



**Figura 10.3.1 Socavación en el Cauce del puente sobre río Nuevo No.16**



**Figura 10.3.2. Erosión en los Rellenos del puente sobre río Puerto Nuevo No.12**

La velocidad de flujo de inundación es muy rápida en el la mayoría de los ríos, porque los perfiles del río son muy abruptos como se muestra en la tabla 10.3. En los puentes, como el No.17 puente río Chirripó y No.20 puente río Sucio, localizados en áreas montañosas, los ríos traen grandes rocas que se depositan en el cauce. Estas rocas han dañado las pilas al golpearlas.



**Figura 10.3.3. Deposito de Grande Rocas en el Puente río Chirripó No.17**



**Figura 10.3.4. Depósito de Grandes Rocas en el Puente río Sucio No.20**

**Tabla 10.3.1 Condición de los Ríos de los 10 Puentes**

Puente No. y Nombre	Perfil Río cerca Puente (Aprox. %)	Condiciones de Flujo de los Cauces y Riveras del Río
No.2 Aranjuez	1.0	- La pendiente del talud cercano al B1 esta parcialmente erosionado - El cauce cercano a las pilas esta erosionado profundamente. - La pendiente frene al B1 es pronunciada y esta cubierta con árboles
No.3 Abangares	1.6	- Las pendientes de los Bastiones B1 y B2 no están erosionadas - Hay depósitos de arena y grava cerca del bastión B2, hay madera enredada en las pilas. - No se encontró erosión cercana a las pilas.
No.7 Azufrado	1.0	- El puente esta colocado sobre una capa de roca expuesta - No se encontró socavación y erosión. - El cauce rocoso es profundo con un ancho estrecho al centro del río.
No.12 Puerto Nuevo	0.3	- Los taludes en frente del los Bastiones B1 y B2 son pronunciados y el talud atrás del B1 está erosionado. - El cauce cerca de las pilas está erosionado, especialmente cerca de la P4 que están erosionadas profundamente.
No.16 Nuevo	1.2	- El cauce esta profundamente erosionado a todo el ancho del río, no solo en el área cercana al puentes sino también en zonas aguas arriba y aguas abajo. - El nivel del cauce esta 6m bajo del nivel original en la zona del puente. - Los pilotes de ambas pilas están expuestos por la socavación. - Los trabajos de protección de talud en el frente del bastión están rotos por la erosión.
No.17 Chirripó	1.5	- La protección del talud en el bastión B2 esta erosionada. - El cauce esta erosionado en todo su espesor. - El área de flujo del río a sido cambiada por la influencia de canteras localizadas aguas arriba y aguas abajo.
No.19 Sarapiquí	0.5	- La protección del bastión B2 esta erosionada. - El cauce cercano a la pila P2 esta erosionada.
No.20 Sucio	2.4	- El cauce esta cubierto por rocas acarreadas por el río con diámetros de 2m. Los daños causados por estas rocas se encuentran en la pila. - La protección del bastión B2 esta erosionada por el agua llovida.
No.26 Chirripó	0.3	- El cauce esta socavado en todo su ancho, especialmente cerca de la pila P6. - El bastión B2 esta quebrado por el terremoto.
No.29 Torres	2.1	- El cauce esta erosionado cerca de la pila P1. - El terreno bajo el puente, entre P1 y B2 esta cubierto por desechos industriales

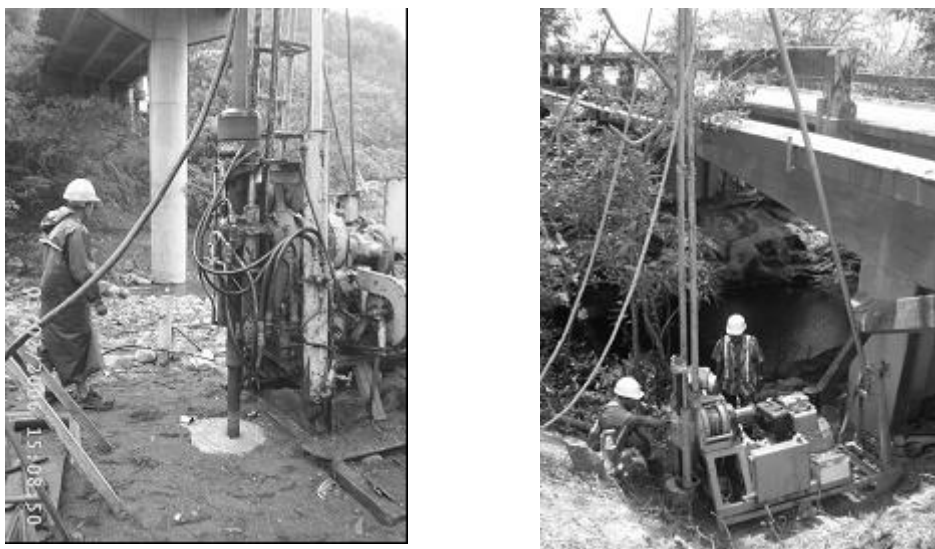
### 10.3.2 Estudio Geológico

Se desarrollaron estudios geológicos para conocer las condiciones del terreno, las cuales son requeridas para chequear la seguridad estructural de las fundaciones existentes. Existen datos de perforaciones en los planes generales de los 10 puentes seleccionados. Los puntos de perforación y el número para cada puente fueron determinados en base a esos datos. Los estudios geológicos incluyendo las perforaciones mecánicas y las pruebas de laboratorio de los 10 puentes seleccionados fueron divididos en tres grupos para reducir el tiempo de trabajo en el estudio y fue desarrollado por tres compañías de estudio como lo muestra la tabla 10.3.2.

**Tabla 10.3.2. Puentes y Compañías de Estudios Geológicos**

Grupo	Puente No. Y Nombre	Numero de Perforaciones	Compañía de Estudio
1	No.2 Aranjuez	2	IMNSA
	No.3 Abangares	3	
	No.7 Azufrado	2	
	No.20 Sucio	2	
2	No.12 Puerto Nuevo	2	Vieta & Asociados, S.A.
	No.16 Nuevo	2	
	No.29 Torres	2	
3	No.17 Chirripó	2	INGEOTEC, S.A.
	No.19 Sarapiquí	2	
	No.26 Chirripó	2	

Un total de 21 perforaciones fueron realizadas con el fin de determinar el perfil geológico y la evaluación del suelo y rocas existentes en las zonas de los diez puentes. Equipos de perforación rotacional fueron utilizados para perforar y fue utilizada la prueba de penetración estándar (STP) combinada con las muestras estándar y las archivadas, para obtener muestras de suelo. El método del doble tubo fue utilizado para obtener los núcleos de muestra. Se analizaron en el laboratorio las muestras no alteradas y las características de las diferentes capas, tales como el contenido de humedad, peso unitario, análisis de mallas, gravedad específica del suelo, límites de plasticidad, límites líquidos y la prueba de compresión inconfiada.



**Figura 10.3.5. Perforaciones en las Zonas de los Puentes**



**Figura 10.3.6. Muestras de Suelos de Perforaciones en Estudio Geológico**

Las condiciones geológicas de cada zona donde se ubican los puentes, están basadas en los resultados de los estudios geológicos y de la información de los planos de cómo fue construido, estas están descritas a continuación.

### 1) Zona de Puente No. 2 Río Aranjuez

Depósitos del río, como bloques de rocas ígneas, algunos bloques de roca limosa y arena están localizados en la base de un estrato rocoso, el cual está con rocas ígneas con fracturas. El espesor de la capa de depósito es alrededor de 4 a 7 metros en camino del río. La capa de roca está localizada en las partes altas a ambos lados de las riveras. Todas las fundaciones extendidas están colocadas sobre esta capa de roca.

### 2) Zona de Puente No. 3 Río Abangares

Se encuentra una capa de limo arcilloso bien compactada y con un espesor de 5.5m en los rellenos del bastión B1. Esta capa de limo arcilloso se encuentra sobre la capa de arena y grava con bloques volcánicos y bloques de lava. Esta capa de arena y grava es considerada como una capa de roca ígnea.

