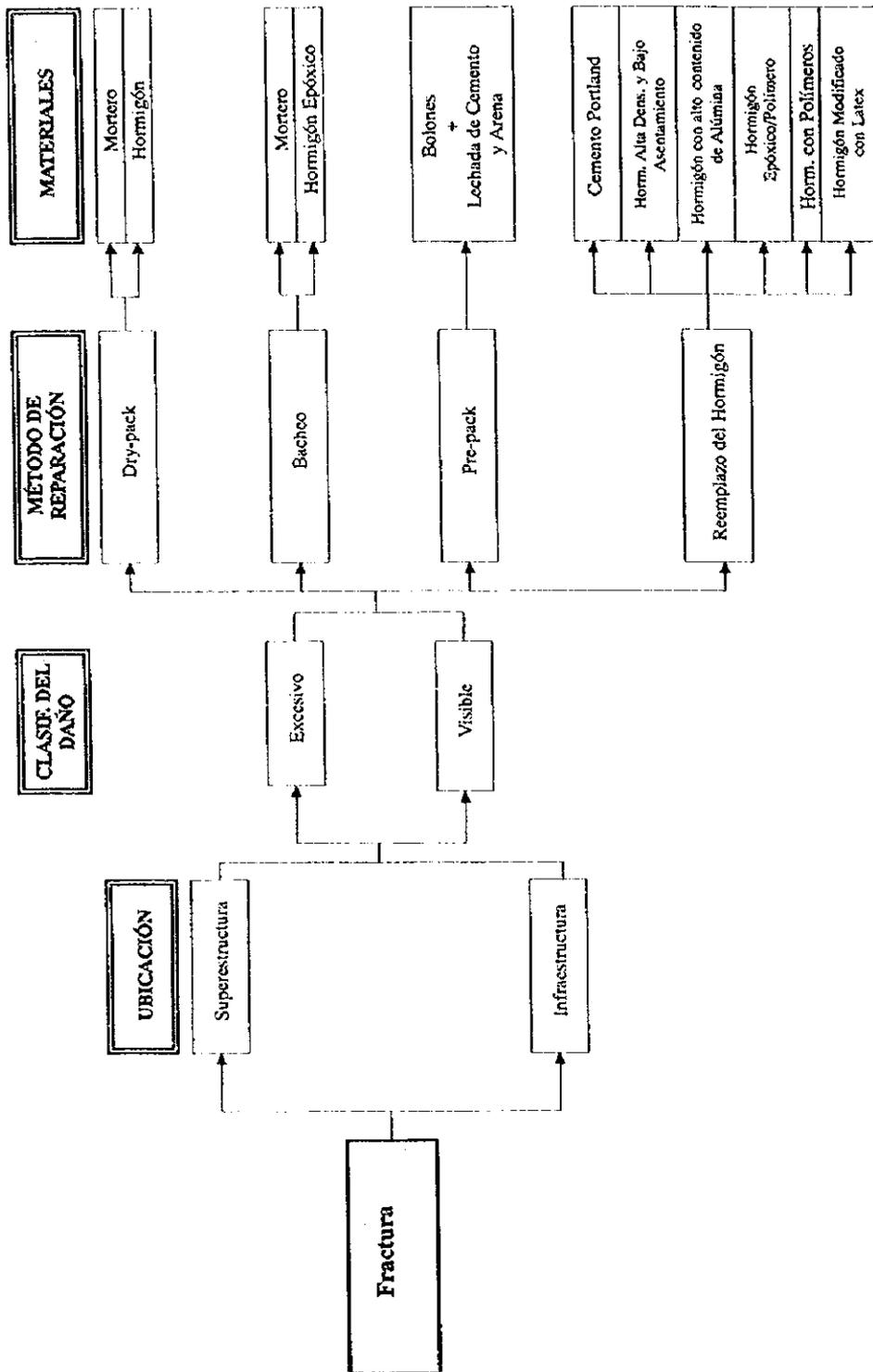


Figura 3.7 Diagrama con los Métodos de Reparación (6/7): Fractura en la Estructura de Hormigón

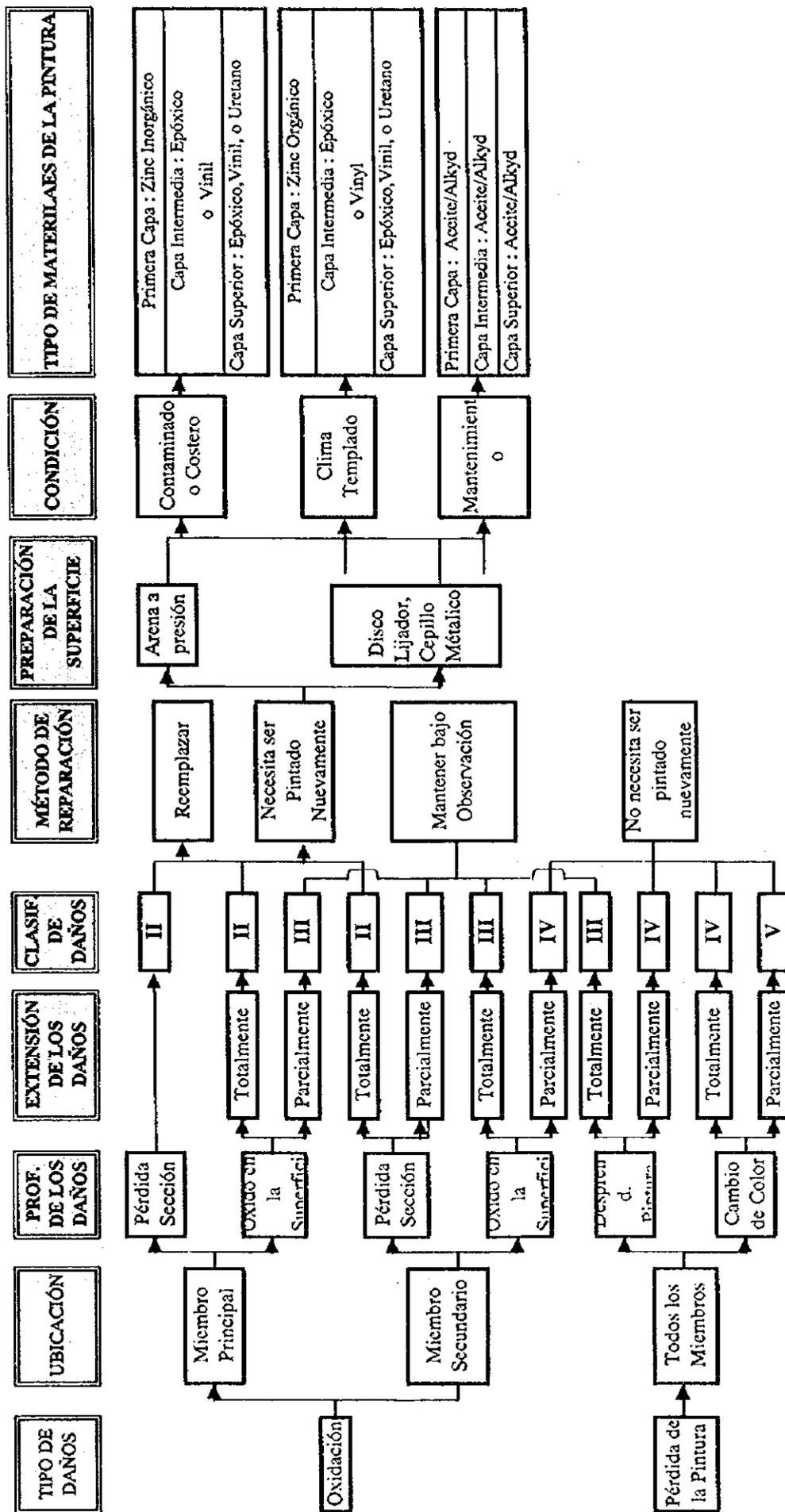


Figura 3.7 Diagrama con los Métodos de Reparación (77): Oxidación y Pérdida de la Pintura en la Estructura de Acero

### (3) Diseños de Reparaciones

Basándose en los datos de las inspecciones general y de daños, se seleccionaron el tipo y ubicación de los daños para su diseño de reparación. Para cada daño y su ubicación seleccionados, se decidió un método de reparación junto con los materiales mediante la ayuda de los diagramas con los métodos de reparación de daños dados en la anterior **Cláusula (2)** de este capítulo.

La **Tabla 3.17** resume los diseños de reparación para cada puente, siendo clasificados por tipos de daños. Después de la tabla, los **planos de diseños de reparaciones** para los once puentes son adjuntados. En los planos, los siguientes datos de diseño son mostrados:

- ① Ubicación del Daño
- ② Tipo de Daño
- ③ Método de Reparación
- ④ Material para la Reparación
- ⑤ Cubicaciones

Los detalles de los métodos de reparación son presentados en la **División III del Manual de Puentes (Volumen 6/8)**, y la base para las Cubicaciones están dadas en el **Anexo II-4 (Volumen 4/8)**.

**Tabla 3.17 Resumen de los Diseños de Reparaciones  
(1) Para Elementos de Hormigón**

Nombre del Puente	Daño	Ubicación	Clasif. de Daños	Método de Reparación	Materiales
Confluencia	Grietas	Superficie de la Losa	III	• Recubrimiento (Caulking)	• Lechada de hormigón • Mortero
		Pasillo	III	• Recubrimiento (Caulking)	• Lechada de hormigón
	Eflorescencia	Parte inferior de la losa en Voladizo	II	• Inyectar la grieta • Escobillar y Recubrir	• Rellenar con Epóxico Rígido • Capa de Aceite de Linaza
		Parte inferior de la losa	II	• Inyectar la grieta • Recubrir (Coating)	• Rellenar con Epóxico Rígido • Capa de Aceite de Linaza
		Muro Frontal Estribo A1-A	II	• Recubrir (Coating)	• Mortero
		Muro Frontal Estribo A2-A	II	• Recubrir (Coating)	• Capa de Aceite de Linaza
	Fractura	Muro lateral Estribo A1-A	II	• Usar Dry-pack	• Hormigón
		Baranda	IV	• Reemplazo	• Hormigón
		Parte inferior de la losa	II	• Inyección	• Rellenar con Epóxico Rígido
		Muro lateral Estribo A1-A	II	• Inyección	• Lechada de hormigón
David García	Grietas	Muro Frontal Estribo A1-A	III	• Recubrimiento (Caulking)	• Sello Elastomérico
		Muro Frontal Estribo A2-A	II	• Recubrimiento (Caulking)	• Sello Elastomérico
	Eflorescencia	Cepa	II	• Inyección	• Rellenar con Epóxico Rígido
		Viga Travesaño	III	• Escobillar y Reponer el hormigón (Overlay)	• Hormigón Modificado con Latex
		Columna lateral	II	• Re-alisar	• Hormigón Epóxico
		División de la junta	II	• Recubrir (Coating)	• Silane
	Pérdida del Recubrimiento	Muro lateral Estribo A2-A	II	• Recubrir (Coating)	• Silane
		Muro lateral Estribo A2-A	II	• Recubrir (Coating)	• Silane

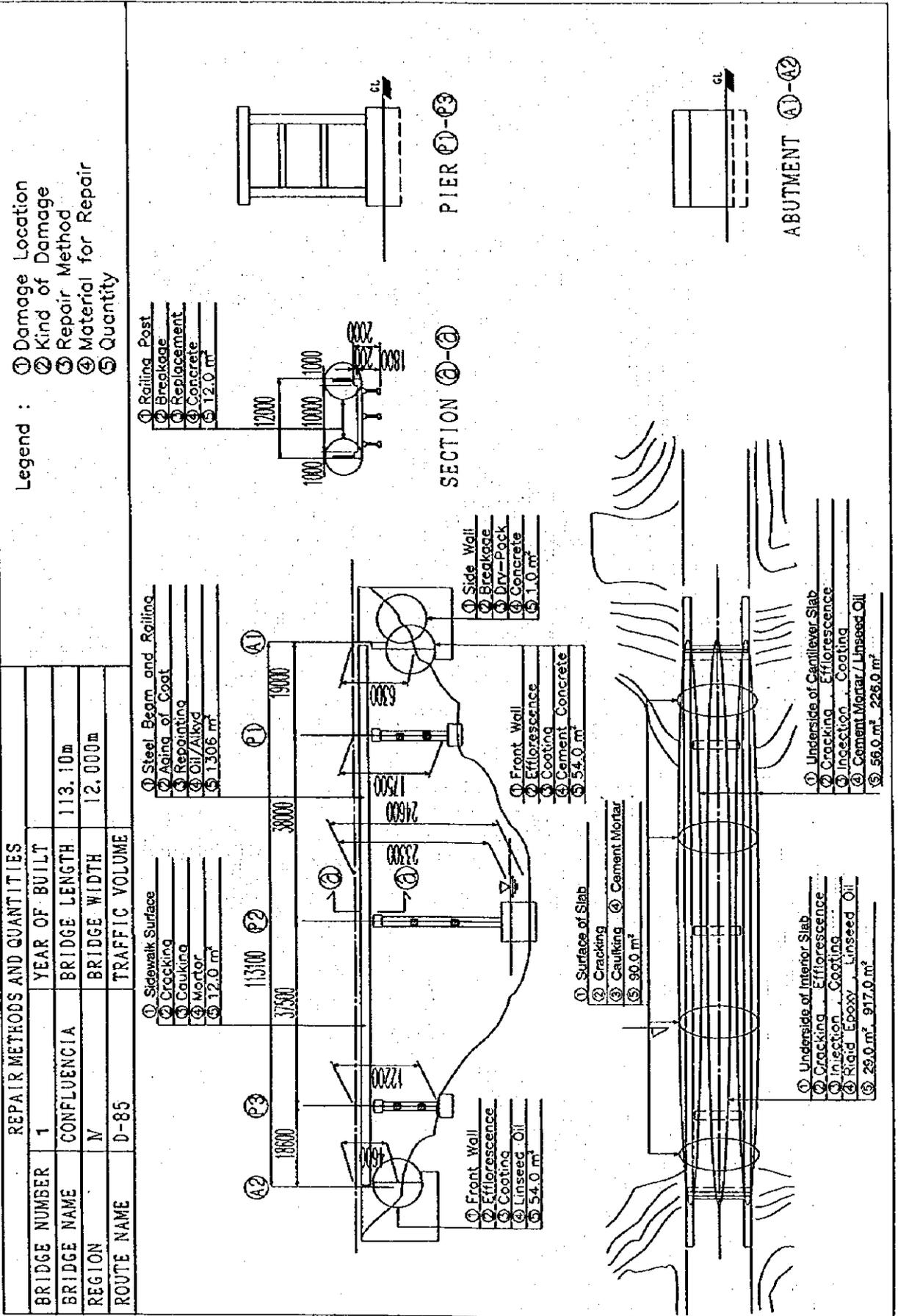
Nombre del Puente	Daño	Ubicación	Clasif. de Daños	Método de Reparación	Materiales
Granallas	Grietas	Muro lateral Estribo A1-A	II	• Inyección	• Lechada de hormigón
		Machón de la Cepa	II	• Inyección	• Lechada de hormigón
		Columna de la Cepa	II	• Dry-pack	• Hormigón
	Desgaste/Expansión Scaling/Spalling	Muro lateral Estribo A1-A	III	• Hormigón proyectado	• Cemento, Hormigón
		Muro lateral Estribo A2-A	II	• Reemplazo	• Hormigón
	Fractura	Columna de la Cepa	II	• Pre-pack	• Árido Grueso • Lechada de hormigón arenoso
		Fundación de la Cepa	III	• Pre-pack	• Árido Grueso • Lechada de hormigón arenoso
	Desgaste	Muro lateral Estribo A1-A	II	• Recubrir (Caulking)	• Mortero de fijación rápida
		Zapata de fundación Estribo A1-A	II	• Inyección	• Rellenar con Epóxico Rígido
	Ventanas	Eflorescencia	Vigas Tramo 1	II	• Recubrir (Coating)
Vigas Tramo 2			II	• Escobillar • Recubrir (Coating)	• Capa de Aceite de Linaza
Fractura		Vigas Tramo 1	II	• Pre-pack	• Árido Grueso • Lechada de hormigón arenoso
		Parte inferior de la losa	II	• Escobillar • Recubrir (Coating)	• Capa de Aceite de Linaza
Descascaramiento / Desprendimiento		Muro Frontal Estribo A1-A	II	• Escobillar • Recubrir (Coating)	• Mortero
		Columna de la Cepa	II	• Bacheo	• Hormigón
	Zapata de fundación Cepa	II	• Pre-pack	• Árido Grueso • Lechada de hormigón	

Nombre del Puente	Daño	Ubicación	Clasif. de Daños	Método de Reparación	Materiales
Cautín	Grietas	Muro lateral Estribo A1-A	II	• Recubrir (Caulking)	• Mortero de rápida fijación
		Muro lateral Estribo A2-A	II	• Escobillar y Reponer el hormigón (Overlay)	• Hormigón altamente denso
		Vigas	II	• Recubrir (Coating)	• Capa de Aceite de Linaza
	Eflorescencia	Parte inferior de la losa	II	• Inyectar la grieta • Recubrir (Coating)	• Sello Elastomérico • Recubrimiento Bituminoso
	Delaminación	Vigas	II	• Re-alisar	• Hormigón Epóxico
El Indio	Desgaste	Muro lateral Estribo A2-A	II	• Reemplazo	• Hormigón
		Zapata de fundación de la Cepa	III	• Pre-pack	• Arido Grueso • Lechada de hormigón arenoso
	Eflorescencia	Parte inferior de la losa	II	• Re-alisar	• Mortero
	Grietas	Zapata fundación del Estribo A1-A	III	• Escobillar • Recubrir (Coating)	• Hormigón
		Muro lateral Estribo A1-A	II	• Recubrir (Caulking)	• Rellenar con Epóxico Rígido
Mallico	Grietas	Muro lateral Estribo A1-A	II	• Inyección	• Lechada de hormigón
		Muro Frontal Estribo A1-A	III	• Bacheo	• Hormigón
	Desgaste/Expansión Scaling/Spalling	Muro Frontal Estribo A1-A	II	• Reemplazo	• Hormigón
Medina	Eflorescencia	Muro lateral Estribo A1-A	II	• Escobillar	
	Nidos de Piedra	Muro lateral Estribo A2-A	III	• Dry-pack	• Hormigón
		Fractura	Muro lateral Estribo A2-A	II	• Reemplazo
Salva Tu Alma	Grietas	Muro Frontal Estribo A1-A	II	• Recubrir (Caulking)	• Lechada de hormigón

Nombre del Puente	Daño	Ubicación	Clasif. de Daños	Método de Reparación	Materiales
Quinchilca	Grietas	Muro lateral Estribo A1-A	II	• Inyección	• Lechada de hormigón
	Desgaste/Expansión Scaling/Spalling	Pasillo	II	• Repos. del hormigón (Overlay)	• Hormigón
	Delaminación	Vigas en los apoyos	II	• Pre-pack	• Árido Grueso • Lechada de hormigón arenoso

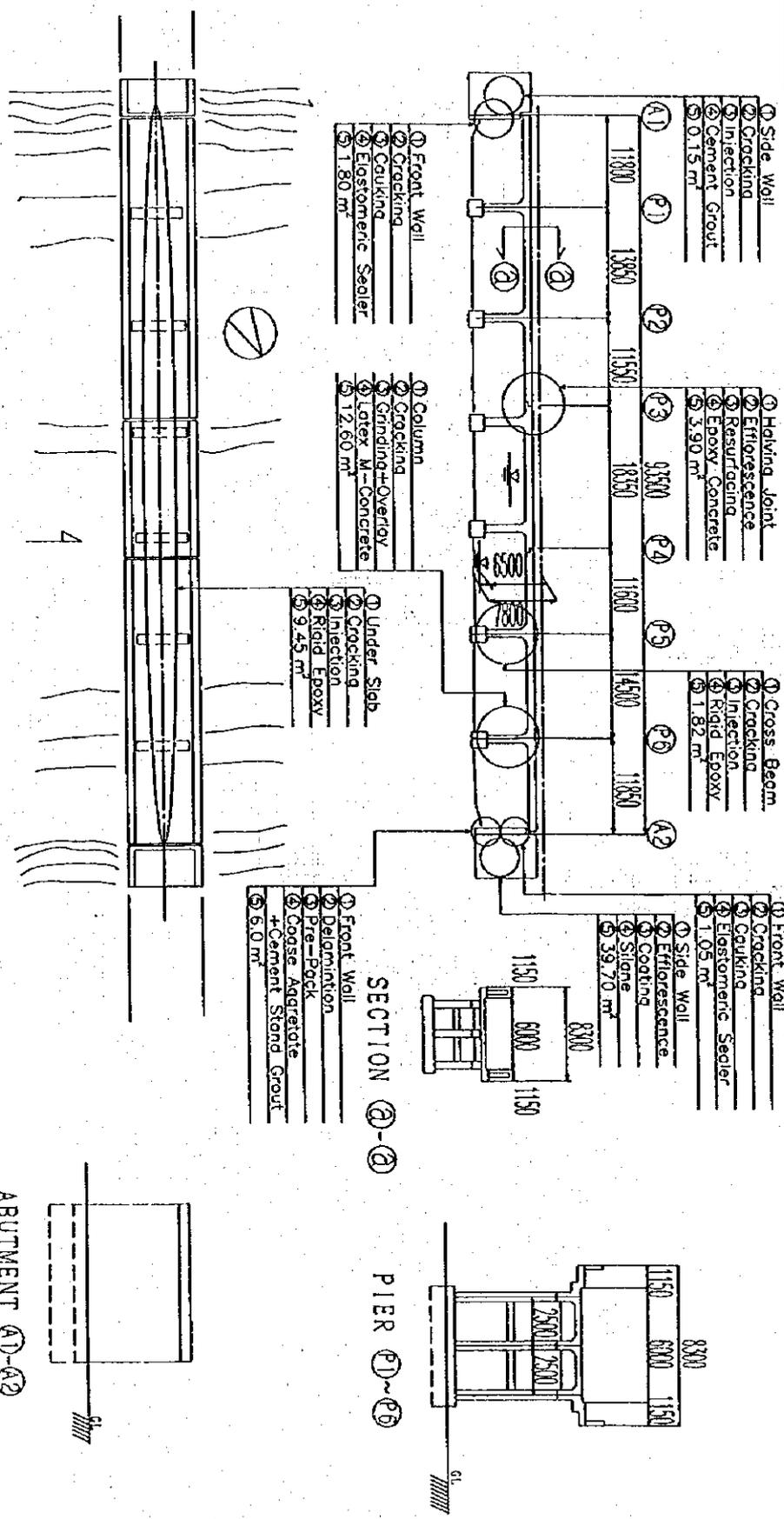
(2) Para Elementos de Acero

Nombre del Puente	Daño	Ubicación	Clasif. de Daños	Método de Reparación	Materiales
Confluencia	Corrosión	Barandas	III	• Limpieza manual	• Aceite/Alkyd
David García	Corrosión	Barandas	III	• Limpieza manual	• Aceite/Alkyd
Granallas	Corrosión	Viga	II	• Limpieza manual	• Aceite/Alkyd
Ventanas	Corrosión	Barandas	III	• Limpieza manual	• Aceite/Alkyd
Cautín 88	Corrosión	Viga	II	• Limpieza manual	• Aceite/Alkyd



REPAIR METHODS AND QUANTITIES			
BRIDGE NUMBER	2	YEAR OF BUILT	
BRIDGE NAME	DAVID GARCIA	BRIDGE LENGTH	93.05 m
REGION	V	BRIDGE WIDTH	8.30m
ROUTE NAME	E-85	TRAFFIC VOLUME	

Legend :			
①	Damage Location		
②	Kind of Damage		
③	Repair Method		
④	Material for Repair		
⑤	Quantity		



- ① Front Wall
- ② Cracking
- ③ Coating
- ④ Elastomeric Sealer
- ⑤ 1.80 m<sup>2</sup>

- ① Column
- ② Cracking
- ③ Grinding+Overlay
- ④ Latex M-Concrete
- ⑤ 12.60 m<sup>2</sup>

- ① Under Slab
- ② Cracking
- ③ Injection
- ④ Rigid Epoxy
- ⑤ 9.45 m<sup>2</sup>

- ① Front Wall
- ② Delamination
- ③ Pre-Pack
- ④ Coarse Aggregate + Cement Sand Grout
- ⑤ 6.0 m<sup>2</sup>

- ① Side Wall
- ② Cracking
- ③ Injection
- ④ Cement Grout
- ⑤ 0.15 m<sup>2</sup>

- ① Heaving Joint
- ② Efflorescence
- ③ Resurfacing
- ④ Epoxy Concrete
- ⑤ 3.90 m<sup>2</sup>

- ① Cross Beam
- ② Cracking
- ③ Injection
- ④ Rigid Epoxy
- ⑤ 1.82 m<sup>2</sup>

- ① Front Wall
- ② Cracking
- ③ Coating
- ④ Elastomeric Sealer
- ⑤ 1.05 m<sup>2</sup>

- ① Side Wall
- ② Efflorescence
- ③ Coating
- ④ Slime
- ⑤ 39.70 m<sup>2</sup>

SECTION ②-②

PIER ①~②

ABUTMENT ①-②

REPAIR METHODS AND QUANTITIES	
BRIDGE NUMBER	3
BRIDGE NAME	GRANALLAS
REGION	V
ROUTE NAME	E-533
YEAR OF BUILT	50.00m
BRIDGE LENGTH	4.30m
BRIDGE WIDTH	TRAFFIC VOLUME

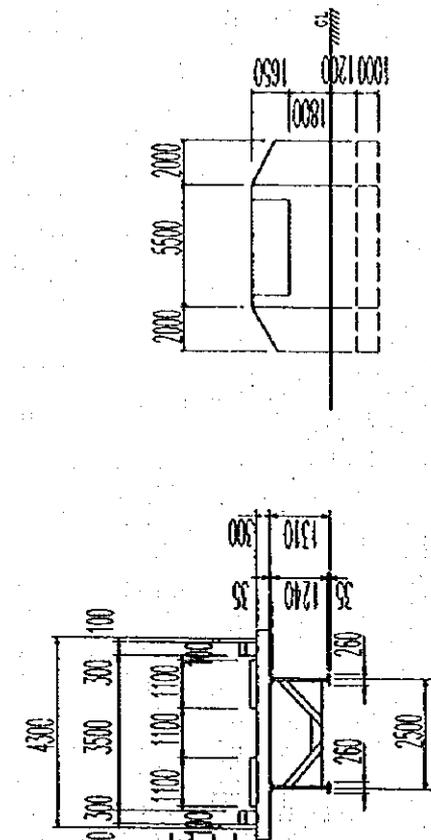
Legend :  
 ① Damage Location  
 ② Kind of Damage  
 ③ Repair Method  
 ④ Material for Repair  
 ⑤ Quantity