Depósitos del río, como la arena con tamaños mayores a 20cm, se localizan en la base de roca o en la capa aluvial volcánica. El espesor de esta capa de depósito es alrededor de 4m en el camino del río y a 7m del punto de perforación desde el bastión B2. Todas las fundaciones extendidas están localizadas sobre la capa de roca o la capa de aluvión volcánico.

### 3) Zona de Puente No. 7 Río Azufrado

Se encuentra toba expuesta en el cauce de las zonas de ambas pilas. Arena mal graduada con capas de toba de densidad media se localiza en ambos bastiones. Las fundaciones extendidas de ambos marcos de pila están sobre una capa de toba. Sin embargo, ambos bastiones no están construidos como estructuras que soporten las fuerzas de la superestructura. Esos bastiones están colocados para detener el deslizamiento del material de relleno.

#### **4) Zona de Puente No. 12 Río Puerto Nuevo**

El depósito de materiales aluviales consiste en bloques calcáreos y bloques ígneos con arena, las que cubren las rocas ígneas gabbro. El material aluvial del camino del río donde P2 se localiza, tiene condiciones buenas para la capacidad de soporte a una capa con una profundidad de 15 m.

Al borde del río donde se localiza el bastión B2, hay capas de bloques alterados y fracturados de piedra calcárea y piedra ígnea que pueden ser consideradas muy estables. Todas las fundaciones extendidas de las pilas están colocadas sobre un estrato de roca ígnea.

#### **5) Zona de Puente No. 16 Río Nuevo**

El cauce del río está socavado más de 4m de profundidad con respecto al nivel original, los pilotes de ambas pilas están expuestos por la socavación. La capacidad de fricción de los pilotes se ha reducido con respecto a la capacidad de diseño original.

El talud del bastión B2 está llenado alrededor de una altura de 10m desde el nivel original del terreno. Las condiciones iniciales del material de aluvión en 13m de profundidad desde la superficie del talud (3m desde el nivel original del terreno) tiene la suficiente capacidad como un estrato de carga con valores de N mayores a 56.

Al borde del río, en donde está localizada la pila P1, los valores de N del STP para capas de hasta una profundidad de 8m y a profundidades de entre 18m y 22m son menores de 20. Las capas de aluvión y arcilla muy densa se encuentran a una profundidad de 22m. Todos los pilotes de fundación han penetrado a una profundidad mayor a 10m desde el nivel de terreno original.

#### **6) Zona de Puente No. 17 Río Chirripó**

En ambos puntos de soporte del lado de B1 y B2, la capa superior desde la superficie hasta 1m de profundidad consiste en una capa limo arenosa con valores de N de 13. Los depósitos del río con rocas de lava y arenas gruesas muy toscas continúan a una profundidad de 15m del lado del bastión B1 y a una profundidad de 12m en el lado del bastión B2. Todos los valores del STP no fueron contabilizados porque el martillo rebotaba en esta capa.

Dentro del área de flujo de río, el cauce está cubierto con el mismo depósito del río con los bloques de gran tamaño de lava y las arenas gruesas muy toscas. Todas las fundaciones extendidas de las pilas y los bastiones están fijadas en esta capa del depósito en la profundidad entre 11 m y 15 m del terreno.

#### **7) Zona de Puente No. 19 Río Sarapiquí**

Al punto de soporte del bastión B1, una capa de relleno de grava que consiste en bloques lava fracturada y fragmentada, continúa de la superficie a una profundidad de 6m. La plasticidad media del elemento arcilloso cuenta con un espesor de 9.4m bajo la capa del relleno. Esta capa de arcilla es muy suave con valor de N de 0. La arena y la capa de grava tiene un valor de N de alrededor de 40 continúa con espesor de 4.6m. Bajo la capa anterior, con un valor de N que se reduce de nuevo a 0 en la capa de arcilla suave con el espesor de 3.9m. Una capa de

arcilla rígida con valor de N de 40 continúa para 1m de espesor. Finalmente, encuentran piedras basálticas con las lavas muy vesiculares alteradas completamente a la profundidad de 25 m de la superficie. Los pilotes existentes con 22.5 m a lo largo del bastión B1 fueron penetrados hasta esta capa.

Al punto de soporte en el área de flujo de río cerca de la pila P2, se encuentra una plasticidad baja con valor de N de entre 2 y 22 para el espesor de 2 m cubre los depósitos del río de capa de arena tosca. La capa de arena continúa en la profundidad de 2 m a 11 m con valores de N entre 2 y 35. Los valores de N a la capa más profunda que 11.5m son 65 o más. Los pilotes de acero de forma H con 12.5m largo penetran en esta capa de arena en la pila P2.

#### **8) Zona de Puente No. 20 Sucio**

A lo largo de toda las profundidad estudiada de una perforación de 18m cerca de la pila P1 se encontraron lavas. Los depósitos consisten en lava compactada y fragmentos de lava que incluyen bloques de roca de gran tamaño con diámetros mayores a 1m. Las fundaciones extendidas de la pila P1 están colocadas sobre esta capa 15m por debajo del cauce.

En toda la perforación cercana a la pila P2 localizada a la izquierda del banco, solo existe una capa de grava a lo largo de toda la perforación de 10m. Esto consiste en fragmentos de lava indefinida. La fundación extendida de la pila P2 está colocada sobre esta capa a 6m por debajo de la superficie.

#### **9) Zona de Puente No. 26 Chirripó**

En la perforación cercana a la pila P1, hay una capa de limo arcilloso con un espesor de 1.5m de depósitos del río. Este limo arcilloso está muy suelto con valores de N entre 3 y 4. La capa de 1.5m a 8m de profundidad está compuesta de grava fina con un tamaño máximo de 7cm. Los rebotes del STP fueron medidos a lo largo de esta capa. Esta capa es susceptible a la licuefacción durante un terremoto. Por debajo de este material fue detectada, con la misma arena con densidad relativamente suelta (valores de N entre 3 y 10). Finalmente entre 35.0 hasta el fondo de la perforación, fue detectada arcilla suave con alta plasticidad. El esfuerzo de compresión inconfiada de esta arcilla esta entre 0.30 y 0.40 kg/cm<sup>2</sup> y los valores de N de ella están entre 7 y 12.

En la perforación B26-2 cercana a la pila P7, el perfil del suelo es básicamente material de grava en toda la perforación. La capa desde la superficie del terreno hasta la profundidad de 22.0m consiste en bloques de lava aluvial indefinida y fragmentos con un tamaño máximo de 13cm. Los rebotes de la STP fueron medidos a lo largo de la perforación. La capa desde los 22m hasta los 35m de profundidad consiste en una grava arenosa bastante fina con un tamaño máximo de 5cm. Los rebotes de la STP no pudieron ser medidos. Debido a que el estrato soportante es muy profundo, todas las subestructuras de este puente están soportadas por pilotes de acero de forma H con longitud de 30m.

#### **10) Zona de Puente No. 29 Río Torres**

El terreno original esta cubierto por material de relleno incluyendo bloques de concreto. La consistencia de este terreno es variable entre suave y muy rígido. Bajo el nivel de fundación,

en donde la pila P1 esta localizada, se encontró una mezcla entre grava, arena arcillosa lo cual puede ser susceptible a la erosión. En el punto de perforación en frente del bastión B2, se encuentra material de relleno aun a una profundidad de 4m al igual que en P1. Desde una profundidad de 5m, una matriz de arcilla con rocas ígneas alteradas continúan con un valor de N entre 19 y 41.

Todas las fundaciones extendidas de las pilas y bastiones están colocadas sobre la capa de arena arcillosa a una profundidad de entre 3m y 8m desde el nivel de terreno original.

## 10.4 Selección del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento

### 10.4.1 General

Medidas apropiadas para la rehabilitación, reforzamiento y mejoramiento deben ser planificadas para los puentes que se han evaluado o determinado con un riesgo de degradación en su funcionamiento actual y en el futuro por los siguientes resultados de inspección:

- Uno o más puntos del funcionamiento como durabilidad, seguridad, servicio, riesgo de daños a otras partes y estética/paisaje se han observado con un nivel inaceptable.
- Aunque no se observe deterioro en la actualidad, se predice que el puente va a tener un riesgo de deterioro en su funcionamiento durante el período remanente de servicio.
- Cuando el rango de progreso en el deterioro de funcionamiento es más rápido que el rango inicial de progreso que se predijo para un futuro cercano.