① Side Wall	① Strut Wall	① Column	① Column
② Scalling	② Cracking	② Cracking	② Breakage
③ Shotcrete/Gunite	③ Injection	③ Dry-Pack	③ Pre-Pack
④ Cement Mortar	④ Cement Grout	④ Concrete	④ Coarse Agr.
⑤ 8.66 m <sup>3</sup>	⑤ 0.75 m <sup>3</sup>	⑤ 1.0 m <sup>3</sup>	⑤ Cements S.G
			⑤ 0.25 m <sup>3</sup>

① Steel Beam	① Steel Beam
② Aging of Coat	② Aging of Coat
③ Repainting	③ Repainting
④ Oil/Alkyd	④ Oil/Alkyd
⑤ 234.0 m <sup>2</sup>	⑤ 234.0 m <sup>2</sup>

① Footing	① Footing
② Breakage	② Breakage
③ Pre-Pack	③ Pre-Pack
④ Coarse Agr.	④ Coarse Agr.
⑤ Cements S.T	⑤ Cements S.T
⑥ 5.0 m <sup>3</sup>	⑥ 5.0 m <sup>3</sup>

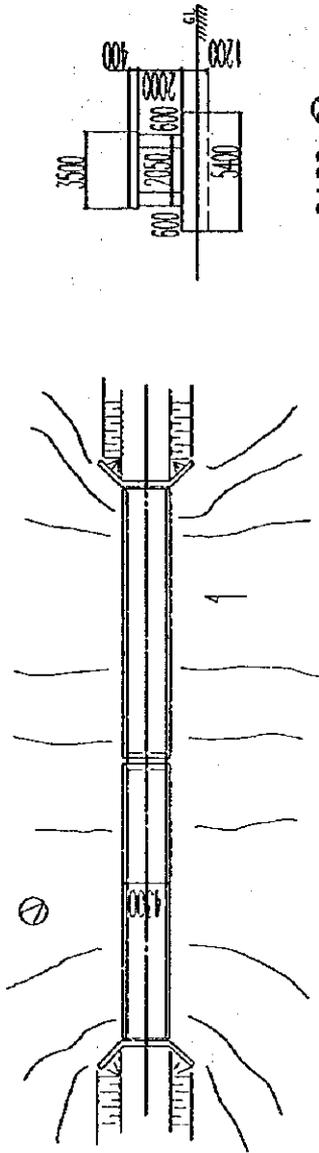
① Side Wall	① Side Wall
② Breakage	② Breakage
③ Replacement	③ Replacement
④ Portland Cement	④ Portland Cement
⑤ 5.20 m <sup>3</sup>	⑤ 5.20 m <sup>3</sup>



ABUTMENT (A)-(A2)

SECTION (A)-(A)

PROFLE



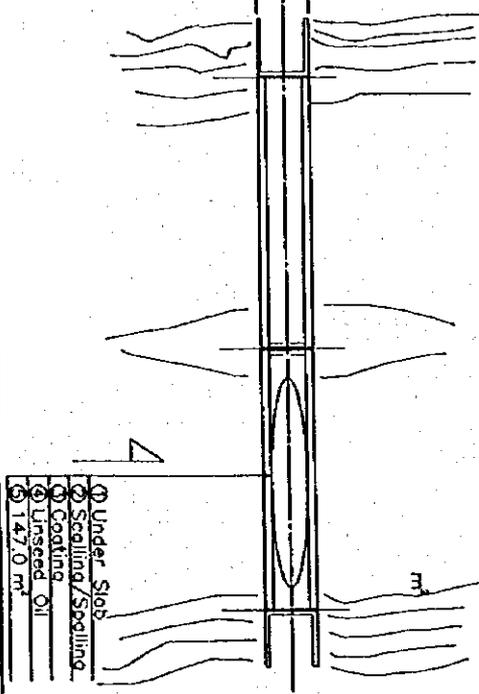
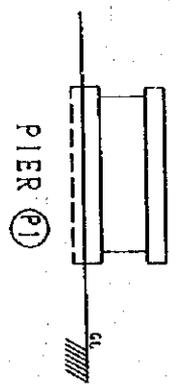
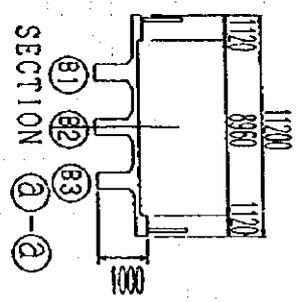
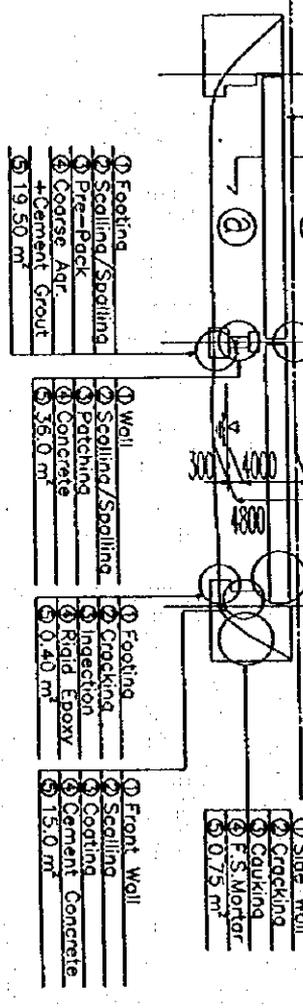
PIER (P)

PLAN

REPAIR METHODS AND QUANTITIES	
BRIDGE NUMBER	4
BRIDGE NAME	VENTANAS
REGION	V
ROUTE NAME	F-30-E
YEAR OF BUILT	
BRIDGE LENGTH	30.00m
BRIDGE WIDTH	11.20m
TRAFFIC VOLUME	

Legend :	
①	Damage Location
②	Kind of Damage
③	Repair Method
④	Material for Repair
⑤	Quantity

- ① Expansion Joint
- ② Bridgeage
- ③ Replacement
- ④ Steel Joint
- ⑤ 9.0 m
- ① Beam of End
- ② Bridgeage
- ③ Pre-Pack
- ④ Coarse Agr. + Cement's G.
- ⑤ 0.45 m<sup>2</sup>
- ① Beam
- ② Etioscence
- ③ Grinding/Coating
- ④ Linseed Oil
- ⑤ 7.20 m<sup>2</sup>
- ① Beam of End
- ② Bridgeage
- ③ Pre-Pack
- ④ Coarse Agr. + Cement's G.
- ⑤ 0.45 m<sup>2</sup>
- ① Side Well
- ② Cracking
- ③ Caulking
- ④ F.S. Mortar
- ⑤ 0.75 m<sup>2</sup>
- ① Front Wall
- ② Sealing
- ③ Coating
- ④ Cement Concrete
- ⑤ 15.0 m<sup>2</sup>
- ① Well
- ② Sealing/Spalling
- ③ Patching
- ④ Concrete
- ⑤ 36.0 m<sup>2</sup>
- ① Footing
- ② Cracking
- ③ Injection
- ④ Rigid Epoxy
- ⑤ 0.40 m<sup>2</sup>
- ① Footing (sr)
- ② Aging of Coat
- ③ Repairing
- ④ Oil/Airhyd
- ⑤ 71.0 m<sup>2</sup>



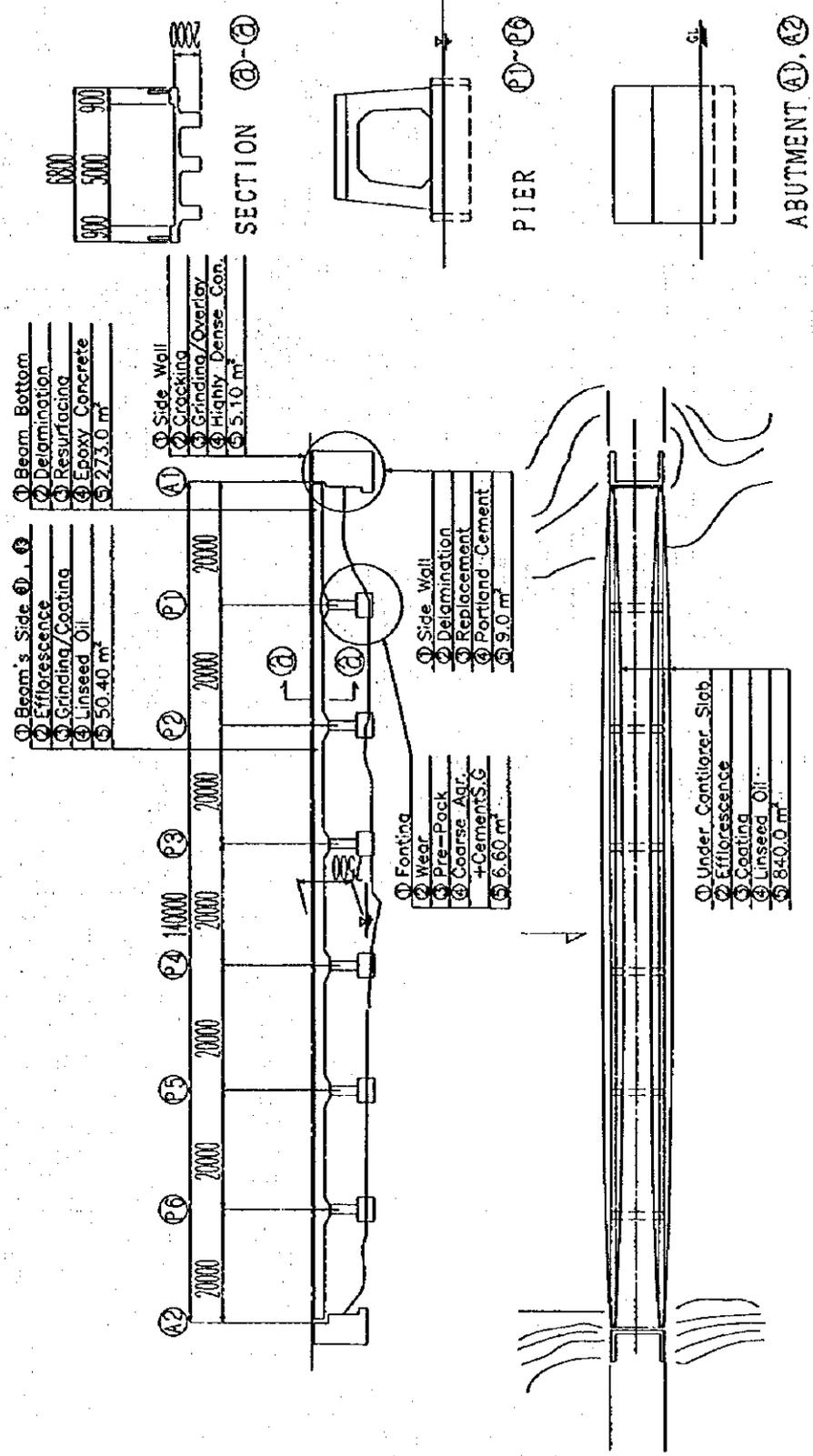
- ① Under Slab
- ② Sealing/Spalling
- ③ Coating
- ④ Unseed Oil
- ⑤ 147.0 m<sup>2</sup>

REPAIR METHODS AND QUANTITIES

BRIDGE NUMBER	10
BRIDGE NAME	CAUTIN
REGION	X
ROUTE NAME	
YEAR OF BUILT	
BRIDGE LENGTH	140.00m
BRIDGE WIDTH	7.00m
TRAFFIC VOLUME	

Legend :

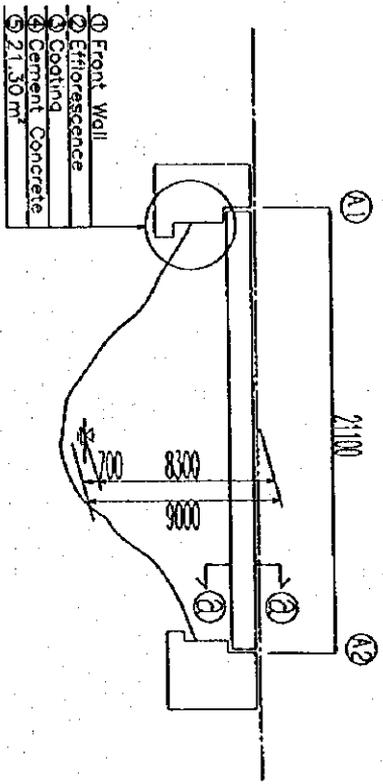
- ① Damage Location
- ② Kind of Damage
- ③ Repair Method
- ④ Material for Repair
- ⑤ Quantity



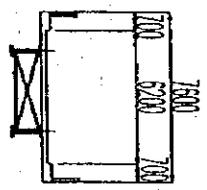
REPAIR METHODS AND QUANTITIES			
BRIDGE NUMBER	11	YEAR OF BUILT	
BRIDGE NAME	EL INDIO	BRIDGE LENGTH	21.10m
REGION	X	BRIDGE WIDTH	7.60m
ROUTE NAME		TRAFFIC VOLUME	

Legend :

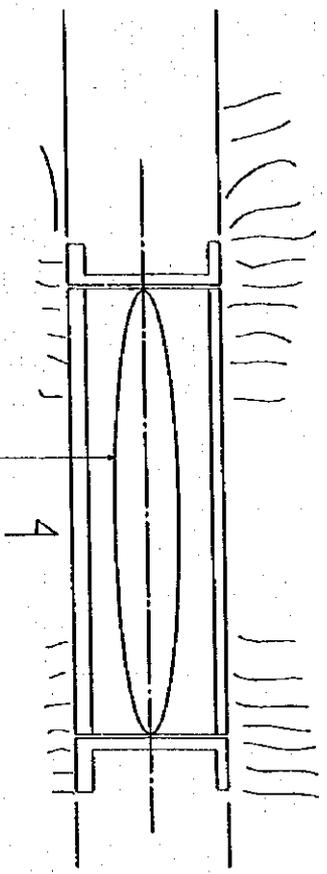
- ① Damage Location
- ② Kind of Damage
- ③ Repair Method
- ④ Material for Repair
- ⑤ Quantity



- ① Front Wall
- ② Efflorescence
- ③ Coating
- ④ Cement Concrete
- ⑤ 21.30m<sup>2</sup>



SECTION ②-②



- ① Under Slab
- ② Efflorescence
- ③ Resurfacing
- ④ Epoxy Concrete
- ⑤ 101.0 m<sup>2</sup>

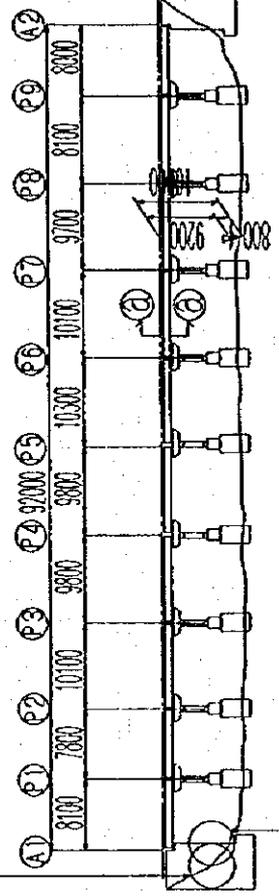


ABUTMENT ①, ②

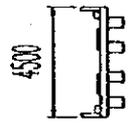
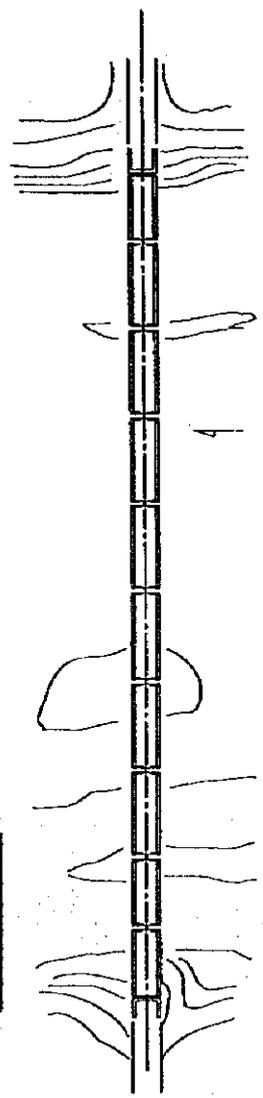
REPAIR METHODS AND QUANTITIES	
BRIDGE NUMBER	14
BRIDGE NAME	MALLECO
REGION	X
ROUTE NAME	R-152
YEAR OF BUILT	2060/day(1994)
BRIDGE LENGTH	92.00m
BRIDGE WIDTH	4.50m
TRAFFIC VOLUME	2060/day(1994)

Legend :  
 ① Damage Location  
 ② Kind of Damage  
 ③ Repair Method  
 ④ Material for Repair  
 ⑤ Quantity

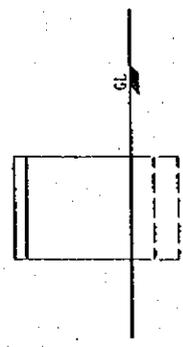
- ① Side Wall
- ② Cracking
- ③ Coving
- ④ Fast Setting Mortar
- ⑤ 0.55 m<sup>3</sup>



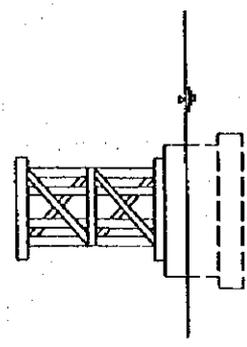
- ① Front Wall
- ② Scalling
- ③ Patching
- ④ Concrete
- ⑤ 8.90 m<sup>2</sup>



SECTION A-A



ABUTMENT A1-A2

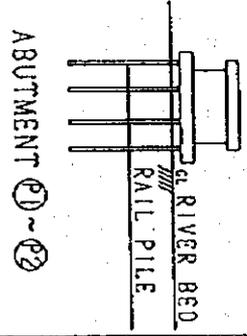
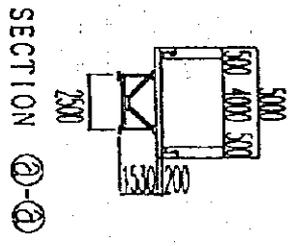
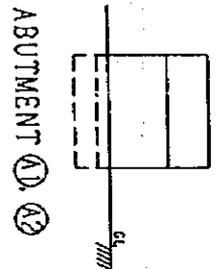
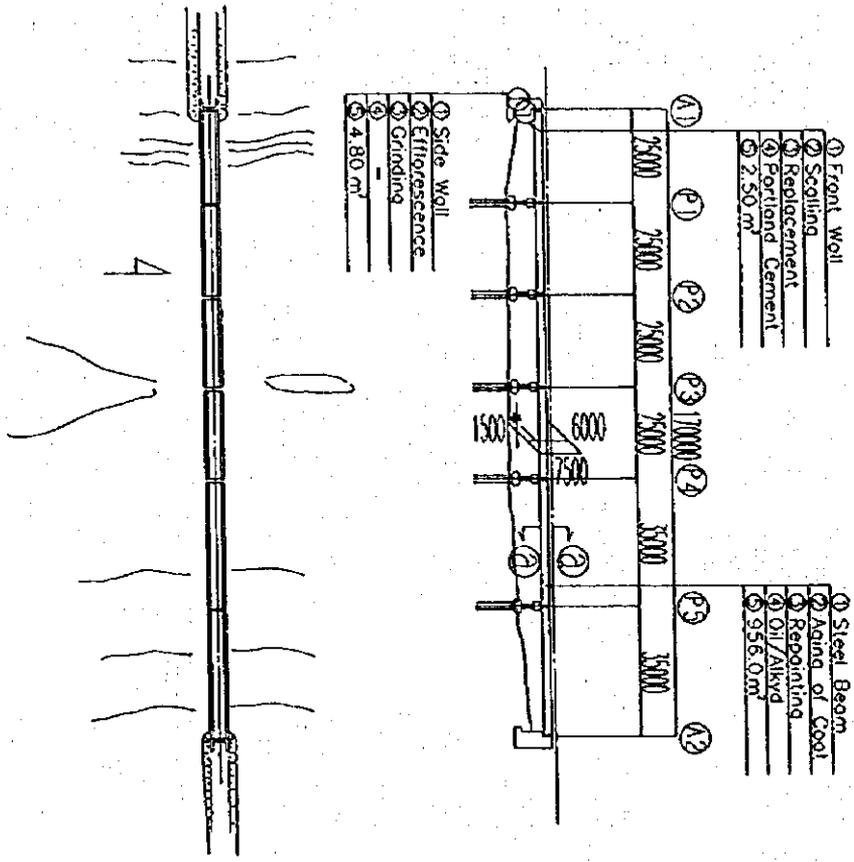


PIER P1-P2

REPAIR METHODS AND QUANTITIES			
BRIDGE NUMBER	17	YEAR OF BUILT	
BRIDGE NAME	MEDINA	BRIDGE LENGTH	170.00m
REGION	X	BRIDGE WIDTH	4.75m
ROUTE NAME	S-539	TRAFFIC VOLUME	

Legend :

- ① Damage Location
- ② Kind of Damage
- ③ Repair Method
- ④ Material for Repair
- ⑤ Quantity



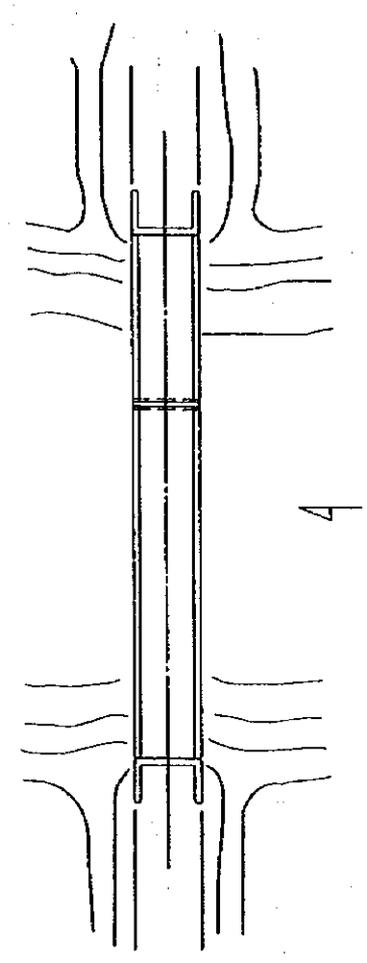
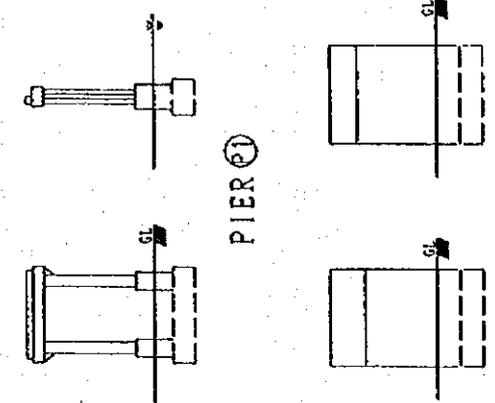
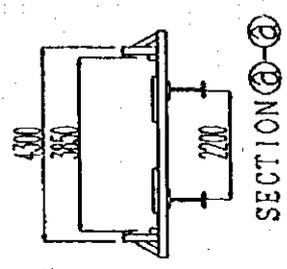
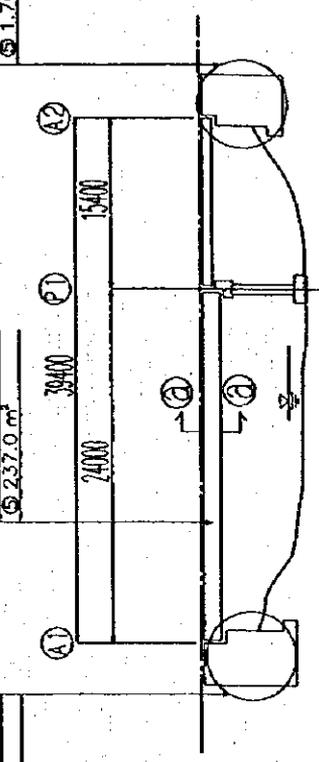
REPAIR METHODS AND QUANTITIES	
BRIDGE NUMBER	18
BRIDGE NAME	CAUTIN 88
REGION	K
ROUTE NAME	R-925
YEAR OF BUILT	39.40m
BRIDGE LENGTH	3.85m
BRIDGE WIDTH	6/day(1996)
TRAFFIC VOLUME	

Legend :  
 ① Damage Location  
 ② Kind of Damage  
 ③ Repair Method  
 ④ Material for Repair  
 ⑤ Quantity

- ① Side Wall
- ② Breakage
- ③ Replacement
- ④ Portland Cement
- ⑤ 1.70 m<sup>3</sup>

- ① Steel Beam
- ② Aging of Coat
- ③ Reputing
- ④ Oil/AIKyd
- ⑤ 2,37.0 m<sup>2</sup>