Es necesario considerar una categoría de mantenimiento y una investigación comprensiva acerca del período de servicio remanente, el ciclo de costo de vida, el presupuesto disponible, el impacto social del puente y la dificultad del mantenimiento.

Una medida correctiva apropiada debe ser planeada considerando el mecanismo de deterioro y el grado de deterioro. Cuando muchos métodos y materiales pueden ser aplicados a la medida correctiva seleccionada, es importante escoger el método y material más viable para el mecanismo y el grado de deterioro. Principalmente se debe prestar atención que el método de corrección es diferente para cada mecanismo de deterioro aunque el grado de deterioro sea el mismo.

Cuando la medida correctiva para el deterioro del puente es planeada, el nivel deseado de funcionamiento del puente debe ser determinado como se muestra en la tabla 10.3.1

En el caso de un serio deterioro que pone en riesgo otras partes en un futuro cercano, la medida correctiva apropiada debe ser llevada a cabo inmediatamente.

**Tabla 10.4.1. Medidas de Corrección Clasificadas por Nivel Deseado de Funcionamiento**

Funcionamiento	Grado Deseado de Medida		
	Grado medio de condición entre la condición de la etapa de finalización y el nivel existente	Misma condición de finalización	Condición más alta que la condición de etapa finalizada
Durabilidad	Reparación	Reparación o Reforzamiento	Reparación o Reforzamiento
Seguridad	Reparación o Reforzamiento	Reforzamiento	Reforzamiento
Servicio	Reparación o Reforzamiento	Reparación o Reforzamiento	Reforzamiento
Riesgo de daño de otras partes	Reparación	Reparación	-
Apariencia estética / paisaje	-	Mejoramiento de la apariencia	Mejoramiento de la apariencia



## 10.4.2 Tipos de Medidas de Corrección

Los tipos de medidas de corrección se clasifican en siete tipos, como se muestran a continuación, y las medidas se deben seleccionar de estos tipos.

### 1) Intensificación de la Inspección

La Intensificación de la inspección quiere decir una inspección fortalecida por el aumento de la frecuencia de inspección y/o el número de ítems de inspección. La frecuencia y el número de ítems de inspección deben ser determinados del resultado de algún criterio, juicio y el período de servicio remanente.

### 2) Reparación

El plan de reparación debe ser hecho con base al nivel deseado de funcionamiento del puente. El método y materiales para los trabajos de reparación deben ser seleccionados considerando los mecanismos de deterioro y el mantenimiento después de la reparación.

Los propósitos de reparación son la rehabilitación y mejoramiento de la durabilidad y exclusión del riesgo que pone en peligro otras partes en el futuro cercano. Es importante también que el trabajo de reparación pueda eliminar los factores de deterioro. Sin embargo, cuando sea difícil eliminar los factores de deterioro mediante los trabajos de reparación, deben ser tomadas medidas para controlar el progreso de deterioro.

El plan de política básica de reparación debe hacerse por la selección del método apropiado para el mecanismo de deterioro, estableciendo el nivel de reparación requerido, determinando la política de reparación, especificaciones para material y dimensión de sección y método de ejecución. La Tabla 10.4.3 resume los ejemplos de políticas de reparación, composición de trabajos de reparación y factores a ser considerados en el nivel de reparación.

**Tabla 10.4.2. Mecanismos de Deterioro y Plan de Reparación**

Mecanismos de Deterioro	Políticas de Reparación	Composición de trabajos de reparación	Factores que deben ser considerados para el nivel de reparación
Carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remover el concreto carbonatado.</li> <li>- Restricción para la infiltración de CO<sub>2</sub> y agua después de reparar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restauración de la parte carbonatada</li> <li>- Protección de la superficie</li> <li>- Re-alkalinización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remover la profundidad de concreto carbonatado</li> <li>- Método de protección de corrosión para el refuerzo</li> <li>- Material para parchar</li> <li>- Material protector de superficie</li> <li>- Espesor de protección</li> <li>- Alcalinidad del concreto</li> </ul>
Corrosión Salina	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remover el Cl- penetrado en concreto</li> <li>- Protección de penetración de Cl-, agua y oxígeno después de reparar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restauración de la parte carbonatada</li> <li>- Protección de la superficie</li> <li>- Desalineación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remover la profundidad del concreto penetrado por Cl-</li> <li>- Método de protección de corrosión para el refuerzo</li> <li>- Material para parchar</li> <li>- Material protector de superficie</li> <li>- Espesor de protección</li> <li>- Reducción del volumen de Cl-</li> </ul>

Ataque Químico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remover el concreto deteriorado.</li> <li>- Restricción de infiltración de deterioro induciendo químicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restauración de la parte deteriorada</li> <li>- Protección de la superficie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material para parchar</li> <li>- Material protector de superficie</li> <li>- Espesor de protección</li> <li>- Remover la profundidad del concreto deteriorado</li> </ul>
Reacción del agregado Alcalino	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restricción para provisión de agua</li> <li>- Liberación de agua interna</li> <li>- Restricción para provisión de alcalinos</li> <li>- Restricción de progreso de grietas (requiere más resistencia)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inyección en grietas</li> <li>- Protección en la superficie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material protector de superficie</li> <li>- Espesor de la protección</li> </ul>
Corrosión de los elementos de acero	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restauración de la parte corroída</li> <li>- Volver a pintar</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protección de la corrosión en elementos de acero</li> </ul>
Socavación en fundación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restauración del lugar de socavación</li> <li>- Protección alrededor de la fundación</li> </ul>	Protección por: <ul style="list-style-type: none"> <li>-Piedras Grandes</li> <li>-Gaviones</li> <li>-Bloques concreto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño del material y método.</li> </ul>

Los trabajos de reparación están compuestos por las siguientes obras:

- Reparación en grietas o descascaramiento, en el caso de estructuras de concreto y reparación de corrosión o descascaramiento de pintura en estructuras de acero.
- Reparación de partes deterioradas por iones de cloruro carbonatación, etc.
- Recubrimiento de la superficie para prevenir la penetración de sustancias riesgosas.

### 3) Reforzamiento

El Reforzamiento se lleva a cabo como la medida para restaurar o mejorar el funcionamiento mecánico del puente, como por ejemplo la capacidad de carga y rigidez del elemento. Cuando los resultados de la evaluación/criterio muestran que se requiere el reforzamiento del puente, es importante investigar su forma, dimensiones, distribución del acero de refuerzo y condiciones de esfuerzo de los elementos utilizando los planos de diseño y especificaciones, y además es importante medir la forma actual, dimensiones, distribución del acero y transformación en sitio.

Después de que el nivel apropiado de reforzamiento es determinado considerando la importancia del puente y el período de servicio remanente, la política básica del plan de reforzamiento debe ser elaborada. Y el método de reforzamiento debe ser seleccionado para satisfacer el nivel apropiado de refuerzo considerando la condición estructural, la condición de ejecución, durabilidad y dificultad de mantenimiento después del reforzamiento del puente. Además debe ser realizado con base a los resultados de la inspección, evaluación y criterios.

El nivel de reforzamiento es un grado de restauración o mejoramiento del funcionamiento mecánico como la capacidad de carga y rigidez del elemento. Esto debe ser determinado

considerando lo siguiente:

- El resultado de la evaluación/criterios.
- Deterioro de mecanismo(s)
- Características de la estructura del puente
- Importancia del puente.
- Condiciones de carga
- Facilidad de mantenimiento
- Período de servicio remanente

Los métodos principales de reforzamiento son clasificados como se muestran en la Tabla 10.4.3. Cuando el método de reforzamiento es seleccionado es necesario considerar el efecto en el refuerzo, la condición de ejecución, costo e influencia en la comunidad/medio ambiente durante la ejecución. Es notable que la facilidad de mantenimiento después del reforzamiento y la influencia en el medio ambiente deban de tomarse en consideración también.