- ① Side Wall
- ② Honeycomb
- ③ Dry-Pock
- ④ Concrete
- ⑤ 1.70 m<sup>3</sup>



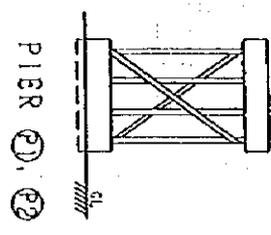
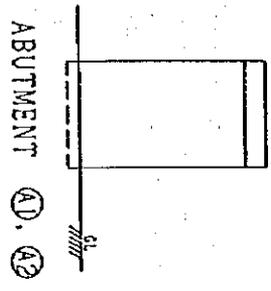
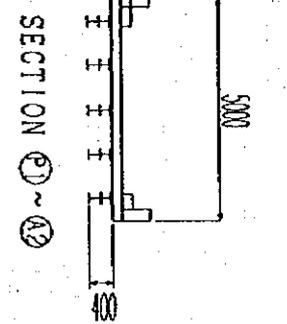
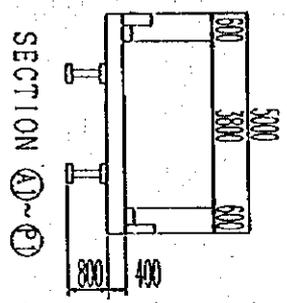
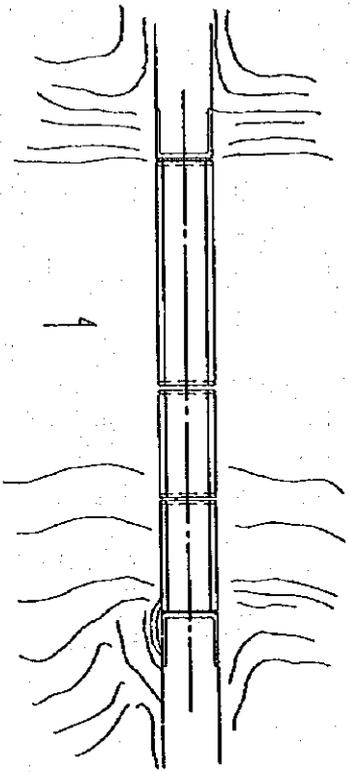
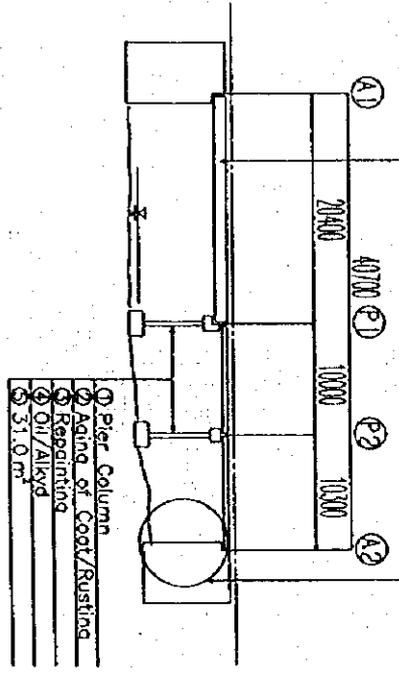
ABUTMENT A1 ABUTMENT A2

REPAIR METHODS AND QUANTITIES			
BRIDGE NUMBER	19	YEAR OF BUILT	
BRIDGE NAME	SALVA TU ALMA	BRIDGE LENGTH	40.70m
REGION	X	BRIDGE WIDTH	4.63m
ROUTE NAME	S-553	TRAFFIC VOLUME	76/day(1996)

Legend :

- ① Damage Location
- ② Kind of Damage
- ③ Repair Method
- ④ Material for Repair
- ⑤ Quantity

- ① Steel Beam
  - ② Aging of Coat/Rusting
  - ③ Repainting
  - ④ Oil/Alkyd
  - ⑤ 245.0 m<sup>2</sup>
- ① Front Wall
  - ② Cracking
  - ③ Causing
  - ④ Cement Grout
  - ⑤ 0.40 m<sup>3</sup>

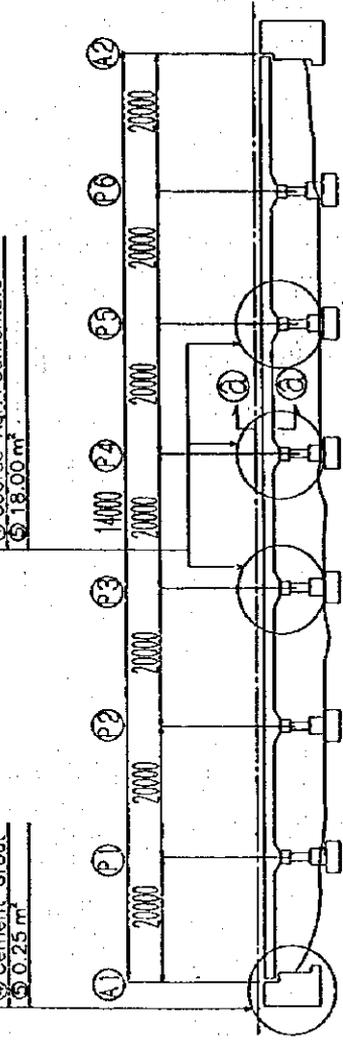
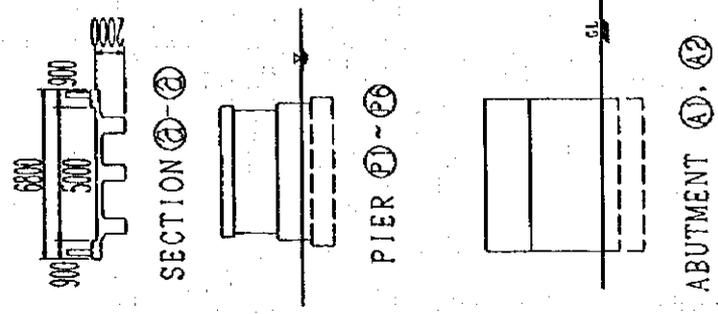


REPAIR METHODS AND QUANTITIES			
BRIDGE NUMBER	20	YEAR OF BUILT	
BRIDGE NAME	QUINCHILCA	BRIDGE LENGTH	140.00m
REGION	X	BRIDGE WIDTH	6.80m
ROUTE NAME		TRAFFIC VOLUME	839/day(1992)

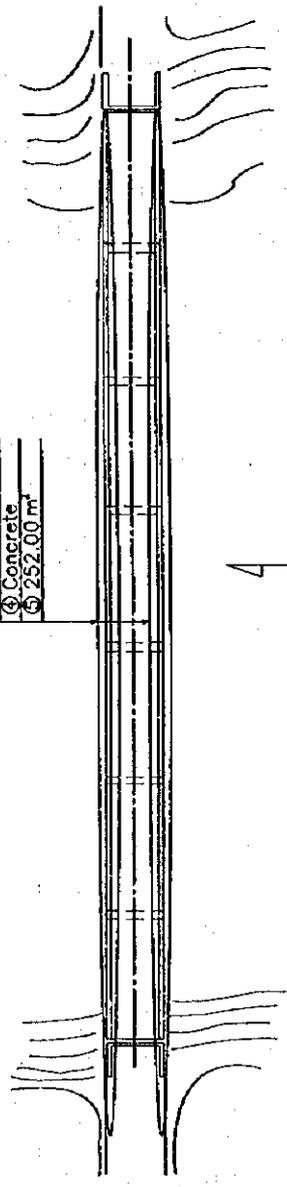
Legend : ① Damage Location  
 ② Kind of Damage  
 ③ Repair Method  
 ④ Material for Repair  
 ⑤ Quantity

- ① Side Wall
- ② Cracking
- ③ Injection
- ④ Cement Grout
- ⑤ 0.25 m<sup>3</sup>

- ① Beam of Supporting Point
- ② Delamination
- ③ Pre-Pack
- ④ Coarse Agr.+Cement(S.G)
- ⑤ 18.00 m<sup>3</sup>



- ① Foot Way
- ② Scalling
- ③ Overlaying
- ④ Concrete
- ⑤ 252.00 m<sup>3</sup>



## **3.5 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE REHABILITACIÓN**

### **3.5.1 Alcance de la Estimación de los Costos**

Los costos de reconstrucción para los ocho puentes y los de reparación para los otros once puentes fueron estimados sobre la base de los diseños preparados en el **Capítulo 3.4**. La estimación fue hecha sólo para los costos de construcción y no cubren costos de administración o de adquisición de terrenos. Los costos estimados aquí están referidos a la base para la estimación de los costos de rehabilitación en el plan de rehabilitación del **Capítulo 2.5**.

### **3.5.2 Costos de Reconstrucción**

#### **(1) Ítems de Costos**

Los ítems de costos para la reconstrucción incluyen lo siguiente:

- Costos de construcción para puentes nuevos
- Costos de construcción para caminos de acceso, si el puente nuevo es diseñado paralelo al existente. En este caso, la demolición del puente existente no está considerado.
- Costos de demolición para el puente existente, si el puente nuevo es diseñado en la misma ubicación.
- Costos de protección de la erosión local o alrededor del puente, pero trabajos como diques o revestimientos no están considerados.

#### **(2) Componentes de los Costos**

Cada ítem de costos está desglosado en los cinco componentes siguientes:

- Costo de los materiales
- Costo de la mano de obra
- Costo de los equipos
- Costo de transporte (asumido para una distancia de cerca de 100 km)
- Misceláneos (asumidos como del 40% del total de los otros costos, incluyendo gastos generales, impuestos, utilidades, y otros costos indirectos).

#### **(3) Fuente de los Datos de Costos**

Los costos unitarios fueron preparados sobre la base de las siguientes fuentes de datos;

- Costos actuales de proyectos de rehabilitación de puentes del MOP cercanos a Santiago en 1996 y 1997.

- Lista de costos unitarios para actividades en los puentes del MOP.
- Manual de construcción "ONDAC" de Octubre de 1996.
- Entrevista con fabricantes y distribuidores de productos de hormigón.

#### (4) Costos de Reconstrucción

Los costos de reconstrucción para cada uno de los ocho puentes fueron estimados de acuerdo con los procedimientos antes mencionados. Los resultados de la estimación están resumidos en la **Tabla 3.18**. El desglose de los costos es presentado en el **Anexo II-5 (Volumen 4/8)**.

**Tabla 3.18 Resumen de los Costos de Reconstrucción**

Nº	Nombre del puente	Costos (pesos)
2	David García	329.000.000
3	Granallas	212.000.000
5	San José	431.000.000
6	Puangue	504.000.000
7	San José de Marchiue	432.000.000
8	Antivero N°2	339.000.000
13	Poculón	263.000.000
16	San Juan	269.000.000

### 3.5.3 Costos de Reparación

#### (1) Ítems de Costos

Las obras de reparación son clasificadas en trabajos de la superficie del puente, en la parte inferior del puente, y en las cepas y estribos. Cada trabajo incluye los siguientes ítems de costos:

- Los trabajos en la superficie del puente incluyen reparación de la baranda, de la superficie de la losa, cantoneras, y el costo de administración del tránsito durante las obras de reparación.
- Los trabajos de la parte inferior del puente incluyen la reparación de la superficie inferior de la losa, vigas, apoyos, y consideran los trabajos de apuntalamientos.
- El trabajo en las cepas considera la colocación de andamios en ambos lados.
- Los trabajos en los estribos consideran la colocación de andamios sólo en el lado que da al río.

#### (2) Componentes del Costo

Los costos de reparación son estimados asumiendo el costo unitario de reparación para cada tipo de daño. Los siguientes daños principales son considerados para la estimación de los costos:

Estructuras de Hormigón

- Grietas
- Desgaste/Expansión (Scaling/Spalling)
- Delaminación
- Eflorescencia
- Nidos de piedra
- Desgaste
- Fractura

Estructuras de Acero

- Oxidación /Pérdida de la Pintura

El costo unitario de cada uno de estos daños es obtenido como el promedio de los costos de varios métodos de reparación. Los costos unitarios de reparación propuestos están resumidos en la **Tabla 3.19** y su desglose están presentados en el **Anexo II-6 (Volumen 4/8)**.

**Tabla 3.19 Costos Unitarios de Reparación según Daños**

Tipo de Daños	Parte Inferior del puente	Para la Superficie del Puente	Para Cepas y Estribos
<b>Para la Estructura de Hormigón</b>			
Grietas	35.700	24.000	24.000
Desgaste/Expansión	34.500	24.000	20.800
Delaminación	42.000	45.500	31.800
Eflorescencia	16.900	10.400	9.100
Nidos de Piedra	42.000	45.500	31.800
Fractura	60.000	65.900	50.000
Desgaste	45.700	35.700	30.800
<b>Para la Estructura de Acero</b>			
Oxidación / Pérdida de Recubrimiento	6.300	5.400	5.600

### (3) Costos de Reparación

Los costos de reparación para los once puentes fueron estimados de acuerdo con los procedimientos antes mencionados. Los resultados de la estimación están resumidos en la **Tabla 3.20**, y sus desgloses están dados en el **Anexo II-6 (Volumen 4/8)**.

**Tabla 3.20 Resumen de los Costos de Reparación**

N°	Nombre del Puente	Costos (pesos)	Método de Ejecución recomendado
1	Confluencia	26.722.000	Contrato
2	David García	1.373.000	Directamente por el MOP
3	Granallas	748.000	Directamente por el MOP
4	Ventanas	6.719.000	Directamente por el MOP
10	Cautín	20.029.000	Contrato
11	El Indio	1.990.000	Directamente por el MOP
14	Malleco	1.990.000	Directamente por el MOP
17	Medina	104.000	Directamente por el MOP
18	Cautín (88)	135.000	Directamente por el MOP
19	Salva Tú Alma	9.000	Directamente por el MOP
20	Quinchilca	5.820.000	Directamente por el MOP

Como se ve en la tabla, los costos de reparación varían ampliamente. Sólo los puentes N°1 Confluencia y el N°10 Cautín muestran unos montos que superan los veinte millones de pesos, siendo para el resto de los puentes bastante pequeños. En particular, el puente N°19 Salva Tú Alma alcanza sólo los nueve mil pesos, esto fue porque se diseñaron reparaciones muy pequeñas y sus costos fueron estimados por el método de los costos unitarios. Para tal variación de los costos de reparación, es recomendable que los puentes con pequeños costos de reparación sean directamente realizados por el MOP como trabajos de mantenimiento. Por otra parte, los puentes con montos de costos considerables deberían ser reparados mediante contratos.

## 3.6 ESTUDIO AMBIENTAL PARA LOS PUENTES Y SUS ALREDEDORES

### 3.6.1 Generalidades

Mediante la aprobación de la Ley Fundamental General del Medio ambiente (LEY N° 19.300) en Marzo de 1994, una serie de leyes relacionadas han sido promulgadas en la República de Chile, tales como la Modificación al Artículo N° 71 de la LEY N° 19.300 en Febrero de 1995, la Regulación del Consejo para la Comisión Consultiva Regional y Nacional para el Medio ambiente (D.S. N° 86) en Octubre de 1995, la Regulación que fija el Procedimiento y Etapas para el Establecimiento de Planes de Prevención y Descontaminación (D.S. N° 94) de Octubre de 1995, la Modificación del D.S. N° 86 (D.S. N° 181) en Octubre de 1995 y finalmente la promulgación del Sistema de Regulación de la Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. N° 30) en Abril de 1997.

Las entidades del MOP están obligadas a determinar el impacto ambiental de sus proyectos. Desde que los proyectos de rehabilitación de los puentes son parte de los proyectos de caminos, los cuales tienen un mayor impacto sobre el uso de la tierra y el desarrollo comunitario, la Ley obliga que los impactos social, económico y medio ambiental de los proyectos existentes y propuestos sean formalmente documentados y que se tomen las medidas adecuadas para reducir los efectos adversos al medio ambiente.

Mientras tanto y como regla, los proyectos de JICA tienen el propósito de alcanzar dos metas simultáneamente, éstos son, el desarrollo económico y la conservación del medio ambiente. Para el logro de lo anterior, varios aspectos de consideración técnica han sido ya desarrollados en la sub-sección previa de este informe. Para la realización de este objetivo posterior, será presentada una consideración básica en esta sub-sección.

Los veinte puentes que son los objetivos representativos para el estudio del diseño de rehabilitación, han jugado siempre un papel muy importante como una conexión de la red local de caminos que a su vez comunica a ciudades importantes, pueblos y villas. Este papel continuará creciendo en el futuro.

El propósito principal del Estudio Medio Ambiental es el de identificar los elementos existentes y significantes de él que podrían tener una alta posibilidad de ser afectados por la ejecución del proyecto de manera de formular medidas de mitigación de los impactos adversos. Tanto el período de tiempo para la Examen Ambiental Inicial (EAI) y la Evaluación de Impacto Ambiental Preliminar (EIA-Pre) debería cubrir las etapas pre-constructivas, de construcción, mantenimiento y operación, estando estos directa o indirectamente afectados.

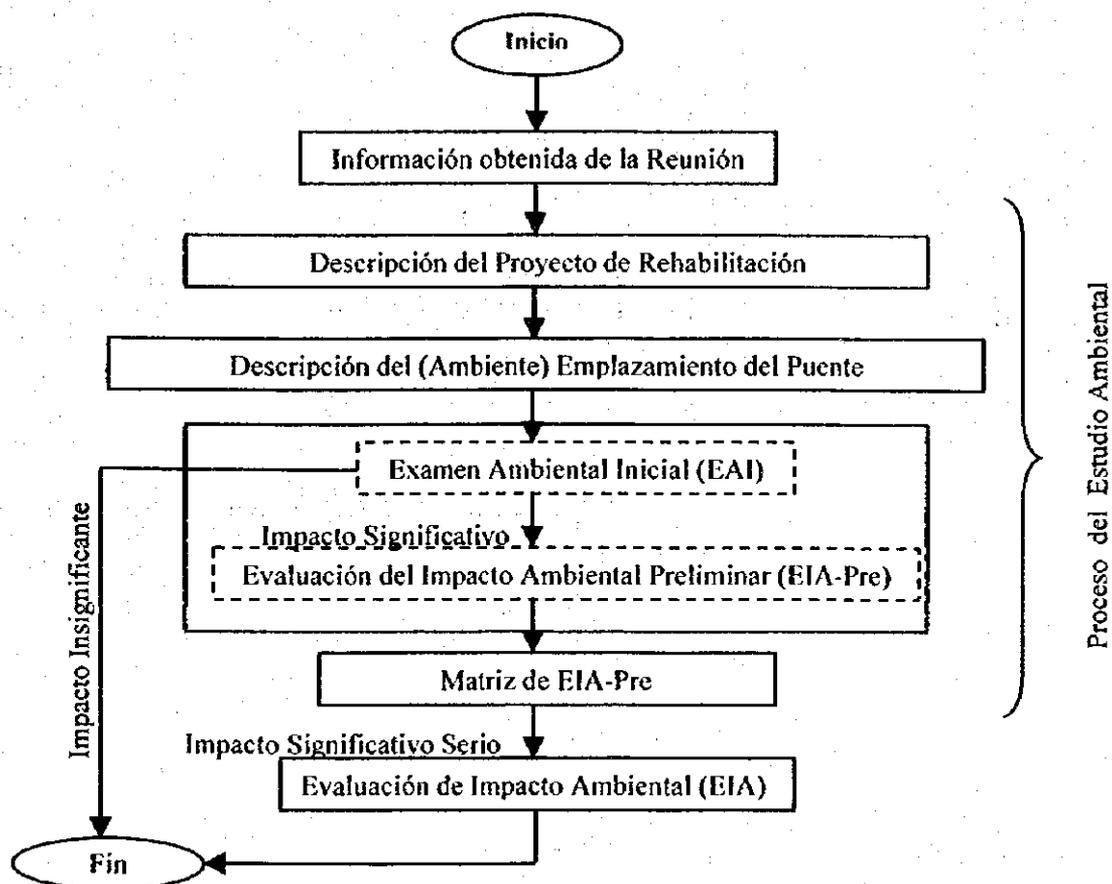
### 3.6.2 Alcance del Estudio Medio Ambiental

#### (1) Proceso del Estudio Medio Ambiental

Los estudios medio ambientales fueron ejecutados por el Equipo de Estudio en cooperación con el MOP. El estudio del Examen Ambiental Inicial (EAI) y la Evaluación Preliminar del Impacto Ambiental (EIA-Pre) para los 20 puentes incluyeron las siguientes actividades:

- Investigación de las condiciones ambientales existentes,
- Descripción del proyecto y del emplazamiento,
- EAI (Examen Ambiental Inicial)
- EIA-Pre (Evaluación Preliminar del Impacto Ambiental)
- Matriz de EIA-Pre, y
- Preparación de la evaluación ambiental

El proceso del estudio medio ambiental se muestra en la **Figura 3.9**.



**Figura 3.9** Proceso del Estudio Ambiental

## (2) Área de Estudio

El área de estudio cubre los puentes existentes y el área adyacente a lo largo de ellos.

La Tabla 3.21 muestra los 20 puentes objetivos.

**Tabla 3.21 Puentes Objetivos del Estudio Ambiental**

Nº	Nombre del puente	Región	Provincia	Método de Rehabilitación
1	Confluencia	IV	Choapa	Reparación
2	David García	V	Los Andes	Reconstrucción/Reparación
3	Granallas	V	San Felipe	Reconstrucción/Reparación
4	Ventanas	V	Valparaíso	Reparación
5	San José	RM	Chacabuco	Reconstrucción
6	Puangue	RM	Melipilla	Reconstrucción
7	San José de Marchiue	VI	Cachapoal	Reconstrucción
8	Antivero N°2	VI	Colchagua	Reconstrucción
9	Los Cardos	VI	Colchagua	Reparación
10	Cautín	IX	Cautín	Reparación
11	El Indio	IX	Malleco	Reparación
12	Quillén	IX	Cautín	Reparación
13	Poculón	IX	Cautín	Reconstrucción
14	Malleco	IX	Malleco	Reparación
15	Miraflores	IX	Malleco	Reparación
16	San Juan	IX	Cautín	Reconstrucción
17	Medina	IX	Cautín	Reparación
18	Cautín (88)	IX	Cautín	Reparación
19	Salva Tú Alma	IX	Cautín	Reparación
20	Quinchilca	X	Valdivia	Reparación

## (3) Ítems de la Inspección

Se observaron muchos problemas ambientales comunes en los puentes rurales relacionados con la condición geográfica y debido a las actividades de construcción. Por lo tanto, los ítems de inspección se estandarizaron para el estudio de los 20 puentes. Los ítems se escogieron a través de un estudio y evaluación en terreno.

Los ítems a ser inspeccionados son los siguientes:

### **Medio Ambiente Social**

Habitantes:	Residentes, población nativa, sus puntos de vista del proyecto y otros
Uso de la tierra e infraestructuras:	Área urbana, tierra de cultivo, y otros, Sitios históricos & culturales, paisajes, hospitales, escuelas y otras infraestructuras.
Economía:	Comercio, agricultura, silvicultura y otros
Transporte:	Terminal de buses, tránsito, etc.

### **Medio Ambiente Natural**

Topografía:	Características del área de la ribera, pendientes abruptas, terreno suave, terrenos húmedos, etc.
Geología:	Características de la ribera/lecho, afloramientos, piedras, gravas, arena / fallas, tipo de suelo, etc.
Hidrología:	Características del flujo del río, nivel de aguas, nivel de crecidas, etc.
Fauna & Flora	Hábitats, especies raras / comunidades, etc.

### **Contaminación**

Quejas:	Lo que más le concierne a la población
Medidas tomadas	Medidas institucionales y compensaciones

### **Otros**

#### **3.6.3 Formulario de Inspección del Proyecto y del Sitio**

Es esencial que la conducción del la EAI y de la EIA preliminar se realicen al principio del proyecto para comprender totalmente la "Descripción de Proyecto" (DP) y la "Descripción del Sitio (DS). La DP incluye los contenidos y características de los proyectos, tales como sus antecedentes, objetivos, área de estudio, ministerio competente, número de beneficiados, tipo de proyecto, etc. La DS incluye las actuales condiciones del medio ambiente natural y social. Las Tablas 3.22 y 3.23 muestran los formularios estándar para la descripción del proyecto y del sitio.

**Tabla 3.22 Formulario Estándar para la Descripción del Proyecto**

Item	Descripción
Antecedentes	
Objetivos	
Agente Ejecutante	Ministerio de Obras Públicas (MOP)
Beneficiarios	
<b>Componentes del Proyecto</b>	
Estructura existente del Puente	Losa( ), Viga( ), Estribo( ), Cepa( ), Fundación( )
Longitud, ancho del puente	Longitud( m), Ancho( m)
Otras características específicas	Ancho calzada ( m), Ancho de pasillo ( m)
Tipo de Proyecto	( ) Reemplazo, ( ) Reparación
Tipo de Camino	( ) Urbano / ( ) Área rural, ( ) Área Plana / ( ) Área Montañosa ( ) Pavimentado / ( ) No pavimentado
Volumen de tránsito existente	Año/mes/día / / Día de la semana( ) ( ) Autos/hora, ( ) Autos/día
Ancho camino/pistas	Ancho Existente = ( m) N° pistas = ( )
Estructura del camino	( ) Terraplén / ( ) Elevado / ( ) Otros: Corte del suelo original
Infraestructuras suplementarias	
Otros	Nombre del río:

**Tabla 3.23 Formulario Estándar para la Descripción del Sitio o Emplazamiento**

Item	Descripción	
<b>Medio Ambiente Social</b>		
Habitantes:	Aguas arriba: Área izq. de la ribera:	Área derecha de la ribera:
Residentes, Población nativa		
Sus expectativas del proyecto, Otros	Aguas abajo: Área izq. de la ribera:	Área derecha de la ribera:
Uso de la tierra e infraestructuras:	Aguas arriba: Área izq. de la ribera:	Área derecha de la ribera:
Área urbana, tierra de cultivo, Otros, Sitios históricos & Hospitales y otras infraestructuras	Aguas abajo: Área izq. de la ribera:	Área derecha de la ribera:
Economía:	Aguas arriba: Área izq. de la ribera:	Área derecha de la ribera:
Comercio, Agricultura, Silvicultura, Otros	Aguas abajo: Área izq. de la ribera:	Área derecha de la ribera:
Transporte: Terminal de buses, etc.		
<b>Medio Ambiente Natural</b>		
Topografía, (Característica del área de la ribera)	Aguas arriba: Área izq. de la ribera:	Área derecha de la ribera:
Pendientes escarpadas, Terreno suave, Terreno húmedo	Aguas abajo: Área izq. de la ribera:	Área derecha de la ribera:
Geología, (Características de las riberas/lecho): Grava, arena/ Fallas, Tipo de suelo, etc.,	Área izquierda de la ribera:	Área derecha de la ribera:
Hidrología, (Características del flujo del río, Nivel de aguas, nivel de crecidas)		
Fauna & Flora / hábitats, Especies raras /comunidad, etc.,		
<b>Contaminación del Medio Ambiente</b>		
Quejas: Lo que más le concierne a la población		
Medidas a tomar: Medidas Institucionales, Compensación		
Otros		

### 3.6.4 Formularios de Evaluación

Todos los elementos ambientales, los cuales pueden ser afectados por los proyectos, están listados y tratados en relación a las actividades del proyecto en un denominado formulario de lista de chequeo para la EAI y la EIA Preliminar. Ver la **Tabla 3.24**, que muestra el formulario estándar propuesto para la consideración del impacto ambiental. El encabezado de la tabla muestra la Componente ambiental / Identificación de actividades, Descripción de actividades, EAI / EIA Preliminar y Comentarios, mientras que el resto de las columnas muestra la componente concerniente a ser afectada.