**Tabla 10.4.3. Métodos Principales de Reforzamiento**

Reforzamiento	Cambio de elementos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconstrucción de losa</li> <li>- Cambio de elementos de acero</li> <li>- Cambio de apoyos</li> <li>- Cambio de juntas de expansión</li> </ul>
	Aumento de sección	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de espesor</li> <li>- Encamisado con Concreto</li> </ul>
	Adición de elementos y/o apoyos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adición de viga</li> <li>- Adición de soportes</li> </ul>
	Adición de refuerzo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adhesión con Placas de acero</li> <li>- Unión con FRP</li> <li>- Encamisado con placas de acero</li> <li>- Encamisado con FRP</li> <li>- Adición placas de acero a elementos de acero</li> </ul>
	Reforzamiento por preesfuerzo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Método del Cable Externo</li> </ul>
	Mejoramiento antisísmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la longitud de asiento (LA)</li> <li>- Instalar sistema preventivo de caída</li> </ul>
	Reconstrucción o refuerzo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de pilotes y extensión del cimiento</li> <li>- Reconstrucción de nuevas fundaciones</li> </ul>

#### 4) Mejoramiento de la Apariencia

El mejoramiento de la apariencia significa mejorar el paisaje, por ejemplo esto se puede lograr con el recubrimiento de la estructura o colocando una sobrecapa de concreto. El plan de mejora en la apariencia y el plan de ejecución deben ser hechos tomando en consideración el paisaje del área, el período remanente de servicio del puente y el mantenimiento después de los trabajos de mejoramiento.

#### 5) Mejoramiento en la Función del Puente

El mejoramiento en la función del puente quiere decir que la función del puente debe ser mejorada con respecto a la condición actual del puente con el aumento de un carril o la adición de una acera. Antes de iniciar el mejoramiento, el nivel deseado y el plan de ejecución debe ser escogido.

## 6) Restricción en el Servicio de Tráfico

Restricción en el servicio de tráfico significa limitar el uso, como por ejemplo con un límite en la carga de tráfico o un límite en la velocidad de los vehículos, etc. El grado y el método de la restricción impuesta para el uso debe ser determinada del resultado de evaluación, criterios e inspección.

## 7) Demolición/Remoción

Debe de considerarse como se va a tratar la condición del medio ambiente, seguridad, uso o eliminación de elementos después de la demolición o remoción del puente.

### 10.4.3 Nivel deseado de Funcionamiento del Puente

El nivel deseado de funcionamiento del puente después del mejoramiento debe ser determinado antes de realizar la planificación de las medidas de remedio para el deterioro del puente. El nivel deseado es clasificado en tres (3) niveles como se muestran a continuación.

- 1) Nivel medio de funcionamiento entre la etapa de finalización y la condición presente.
- 2) Mismo funcionamiento en la etapa de finalización.
- 3) Nivel más alto que el funcionamiento en la etapa de finalización.

En este estudio el nivel deseado de funcionamiento de los 10 puentes fue determinado como se muestra en la Tabla 10.4.4. La mayoría del nivel deseado de funcionamiento es mayor que el de la etapa de finalización. Por que estos 10 puentes fueron diseñados con la versión Antigua de AASHTO en la cual la carga viva es menor que la de la nueva versión y la carga de sismo no fue considerada.

De todos modos, si se reconoce que el deterioro afecta la seguridad de otras partes en el presente o en un futuro cercano, la apropiada medida correctiva para este deterioro debe llevarse a cabo inmediatamente.

**Tabla 10.4.4. Nivel deseado de Funcionamiento del Puente**

Elemento	Nivel Deseado
Losa	Asegurar la suficiente capacidad de carga para carga viva utilizada (HS20-25%)
	Mejorar la durabilidad de la losa de pavimento asfáltico y colocar impermeabilizante
Superestructura	Asegurar suficiente capacidad de carga para la capacidad permitida, regulada por AASHTO (Edición 17 2002) considerando carga adicional de reforzamiento de losa y pavimento asfáltico.
	Prevenir la caída de las vigas, aún en el momento de un sismo.
Subestructura	Asegurar la suficiente capacidad de carga para la capacidad permitida regulada por AASHTO (Edición 17 2002) en el momento de un sismo.
Fundaciones	Asegurar la suficiente capacidad de carga para la capacidad permitida regulada por AASHTO (Edición 17 2002) en el momento de un sismo.
Juntas de Expansión	Instalar juntas de expansión tipo no-drenables

#### 10.4.4 Evaluación del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento

Los métodos de rehabilitación, reforzamiento y mejoramiento que se aplican para los 10 puentes se muestran en el apéndice 7. A estos métodos se les asigna una clasificación de acuerdo a los tres grados del sistema de evaluación mostrado en la tabla 10.4.5. Los resultados de la evaluación para cada método se muestran en la tabla 10.4.6.

**Tabla 10.4.5. Sistema de Evaluación para el Método Seleccionado**

Ítem de Evaluación	Grado A	Grado B	Grado C
Costo	Bajo	Entre A y C	Alto
Periodo de Ejecución	Corto	Entre A y C	Largo
Control de Tráfico	No requiere control de tráfico	Requiere cierre del camino por pocas horas o control de tráfico en un lado	Requiere cierre del camino por más de un día
Radio de Aumento de Carga Muerta	No	Menos del 10 %	Más del 10%
Situación del Mercado de Material	Mercado está disponible en Costa Rica	No hay mercado en Costa Rica pero es fácil obtenerlo	Más difícil que B
Tamaño del Campo de Ejecución	El Campo de Ejecución puede ser colocado en el ancho del camino	El Campo de Ejecución puede ser colocado en una LINEA	Se requiere otro espacio cerca del sitio de la construcción
Influencia en el Medio Ambiente	No	Pequeño cambio en la formación del terreno dentro de una LINEA es necesario	Cambio en la formación del terreno fuera de una LINEA o material nocivo será requerido
Dificultad de Mantenimiento después del Reforzamiento	El presente Método de Inspección estará disponible	El presente método de Inspección estará disponible pero el inspector necesitará una observación más detallada.	Técnicas o instrumentos especiales serán necesarios
Condición Ejecutiva	Equipo y experiencia están disponibles en Costa Rica	El equipo está disponible pero la asistencia tecnológica va a ser necesaria.	El Equipo y experiencia no están disponibles en Costa Rica

**Tabla 10.4.6. Resultados de la Evaluación para Cada Método**

	Repair / Reinforcement Method	Costo	Periodo de Trabajo	Control de Tráfico	Incremento en el ancho	Preparación de materiales	Campo de ejecución	Influencia en el ambiente	Mantenimiento después del refuerzo	Grado de dificultad de ejecución
Deck Slab	Inyección y Relleno	B	B	A	A	B	A	A	A	B
	Recubrir o restaurar dimensión del miembro	C	C	A	A	B	A	A	A	B
	Cubrir superficie	A	A	A	A	A	A	A	A	B
	Refuerzo por laminas de FRP	C	A	A	A	C	A	A	C	B
	Incremento en el espesor de la losa (Colocando concreto sobre	A	B	B	B	A	A	A	A	B
	Incremento en el espesor de la losa (Colocando concreto por	B	B	A	B	B	A	A	B	B
	Construir nuevas vigas	B	B	A	B	A	A	A	A	A
	Reforzar por medio de Placas de acero	B	A	A	B	B	A	A	C	B
Main Girder	Reemplazar la losa	C	C	B	B	A	A	A	A	A
	Inyección y Llenado	B	B	A	A	B	A	A	A	B
	Restaurar la dimensión del miembro	C	C	A	A	B	A	A	A	B
	Cubrir superficie	A	A	A	A	A	A	A	A	B
	Refuerzo por laminas de FRP	C	A	A	A	C	A	A	C	B
	Incrementar la altura de la viga	B	B	A	B	B	A	A	B	B
	Reforzar por medio de Placas de acero	B	A	A	B	B	A	A	C	B
	Reforzar por medio de Cables externos	C	B	A	B	C	A	A	A	B
Substructure	Instalación de nuevas vigas principales	B	A	A	B	B	A	A	C	B
	Reforzar con placas de acero adicionales	A	A	A	B	A	A	A	A	A
	#REF!	B	B	A	A	B	A	A	A	B
	Restauración de las Dimensiones del Elemento	C	C	A	A	B	A	A	A	B
	Recubrir Superficie de Concreto	A	A	A	A	A	A	A	A	B
	Recubrimiento con Placas de Acero	B	B	A	A	A	A	B	B	B
	Recubrimiento con Hojas de Fibra de carbón	C	A	A	A	C	A	B	B	B
Fandation	Reinforced Concrete Jacketing	A	C	A	B	A	A	B	A	A
	Refuerzo con Presfuerzo	B	B	A	B	C	A	A	A	B
	Incremento de Pilotes y Extensión de la Fundación	B	B	A	B	A	A	B	A	A
	Incremento de Pilotes y Construcción de un Pila tipo	B	B	A	A	A	A	B	B	A
	Protección con Piedras de gran tamaño	A	A	A	-	A	A	B	A	A
Fandation	Protección con Gaviones	B	B	A	-	A	A	B	A	A
	Protección con Bloques de Concreto	C	C	A	-	A	A	B	A	A