La relación causa–efecto será explicada con una marca en cada celda correspondiente de la lista de chequeo. En la columna de la evaluación EAI, ‘Si’ significa que el mencionado proyecto puede causar un efecto significativo en el elemento ambiental (lado negativo), ‘No’ indica la no influencia (lado positivo), y ‘Temporalmente o Ligeramente’ significa efecto temporal o efecto ligero.

Cuando la evaluación EAI resulta positiva (No hay efectos), o los efectos son temporales o ligeros, entonces no es necesario proceder con la etapa de evaluación EIA Preliminar. Cuando la evaluación EAI resulta negativa (Si hay efectos), entonces se necesita proceder con la evaluación EIA Preliminar.

En la columna de Comentarios, la razones causas–efectos necesitan ser llenados en correspondencia al ‘Si’ o al efecto Temporal o Ligero.

**Tabla 3.24 Formulario para las Consideraciones de Impacto Ambiental**

Componente ambiental	Identificación de actividades	Descripción de actividades	Evaluación EAI	(Razones)
Tierra y Propiedad	Adquisición de tierras	Compensación por la transferencia de los derechos de propiedad		
	Re-asentamiento	Compensación por la transferencia de los derechos de residencia		
Economía	Actividades económicas	Pérdida de las bases de las actividades económicas, tales como la tierra, y el cambio de la estructura económica.		
	Empleo	Aumento o disminución de la oportunidad de empleo		
Tránsito e Infraestructuras públicas	Tránsito	Impacto sobre las presentes condiciones del tránsito, incremento de la congestión		
	Infraestructuras públicas	Impacto sobre escuelas, hospitales, causados por el incremento del volumen de tránsito		
Comunidades	Desintegración de comunidades	División de la comunidad debido a la interrupción del tránsito del área		
Comodidad	Comodidades	Incremento o pérdida de las comodidades existentes		
Históricos y Cultural	Propiedades históricas	Daño o pérdida del valor de los restos históricos y arqueológicos.		
	Propiedades culturales	Daño o pérdida del valor de las propiedades culturales		
Derechos establecidos	Derechos de agua y derechos comunes	Obstrucción de los derechos de pesca, agua, otros derechos comunes		
Desechos	Desechos	Generación de desechos de construcción y demolición		
Peligros	Riesgo y daño	Riesgos de accidentes, daño en el tránsito		
Tierra	Caract. topográficas /ribera y lecho del río	Cambios valubles en la forma y condición en la topografía del terreno		
	Condición geológica	Cambios en la condición geológica		
	Uso del terreno	Cambio en el uso original del terreno		
	Erosión del suelo	Erosión de la capa vegetal superior por la lluvia, después del movimiento de tierra y remoción de la vegetación		
Superficie del agua	Caract. Hidrológicas	Cambios o variación del flujo		
	Uso del agua	Cambio del uso actual del agua		
	Calidad del agua	Cambio en la calidad del agua		
	Escombros flotando	Obstáculos flotando		
Especies y su población, hábitat	Efecto de crecidas	Área afectada por crecidas		
	Vegetación / fauna terrestre	Obstrucción de especies valiosas, su comunidad y su hábitat		
	Vida salvaje / flora terrestre	Obstrucción de la reproducción y extinción de especies, comunidades, hábitat		
	Flora acuática	Obstrucción de especies valiosas		
Estética	Fauna acuática (peces)	Obstrucción de la reproducción y extinción de especies, comunidades, hábitat		
	Paisaje	Cambios de la topografía y vegetación debido al proyecto. Deterioro de la armonía estética por la estructura.		
<b>Contaminación</b>				
Atmósfera	Contaminación del aire	Contaminación causada por gases de escape o gases tóxicos de los vehículos		
Agua	Contaminación del agua	Contaminación por el aporte de sedimentos, arena y derrame en los ríos		
Ruidos y vibración	Ruidos y vibraciones	Generación por maquinarias de construcción y el tránsito de vehículos		
Evaluación total				
¿Es la EIA preliminar necesaria para la implementación del proyecto?				

Para la etapa de EIA Preliminar, se propuso un formulario estándar, mostrado en la Tabla 3.25, de la matriz de evaluación ambiental. EL formulario está dividido en etapas de pre-construcción, construcción, operación y mantenimiento, a ser llenadas con “marcas” de evaluación de impacto para



### **3.6.5 Resultados de la Investigación**

Los resultados de la inspección ambiental son presentados en el **Anexo II-7 (Volumen 4/8)** para cada uno de los 20 puentes. La mayoría de los sitios de los puentes de proyecto estaban apartados de áreas habitadas o asentamientos, y las actividades del proyecto no eran muy numerosas. Ellas eran generalmente actividades menores o temporales. La existencia de bienes históricos o culturales alrededor del puente es improbable. Desde el punto de vista del ecosistema natural, no había un lugar crítico excepto en el área de las riberas, esto significaba una menor posibilidad de existencia de recursos valiosos de la flora y fauna natural.

#### **(1) Puentes a ser Reparados**

Para los sitios o emplazamientos de los puentes a ser reparados (dentro del total de 20 puentes), todas las actividades de las componentes ambientales, desde la socioeconómica hasta la de contaminación, fueron evaluadas con un "No hay efectos" o positivamente para las actividades del proyecto limitadas a trabajos de reparaciones del puente. En algunos puentes, se anotaron algunos efectos temporales o ligeros, pero ellos fueron juzgados como despreciables.

#### **(2) Puentes a ser Reconstruidos**

Para los lugares de los puentes a ser reconstruidos, algunas actividades de las componentes ambientales como las socioeconómica, del ambiente natural y la contaminación, fueron evaluados con un 'Sí' o negativamente para los proyectos que involucraban la construcción de puentes. En estos casos, las actividades significativas pueden ser la adquisición de terrenos y sus re-asentamientos relacionados en el ambiente socioeconómico, si hubiese terrenos privados y habitantes dentro del sitio de construcción del puente. También se consideró el problema de congestión del tránsito durante la construcción. En cuanto a la erosión del suelo, calidad del agua y la fauna acuática, podrían ser considerarse algunos efectos temporales. También la contaminación del aire, debido al polvo causado por las actividades de movimiento de tierra durante la construcción en época de verano. El ruido causado por la operación de equipos de construcción podría afectar alguna granja de crianza de ganado, si es que hay alguna en la cercanía.

### **3.7 RECOMENDACION PARA LA REHABILITACION DE PUENTES EN CHILE**

#### **3.7.1 Para Puentes de Madera**

##### **(1) Causa del Colapso**

La madera ha sido utilizada comúnmente para puentes provisorios de tramos cortos ubicados en caminos generalmente con superficie de grava, los cuales son comunes en las regiones VIII, IX y X. El problema urgente de los puentes de madera es que alrededor de 40 a 50 de estos puentes han colapsado anualmente en los últimos 10 años, de acuerdo a lo señalado por el MOP. Las causas del colapso son las siguientes:

- Vehículos de carga pesados

Vehículos de carga pesados tales como camiones tolva, semi-trailers, etc, cargados con madera o equipos de construcción de caminos, pasan por el puente con cargas que sobrepasan en más de dos veces la capacidad de carga que se muestra en las señales.

- Deterioro

Muchos de los puentes de madera están ya severamente deteriorados debido al desgaste, pudrición por hongos, moho e insectos. Además, pesados vehículos causan una deflexión anormal y movimiento lateral lo que promueve un mayor deterioro a los elementos mecánicamente conectados de la estructura.

- Erosión de las riberas

Algunas vigas están apoyadas directamente sobre las riberas (no hay estribos), y como estas tienen una protección insuficiente se produce erosión, asentamientos y daños en la estructura.

- Socavación de la fundación

La poca profundidad de las fundaciones directas de hormigón o la de tipo riel, presentan serias socavaciones, causando el hundimiento de las cepas.

##### **(2) Mantenimiento y Reparación**

Las siguientes medidas son necesarias para el mantenimiento y reparación de puentes.

- Tratamiento periódico superficial con creosota, en las grietas y elementos mecánicamente conectados, cada 2-4 años después de su construcción.

- Volver a apretar las conexiones que se han aflojado en los elementos principales y las barandas.
- Reforzamiento de las columnas de madera mediante placas de acero.
- Limpieza del suelo y de los escombros en los extremos de las vigas, los cuales pueden causar la pudrición de ellas debido a la humedad del ambiente.
- Reemplazo de tabloncillos de rodado dañados.
- Protección de la ribera y del lecho, mediante gaviones o enrocados para evitar la socavación local de la fundación de la cepa.

### (3) Diseño y Construcción

#### 1) Diseño

Las vigas deben ser diseñadas para que trabajen en el rango de tensiones admisibles y dentro del límite de deflexión de la viga (1/300). La tensión de flexión admisible de algunas maderas es la siguiente:

Tipo de árbol	Módulo de Young (kg/cm <sup>2</sup> )	Tensión Admisible de flexión-paralela a la fibra (kg/cm <sup>2</sup> )	Comentarios (Fuente)
Coigüe	105.500	96	Universidad de Santiago
Árbol de hojas aguja	100.000	90	Especificaciones para puentes de madera (1940)
Árbol de hojas anchas	100.000	120	

La altura de la viga de madera debe ser más que un 1/18 - 1/20 de la longitud del tramo, en orden a limitar la deflexión a menos de 1/300 del largo del tramo.

Los tipos de puentes y longitudes de tramos aplicables para cargas de diseño de vehículos de 9ton. se muestran a continuación.

Tipo de Puente	Longitud del Tramo (m)				Número de Vigas (Nº)	Altura de Vigas (cm)
	5	10	15	20		
Viga simple	4 	7 			5-6	30-40
Doble celosía y marco rígido	6 			15	5-6	30-40
Tipo Fink		10 		18	5-6	30-40

Para una viga de madera aserrada simple la longitud máxima práctica es 7m. Los puentes tipo Fink tienen una deformación considerable debido a la elongación de las barras de acero, pernos aflojados y el hundimiento de la placa de apoyo en la madera, por lo tanto, este tipo de puente no es recomendable.

Si la carga de diseño para los puentes de madera está por sobre las 10 Ton, es necesario considerar la colocación de otras 2 vigas.

## 2) Construcción

### a. Selección de la Madera.

La madera seleccionada debe estar seca, ya que la madera verde posee una menor resistencia mecánica, puesto que esta depende del contenido de humedad, además debe ser escogida madera que en lo posible no presente fallas, como grietas, nudos etc.

### b. Tratamiento de Preservación.

Los tratamientos con creosota (sin presión) son los que comúnmente se usan en Chile. Estos tratamientos evitan la aparición de hongos, el ataque de insectos, y en alguna medida impermeabilizan la madera.

El tratamiento con creosota debería ser realizado en 2 tiempos en la superficie, en grietas y elementos mecánicamente conectados durante la etapa de construcción.

### c. Conexión con Pernos.

Pernos con no menos de 16mm de diámetro deberían usarse para la conexión de elementos principales. El tamaño de la golilla debería ser 3,5 veces el diámetro del perno y su espesor al menos 1/3 del diámetro del perno.

## 3.7.2 Para Puentes de Hormigón

El hormigón es el material mayormente usado en Chile para la construcción de puentes, ya sea en la superestructura o infraestructura. Durante la inspección de los puentes se observaron varios daños en el hormigón, tales como grietas, delaminación, efflorescencia, nidos de piedra, fracturas, filtraciones, etc, los cuales están detallados en el **Capítulo 3.2.2**.

Las causas de estos daños están clasificados como sigue:

- **Diseño Inadecuado:** Puede causar la disminución de la resistencia y la rigidez de las estructuras del puente.
- **Construcción Defectuosa:** Disminuye la durabilidad del puente; como la insuficiente compactación del hormigón, juntas de construcción frías, etc, deterioran la resistencia y la impermeabilidad del hormigón.
- **Mala Calidad de los Materiales:** También disminuye la durabilidad del puente; como utilizar aguas con sales, áridos alcalinos, los cuales aceleran la corrosión de las armaduras e inducen la aparición de grandes grietas.

- **Efectos Ambientales:** Aceleran la carbonización del hormigón; como los ataques químicos producidos por el dióxido de carbono y otros gases ácidos que están en el aire o se precipitan mediante las lluvias, deteriorando el hormigón seriamente.
- **Fuerzas Externas Inesperadas:** Pueden dañar decisivamente la estructura del puente; como sobrecarga del tránsito, inundaciones, terremotos, los cuales acarrearán una excesiva tensión en la estructura, más allá del nivel asumido para el diseño.

De todos los tipos de daños del hormigón de los puentes antes mencionados, los que principalmente se observaron fueron las grietas, desprendimientos del recubrimiento y delaminaciones.

### **3.7.3 Para Puentes de Acero**

#### **(1) Problemas Generales de los Puentes de Acero**

El acero no es sólo utilizado para las vigas, sino como placas de apoyo, cantoneras y barandas. Descritos a continuación se describen los usos y daños del acero usados en los puentes.

##### **1) Estructura Principal**

- a. Se utilizan como vigas del puente las vigas armadas, laminadas tipo I, o formadas por rieles. Ocasionalmente estas vigas son modificadas, transportadas y reutilizadas en otros puentes.
- b. Muchos puentes con vigas de acero en Chile presentan oxidación en ellas aún en atmósferas favorables, debido supuestamente a la falta de mantenimiento por un período de tiempo prolongado.
- c. Como las superficies exteriores de las almas de las vigas están bien ventiladas, éstas presentan una menor oxidación en su superficie.
- d. Las vigas de acero con losa de madera usualmente están severamente oxidadas, debido a que el agua pasa a través de las hendiduras que presenta el tablero del puente.
- e. La lluvia que cae sobre el alma de las vigas, corre a través de ellas hasta llegar a las alas de la viga, la que permanece ahí. Estas gotas que quedan suspendidas en la parte inferior de las alas producen la corrosión.
- f. Los conectores no están formados por pernos de alta resistencia, sino que son elementos que

están soldados a la viga.

- g. La mayoría de los arriostramientos transversales están compuestos por perfiles tipo X, que son formados uniendo perfiles ángulos laminados, o algunas veces están formados por barras de acero, las cuales son usadas a pesar de no ser lo suficientemente resistentes.
- h. Cada elemento del arriostramiento lateral está unido de la misma forma que los transversales.
- i. Debido a la dificultad de obtener el acero y en orden a ahorrar material para las almas, las planchas de acero están conectadas por soldadura de lado a lado y de arriba hacia abajo.
- j. Algunas veces se encuentran atiesadores verticales añadidos al lado exterior de las almas de las vigas, lo que provoca la acumulación de polvo, hojas y humedad la que se acumula en la parte superior de la plancha inferior. La humedad es, sin duda, la causa directa de la oxidación en el acero.

## 2) Apoyos

- a. A pesar que la altura de los apoyos en algunos casos imposibilitaba su observación, se supone que el tipo de apoyo era compuesto de 2 placas de acero, denominada apoyo tipo lineal. Éstos estaban completamente cubiertos de barro, suponiendo un funcionamiento defectuoso.
- b. Las cantoneras usualmente no estaban colocadas, y aún en el caso de tener un drenaje desde la losa, que pasa a través de una hendidura por la cantonera, el agua y el barro se acumulan en los apoyos. Esta es la causa principal del deterioro de los apoyos.
- c. Ocasionalmente las vigas están colocadas directamente sobre la infraestructura, sin apoyos, lo que provocará daño a éstas.
- d. Usualmente un apoyo está equipado con un par de pernos de anclaje, pero ellos no parecían lo suficientemente fuertes para resistir los esfuerzos horizontales producidos por un sismo.
- e. Se usan también los apoyos elastoméricos, existiendo también aquellos que emplean plomo en vez de neopreno.
- f. Muchos de los apoyos están demasiado cerca de la orilla de la mesa de apoyo, lo cual es un peligro de que se produzca una fractura del hormigón por corte, o debido a una intensa fuerza

de reacción o a la caída de las vigas de los apoyos cuando ocurra un sismo.

### 3) Losas

- a. Son usados como materiales para la losa la madera o el hormigón armado. Tablones de madera están dispuestos en forma perpendicular a las vigas con adecuadas separaciones entre ellos de manera que el agua de la lluvia pueda fácilmente ser drenada desde la superficie de la losa. Por otra parte para un puente de acero, los tablones de madera están dispuestos de manera que la parte más alta de él permanezca verticalmente sobre la viga, para así proveerlos de una mayor rigidez, este método es denominado "paquete", y en el caso de las hendiduras entre tablones, éstas son más angostas o no existen.
- b. Cuando la losa es de hormigón, usualmente es pavimentada con el mismo material.

### 4) Cantoneras

- a. En caso de losas de madera, generalmente no se encuentran cantoneras, pero una separación de varios centímetros entre los tablones que conforma la losa se deja para que el agua y el barro pasen entre ellas depositándose y ocultando totalmente los apoyos.
- b. En caso de losa de hormigón, generalmente las cantoneras están colocadas en ambos extremos de ella, pero su propósito es sólo cubrir y proteger las orillas de la losa de hormigón y no el de soportar una rueda cargada, cuando ésta está exactamente sobre la separación. La desventaja de este tipo de cantonera es que cuando la separación es muy angosta, el barro y las piedras permanecen en ellas y cuando es demasiado ancha, las ruedas impactan las orillas del hormigón dañándolo.
- c. Las cantoneras usualmente no están equipadas con canaletas las cuales acarrearán el agua proveniente de la superficie de la losa.
- d. Muchas cantoneras fueron encontradas funcionando deficientemente debido a que ellas presentaban mucho barro y piedras en la hendidura.
- e. También muchas de las cantoneras de acero estaban desgastadas o corroídas, y en algunos casos parte de ella se había perdido.

### 5) Barandas

- a. Cuando la losa es de madera, las barandas también lo son. Cuando la losa es de hormigón las

barandas son de acero o de hormigón.

- b. Las barandas de acero son más utilizadas que las de hormigón en estos días en orden a reducir el peso muerto.
  - c. Los materiales para las barandas son usualmente barras de acero lisas de sólo 3 o 4 mm de espesor. Este tipo de barandas no son lo suficientemente fuertes para resistir la carga de una colisión de un vehículo, pero su objetivo es prevenir la caída de los peatones.
  - d. Durante la inspección detallada, algunas veces se encontraron barandas de acero defectuosas, como por ejemplo el pilar de la baranda estaba fijado al estribo, pero el siguiente lo estaba al final de losa, lo cual resultaba en una tensión innecesaria del pasamano de la baranda.
  - e. A menudo se encontró que las barandas no estaban adecuadamente mantenidas, aún si éstas estaban seriamente corroídas o deformadas por alguna colisión.
- 6) Sistema de Drenaje
- a. Para una losa de madera no es necesario un sistema de drenaje, por lo descrito en el punto 3.
  - b. Para una losa de hormigón usualmente se utilizan tuberías cortas de 50cm de longitud y con un diámetro de aproximadamente de 5 a 7cm., las cuales están colocadas a ambos lados de la calzada penetrando la losa. Estas tuberías funcionan como sumideros y alejan el agua de la superficie del puente.
- 7) Otros
- a. La corrosión representa el mayor daño en las estructuras de acero. Cuando el óxido aparece sólo en la superficie, con volver a pintar será suficiente para protegerlo de futuras oxidaciones, por otra parte, si la corrosión es tan profunda que la sección transversal del acero disminuye, la solución es la colocación de planchas de acero.
  - b. Como las barandas están directamente expuestas a la atmósfera, tienden a corroerse rápida y severamente. Ellas tiene que ser mantenidas en buen estado, pero en el caso en que el daño sea muy serio hay que reemplazarlas.
  - c. Las cantoneras están expuestas no sólo a la atmósfera sino que al caucho de los neumáticos. La condición de las cantoneras afectan el daño de la losa, por lo tanto ellas tienen que ser reemplazadas.

## (2) Ejemplo de Diseño de Fortalecimiento

Tal como fue definido anteriormente en este informe, la reconstrucción significa reemplazar el puente completo por una nueva estructura para restaurar el puente a nivel de servicio. Hay una tercera forma de rehabilitar un puente, que es su fortalecimiento, donde la capacidad de carga y/o la geometría del puente es mejorada. A pesar de que el fortalecimiento está fuera de los alcances de este Estudio, algunas ideas de cómo inspeccionar y fortalecer un puente serán descritas de aquí en adelante tomando al Puente Granallas como un ejemplo, el cual consiste de dos tramos simplemente apoyados con vigas de acero y losa o tablero de madera. No había ninguna señal caminera que indicara la capacidad de carga, ni tampoco análisis estructurales o planos del puente de la época en que fue construido.

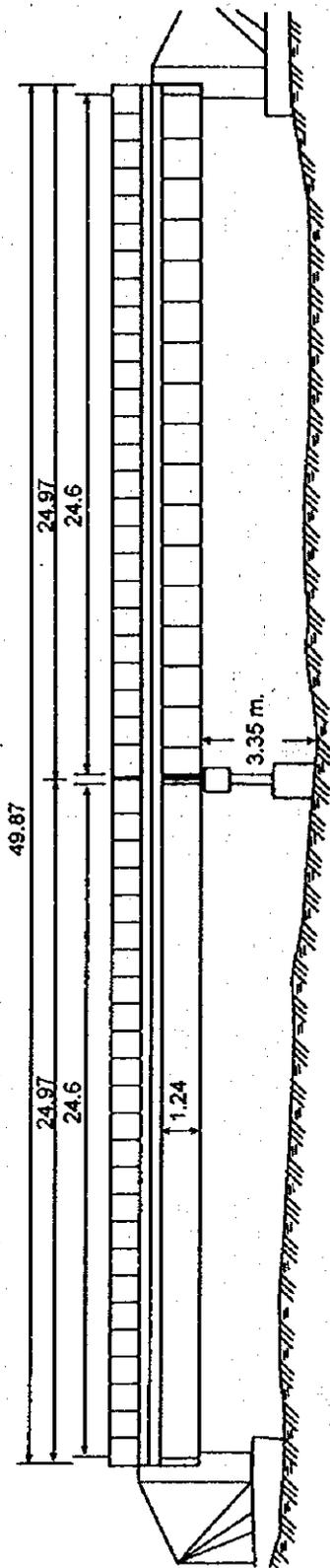
La descripción se refiere brevemente a:

- la prueba de penetración de tinte y la medida del espesor de las placas de acero existente de los elementos estructurales del puente Granallas.
- estimación analítica de la capacidad de carga actual del puente basados en los resultados de las mediciones mencionadas anteriormente.
- fortalecimiento y mejoramiento mediante el reemplazo de la losa de madera por una de hormigón que trabaja en conjunto (losa colaborante) con las vigas de acero.

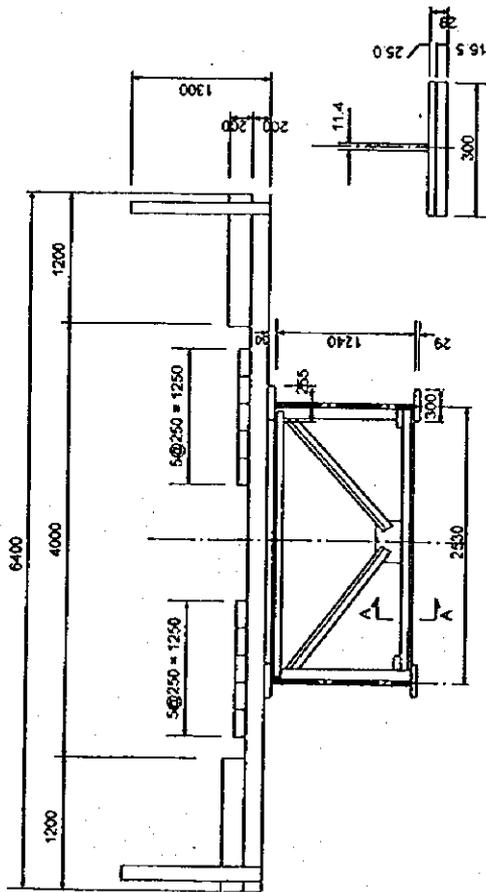
Los resultados de los cálculos muestran que:

- el puente tiene una capacidad de carga actual similar a la de un camión HS10-44 obtenida a través de una simple estimación
- en orden a reemplazar el tablero por una losa de hormigón, tal como se muestra en la **Figura 3.10**, las placas inferiores deben ser reforzadas con gruesas placas de acero, ya que el eje neutro se desplaza hacia arriba por lo que una tensión mayor trabaja en la placa inferior después de que los materiales están compuestos.

El proceso de cálculo se da a continuación esta dado en el **Anexo II-8 (Volumen 4/8)**.



Tablero de Madera Existente



Losa de Hormigón Opcional

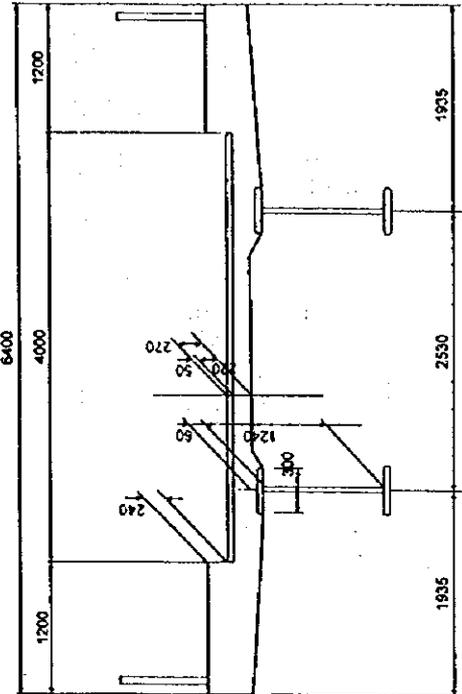


Figura 3.10 Ejemplo de Diseño de Reforzamiento para el Puente Granallias