## 10.4.5 Evaluación del Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento para los 10 Puentes

### 1) Selección del método para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento

Con el objetivo de alcanzar el nivel deseado de rehabilitación, reforzamiento y mejoramiento en los 10 puentes, el plan preliminar se llevó a cabo con base a la evaluación de costos respectivos, período de ejecución, condición de ejecución, dificultad de mantenimiento después del reforzamiento, influencia del tráfico, etc. Los métodos propuestos para rehabilitación, reforzamiento y mejoramiento para los 10 puentes están resumidos como se muestran en la Tabla 10.4.7.

**Tabla 10.4.7. Resumen de los Métodos Propuestos para los 10 Puentes**

Member	Bridge No.	2	3	7	12	16	17	19	20	26	29
	Bridge Name Remedial method	Rio Aranjuez	Rio Abangares	Rio Azufrado	Rio Puerto Nuevo	Rio Nuevo	Rio Chirripo	Rio Sarapiquí	Rio Sucio	Rio Chirripo	Rio Torres
Slab	Replacement	Apply	Apply								
	Bonded FRP or Steel plate				Apply	Apply					
	Increase Thickness			Apply							Apply
	Install additional stringer	Apply	Apply								
superstructure	Reinforced Additional Member	Apply	Apply		Apply for steel girder			Apply		Apply	
	PC Cable										Apply
	Bonded FRP or Steel plate				Apply for concrete girder	Apply					Apply
	install New Abutment			Apply							
	install New Support							Apply		Apply	
	Install Unseating Prevention System				Apply			Apply		Apply	
Abutment	widen the bearing base	Apply	Apply		Apply	Apply	Apply	Apply	Apply	Apply	Apply
	Slope Protection				Apply	Apply	Apply				
Pier	widen the bearing base	Apply	Apply		Apply	Apply		Apply		Apply	Apply
	Concrete Jacketing	Apply				Apply					Apply
	Protection for rolling stone						Apply		Apply		
Foundation	Expand Footing	Apply	Apply		Apply						Apply
	Reconstruction					Apply					
	Install Additional Pile							Apply			
Scouring	Protection of stone or mat gabion	Apply				Apply	Apply	Apply	Apply	Apply	Apply
Increase of inspection				Apply	Apply		Apply	Apply	Apply	Apply	

Cada idea básica para el método de rehabilitación, reforzamiento y mejoramiento es descrita a continuación. Y más detalles del método para cada puente se muestran de la tabla 10.4.10 a la 10.4.19.

#### a) Losa

- Debido a que las losas en los puentes de la ruta No.1 presentan mucho daño, el método de reemplazarlas ha sido seleccionado.
- Las losas de los puentes en la ruta No.2 no están tan dañadas, sin embargo de acuerdo con el resultado del análisis, su capacidad de carga es menor a la capacidad especificada en la carga viva actual (HS20+25%) y en algunos de los puentes de la ruta No.2, el espesor de la losa no cumple el mínimo requerido (17cm) especificado por la norma AASHTO (Edición 17 2002). Además la capacidad de carga de la viga es también menor que la

especificada en la carga viva utilizada actualmente (HS20+25%). Por lo que la losa debe ser reforzada por el método de unión con láminas de FRP o el método de unión con placas de acero para evitar el aumento de la carga muerta.

- En el caso de los puentes de la ruta No.4 y 32, los puentes fueron diseñados para carga HS20, y la capacidad de carga en la losa satisface el nivel de capacidad requerido en la norma AASHTO (Edición 17 2002). Sin embargo, se requiere la intensificación de la inspección aumentando la frecuencia de inspección en la losa. Y cuando se de un criterio de que el deterioro de la losa va en aumento, la losa debe ser reforzada por un método viable como el método de unión con láminas FRP, método unión con placas de acero y/o método de inyección para evitar el control de tráfico.
- En el caso del puente sobre el río Torres en la ruta 218, el puente nuevo fue construido al lado del puente viejo para aumentar el flujo por el aumento en el volumen de tráfico. La losa en el puente nuevo usado para el tráfico que va hacia San José tiene suficiente capacidad para la carga viva actual. Sin embargo por el volumen del tráfico pesado, la losa ha sido muy dañada. Por esto durante el trabajo de reforzamiento del puente, el otro puente puede ser utilizado como camino alternativo. El método, que consiste en aumentar el espesor de losa agregando concreto a la losa existente con refuerzo adicional, puede ser aplicado para este puente.

#### b) Viga (Cercha, Viga I Acero, Viga Concreto Reforzado, Viga I Preesforzado)

En el caso de los puentes diseñados de acuerdo a la carga viva antigua como HS15 o HS20, la capacidad de carga de la viga es menor que la capacidad requerida para la carga viva actual (HS20+25%). Por lo que el método de reforzamiento apropiado se muestra en la tabla que está a continuación debe ser seleccionado para evitar el aumento de la carga muerta.

**Tabla 10.4.8. Métodos de Rehabilitación para Viga Principal**

Tipo de Puente		Método de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento
Puente de Acero	Cercha	Reforzar con un elemento adicional para disminuir la longitud de pandeo
	Viga I	Reforzar con elemento adicional o preesfuerzo con el método de Cable externo
Puente Viga de Concreto Reforzado		Método de Unión con placas de acero o método de unión con FRP
Puente Marco Rígido Concreto Reforzado		Instalar un nuevo bastión para disminuir el momento flector de un tramo del Puente sobre el río Azufrado (No.7).
Puente Viga I Prefabricada		Reforzar con el método de unión con FRP o el método de Cable externo

#### c) Subestructura

Todos los 10 puentes tienen la suficiente capacidad de carga para la carga viva actual (HS20+25%). Sin embargo de acuerdo al resultado del análisis en algunas pilas, el esfuerzo del refuerzo para carga sismo es mayor que la capacidad de esfuerzo permitido especificado en la norma AASHTO (Edición 17 2002) como se muestra en la tabla a continuación.



**Tabla 10.4.9. Subestructuras Requeridas para Reforzamiento**

Nombre del Puente (No.)	Pila No.	Tipo de Pila	Dirección del Cargado
Puente sobre Río Aranjuez (No 2)	Pila (No.2)	Pared	Longitudinal
Puente sobre Río Nuevo (No.16)	Pila (No.1)	Marco Rígido	Longitudinal
Puente sobre Río Torres (No.29)	Pila (No.1)	Columna	Longitudinal y Transversal

El método de encamisado de concreto debe ser seleccionado para reforzar estas pilas. Para las pilas a las que no se les puede aumentar el ancho por causa de la condición del flujo del río o por la condición de ejecución, el método de encamisado con placas de acero o el método de encamisado con FRP también ha sido seleccionado para reforzar la pila

Además, cuando los trabajos de reforzamiento se convierten en trabajos de larga escala, se utiliza un sistema especial de apoyo, esto cuando la fuerza de momento sísmica de la superestructura no es transmitida a la subestructura por ese apoyo y se fractura por la carga de sismo.

#### **d) Fundación**

Todas las fundaciones de los 10 puentes tiene la suficiente capacidad de carga para la carga viva actual (HS20+25%).

Sin embargo, de acuerdo al resultado del análisis para carga de sismo, las fundaciones en los 10 puentes no son estables contra las componentes de soporte, volcamiento y deslizamiento. En el caso de fundaciones con pilotes, la capacidad de carga de las fundaciones con pilotes en el Puente sobre el Río Nuevo (No.16) y Puente sobre Río Sarapiquí (No.19) es menor que la fuerza generada por la carga de sismo.

Además, en el Puente sobre Río Nuevo (No.16) y el Puente sobre el Río Torres (No.29), se observó socavación de gran escala con una profundidad de más de 3 metros. Los pilotes de las pilas en el Puente sobre Río Nuevo han sobresalido de la tierra cerca de unos 2.5m. El reforzamiento de las pilas es requerido para ambos puentes.

Para el reforzamiento de las fundaciones del puente sobre río Nuevo (No16), se debe de construir una nueva fundación aumentando el número de pilotes y además la expansión del cimientto es requerida.

Cuando se hace el criterio de que ninguno de los dos métodos se pueden llevar a cabo debido a la condición del flujo del río y de la condición de ejecución, el sistema de apoyo, cuando la fuerza de momento sísmica de la superestructura no es transmitida a la subestructura por ese apoyo y se fractura por la carga de sismo, es empleado.

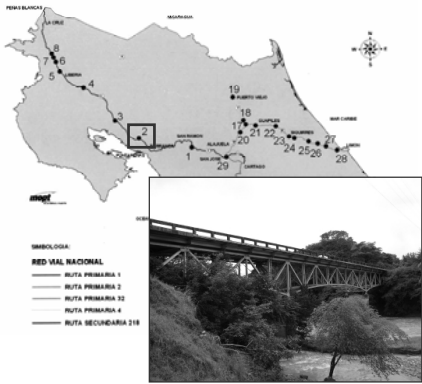
Con respecto a la medida para socavación en el lecho del río alrededor de la pila, los trabajos de protección con piedras grandes, gaviones o bloques de concreto deben ser aplicados. Los materiales y su tamaño deben ser seleccionados basados en la velocidad del flujo del río, descarga de inundación y la condición del lecho del río.

## **2) Otros**

Para aumentar la durabilidad de los puentes, otros trabajos de reparación listados a continuación deben ser requeridos.

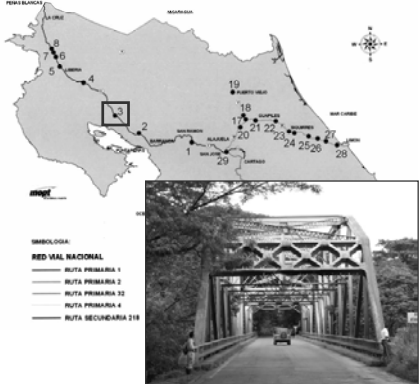
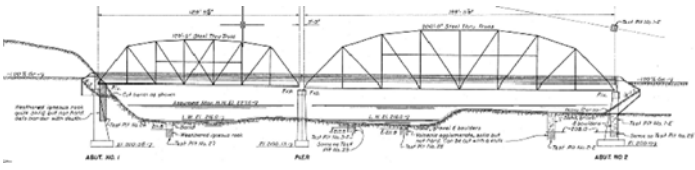
- i) Instalación de nuevas juntas de expansión de tipo no drenables para los 10 puentes.
- ii) Colocación de pavimento asfáltico (5cm de espesor) e impermeabilizante en la losa de concreto para los 10 puentes.
- iii) Reparación de protección de talud en frente de los bastiones.
- iv) Instalación del Sistema de Prevención de Falta de Asiento y/o ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento para los 10 puentes.
- v) Volver a pintar los elementos de acero en los puentes de vigas de acero.
- vi) Reemplazo de los apoyos por unos nuevos.
- vii) Reparación de defectos en la construcción o grietas.
- viii) Instalación de protección alrededor de la pila por piedras acarreadas por el flujo del río.
- ix) Instalación de tubos de drenaje.

**Tabla 10.4.10. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre río Aranjuez (No.2)**

<p><b>Localización</b></p>  <p> <b>RED VIAL NACIONAL</b>          — RUTA PRIMARIA 1          — RUTA PRIMARIA 2          — RUTA PRIMARIA 32          — RUTA PRIMARIA 4          — RUTA SECUNDARIA 218       </p>	<p><b>Vista Lateral</b></p> 
<p><b>Diseñado:</b> 17/11/1950</p>	<p><b>Finalización:</b> 1955</p>
<p> <b>Longitud:</b> 87.78m, <b>Carga Viva de Diseño:</b> H15-S12  <b>Sup:</b> Cercha Acero  <b>Sub:</b> Pila Tipo Pared, Bastión tipo Marco  <b>Fundación:</b> Fundaciones corridas       </p>	

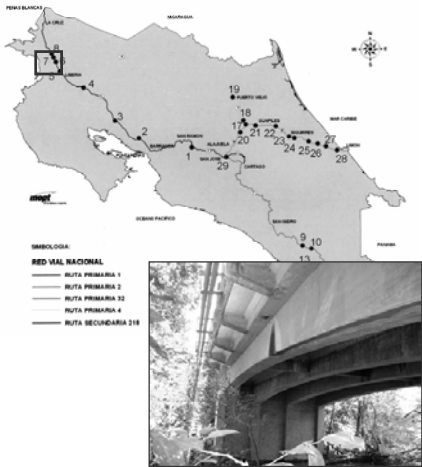
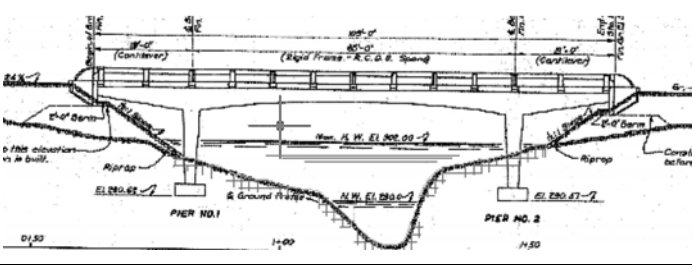
Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Elemento Cercha)	Reforzamiento con elemento adicional para disminuir la longitud de pandeo del miembro	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
	Volver a pintar los elementos de acero	Restaurar a la condición de la etapa final
Sistema de Arrostramiento Losa	Reemplazar la losa. Instalar vigas adicionales para disminuir espesor de losa, si es requerido.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
Bastión	Reparación de agrietamiento y exposición del refuerzo (Remover el concreto suelto y las varillas corroídas antes de colocar el concreto).	Restaurar a la condición de la etapa final
	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento ( $L_A$ ) para Mejoramiento antisísmico.	Mejoramiento antisísmico
Pila	Reforzamiento por Encamisado de concreto	Mejoramiento antisísmico
	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento ( $L_A$ ) para mejoramiento antisísmico.	
Fundación	Expansión del ancho del cimiento	Mejoramiento antisísmico
	Protección del lecho de río con piedras o gaviones	Protección contra socavación

**Tabla 10.4.11. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento para el Puentes sobre río Abangares (No.3)**

<p><b>Localización</b></p>  <p>                 SIMBOLOGIA:                  RED VIAL NACIONAL                  — RUTA PRIMARIA 1                  — RUTA PRIMARIA 2                  — RUTA PRIMARIA 32                  — RUTA PRIMARIA 4                  — RUTA SECUNDARIA 218             </p>	<p><b>Vista Lateral</b></p>  <p> <b>Diseñado: 07/03/1952      Finalización: 1953</b>  <b>Longitud: 101.34m, Carga Viva de Diseño: H15-S12-44</b>  <b>Sup: Cercha de Acero</b>  <b>Sub: Pila tipo pared, Bastión tipo Marco</b>  <b>Fundación: Fundación corrida</b> </p>
--	--

Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Elemento Cercha)	Reforzamiento con elemento adicional para disminuir la longitud de pandeo del miembro	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
	Volver a pintar los elementos de acero	Restaurar a la condición de la etapa final
Sistema de Arrostramiento Losa	Reemplazar la losa. Instalar vigas adicionales para disminuir espesor de losa, si es requerido.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
Bastión	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento ( $L_A$ ) para mejoramiento antisísmico.	Mejoramiento antisísmico
Pila	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento ( $L_A$ ) para mejoramiento antisísmico.	Mejoramiento antisísmico
Fundación	Expansión del ancho del cimiento	Mejoramiento antisísmico

**Tabla 10.4.12. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Azufrado (No.7)**

<p><b>Localización</b></p>  <p>RED VIAL NACIONAL          ——— RUTA PRIMARIA 1          ——— RUTA PRIMARIA 2          ——— RUTA PRIMARIA 4          ——— RUTA SECUNDARIA 218</p>	<p><b>Vista Lateral</b></p>  <p><b>Diseñado: 08/09/1953 Finalización: 1955</b></p> <p><b>Longitud: 31.39m, Carga Viva de Diseño: H15-S12-44</b>  <b>Sup: Marco Rígido de Concreto Reforzado</b>  <b>Sub: Marco Rígido</b>  <b>Fundación: Fundaciones corridas</b></p>
---	---

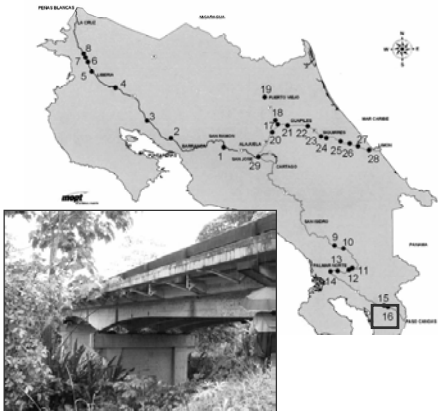
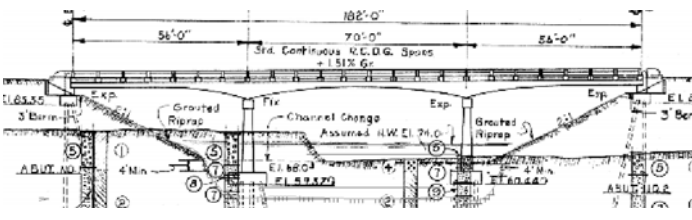
Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Baranda	Reparación de daños e instalación de una nueva baranda.	Restaurar a la condición de etapa final.
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Losa	Aumentar el espesor de la losa utilizando el método de colocación de concreto en la losa existente.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
Viga de Concreto	Instalación de un nuevo bastión para apoyar la viga de un lado del tramo.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
	Aumentar la frecuencia de inspección para observar el progreso de las grietas.	Observar el progreso de las grietas.
Pila y Fundación	Ejecutar una inspección periódicamente.	Observar el deterioro.

Tabla 10.4.13. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Puerto Nuevo (No.12)

<p><b>Localización</b></p> 	<p><b>Vista Lateral</b></p>  <p><b>Diseñado: 10/01/1958    Finalización: 1961</b></p> <p><b>Longitud: 104.89m, Carga Viva de Diseño: H15-S12-44</b>  <b>Sup: Viga de Acero y Vigas de Concreto Reforzado</b>  <b>Sub: Pila Tipo T, Bastión Marco Rígido</b>  <b>Fundación: Fundaciones corridas</b></p>
--	---

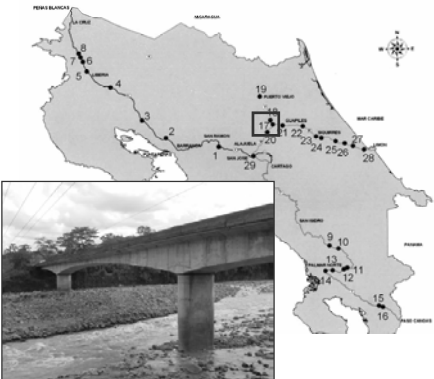
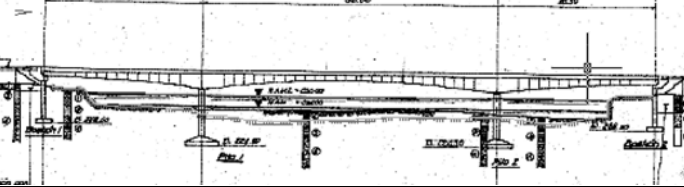
Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Viga I de Acero)	Reforzar adicionando un elemento o usando el método del cable externo.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
	Instalación del sistema de prevención de caída	Mejoramiento antisísmico
	Volver a pintar los elementos de acero	Restaurar a la condición de la etapa final
Viga Principal (Viga Concreto Reforzado)	Reforzar por el método de unión con láminas de FRP o método de unión con placas de acero.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
	Instalación del Sistema de Prevención de caída	Mejoramiento antisísmico
Losa	Reforzar con el método de Unión con láminas de FRP o el método de unión con placas de acero.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
Bastión	Reparar la protección del talud en frente del bastión.	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento ( $L_A$ ) para mejoramiento antisísmico.	Mejoramiento antisísmico
Pila	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento ( $L_A$ ) para mejoramiento antisísmico	Mejoramiento antisísmico
	Aumentar la frecuencia de inspección para observar el progreso de las grietas.	Observar el progreso de las grietas.
Fundación	Expansión del ancho del cimiento	Mejoramiento antisísmico

**Tabla 10.4.14. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Nuevo (No.16)**

<p><b>Localización</b></p> 	<p><b>Vista Lateral</b></p> 
<p><b>Diseñado: 19/12/1957      Finalización: 1961</b></p>	
<p><b>Longitud: 55.47m, Carga Viva de Diseño: H15-S12-44</b>  <b>Sup: Viga Continua de Concreto Reforzado.</b>  <b>Sub: Pila tipo Marco , Bastión Tipo T Revertido</b>  <b>Fundación: Fundación de pilotes</b></p>	

Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Viga Concreto Reforzado)	Reforzar por el método de unión con lámina FRP o método de Unión con Placas de Acero.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
Losa	Reforzar con el método de Unión con lámina FRP o el método de unión con placas de acero.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
Bastión	Reparar la protección del talud en frente del bastión.	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento ( $L_A$ ) para mejoramiento antisísmico.	Mejoramiento antisísmico
Pila	Reforzamiento con encamisado en Concreto	Mejoramiento antisísmico
	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento ( $L_A$ ) para mejoramiento antisísmico	
Fundación	Reconstrucción de una nueva fundación	Mejoramiento antisísmico
	Protección del lecho de río con gaviones o bloques de concreto	Protección contra socavación

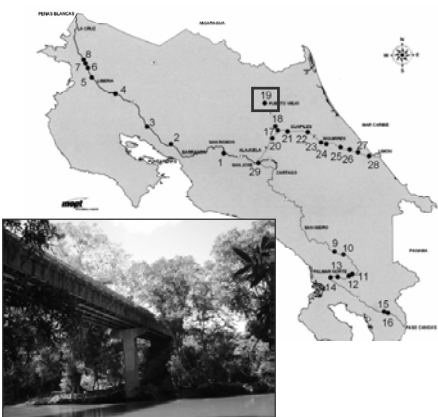

**Tabla 10.4.15. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Chirripó (No.17)**

<p><b>Localización</b></p> 	<p><b>Vista Lateral</b></p> 
<p><b>Diseñado: 03/1975      Finalización: 1978</b></p>	
<p><b>Longitud: 175.8m, Carga Viva de Diseño: HS20-44</b>  <b>Sup: Viga Cajón de Concreto</b>  <b>Sub: Pila tipo Pared, Bastión tipo Marco</b>  <b>Fundación: Fundaciones corridas</b></p>	

Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Viga Cajón Concreto Prefabricado)	Reparar defectos causados en la construcción	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Aumentar la frecuencia de inspección para observar deformación y el progreso del deterioro.	Observar la deformación y deterioro.
Bastión	Reparar la protección del talud en frente del bastión.	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento ( $L_A$ ) para mejoramiento antisísmico.	Mejoramiento antisísmico
Pila	Reparar agrietamiento y exposición del refuerzo.	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Instalación de protección alrededor de las pilas de rocas acarreadas por el flujo del río.	Mejorar durabilidad
Fundación	Protección del lecho de río con gaviones o bloques de concreto	Protección contra socavación

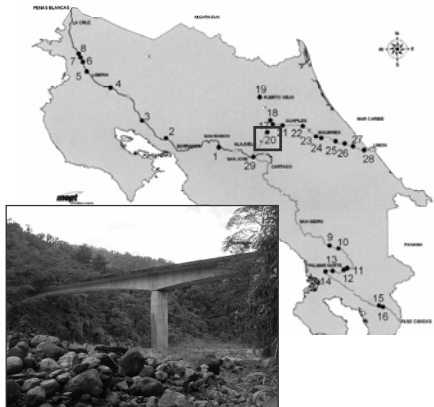
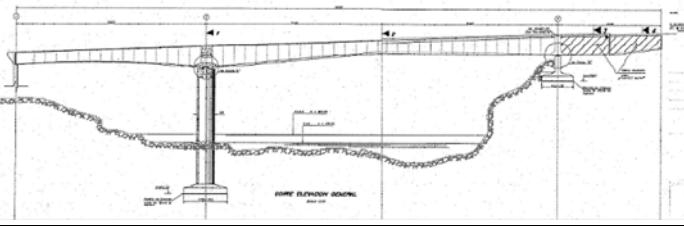


**Tabla 10.4.16. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Sarapiquí (No.19)**

<p><b>Localización</b></p> 	<p><b>Vista Lateral</b></p> 
<p><b>Diseñado: 12/1970      Finalización: 1978</b></p>	
<p><b>Longitud: 100.96m, Carga Viva de Diseño: HS15-44</b></p>	
<p><b>Sup: Viga I de Acero</b></p>	
<p><b>Sub: Pila tipo T, Bastión Tipo T Revertido</b></p>	
<p><b>Fundación: Fundación de Pilotes</b></p>	

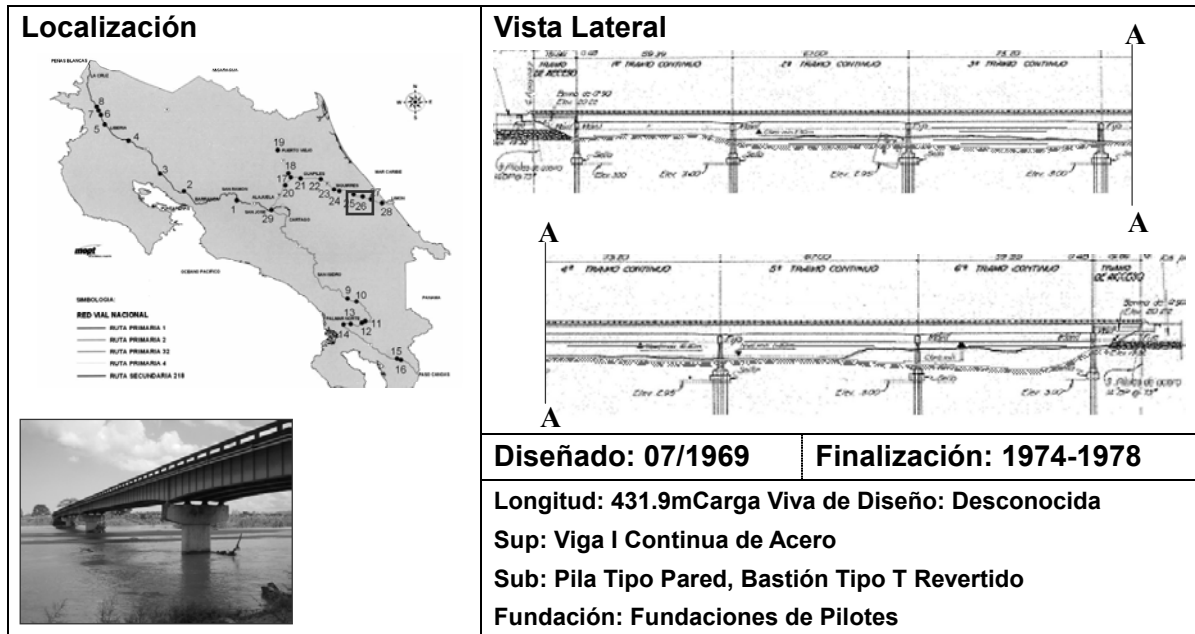
Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Viga I de Acero)	Reforzar adicionando un elemento	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
	Reparar la parte de sección de acortamiento en la viga y diafragma reemplazando con nuevas placas de acero.	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Instalación de nuevos apoyos para evitar el levantamiento de las vigas en ambos bastiones.	Mejorar durabilidad
	Instalación del sistema de prevención de caída en ambos bastiones y ambas articulaciones Gerber.	Mejoramiento antisísmico
	Volver a pintar los elementos de acero	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
Losa	Aumentar la frecuencia de inspección para observar el progreso de las grietas.	Observar el progreso de las grietas.
Bastión	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento ( $L_A$ ) para mejoramiento antisísmico	Mejoramiento antisísmico
Pila	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento ( $L_A$ ) para mejoramiento antisísmico	Mejoramiento antisísmico
Fundación	Reforzamiento adicionando pilotes y expandiendo el cimiento.	Mejoramiento antisísmico
	Proteger el lecho del río con gaviones.	Protección contra socavación.

**Tabla 10.4.17. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Sucio (No.20)**

<p><b>Localización</b></p> 	<p><b>Vista Lateral</b></p> 
<p><b>Diseñado: N.D. Finalización: N.D.</b></p>	
<p><b>Longitud: 187.25m, Carga Viva de Diseño: Desconocida</b>  <b>Sup: Viga Cajón de Concreto</b>  <b>Sub: Pila Cilindro Circular, Bastión tipo Marco</b>  <b>Fundación: Fundaciones corridas</b></p>	

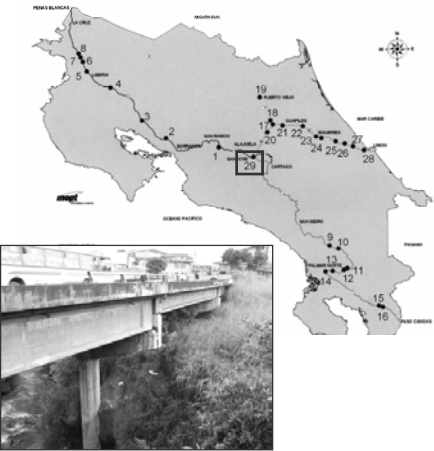
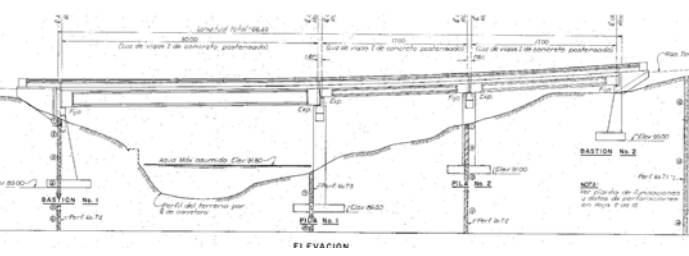
Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Viga Cajón Concreto Prefabricado)	Reparar defectos causados en la construcción	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Aumentar la frecuencia de inspección para observar deformación y el progreso del deterioro.	Observar la deformación y deterioro.
Bastión	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento ( $L_A$ ) para mejoramiento antisísmico	Mejoramiento antisísmico
Pila	Reparar agrietamiento.	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Instalación de protección alrededor de las pilas de rocas acarreadas por el flujo del río.	Mejorar durabilidad
Fundación	Protección del lecho de río con gaviones o bloques de concreto	Protección contra socavación

**Tabla 10.4.18. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Chirripó (No.26)**



Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Viga I de Acero)	Reforzar adicionando un elemento	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
	Volver las vigas a su posición original	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
	Instalación de nuevos apoyos para evitar el levantamiento de las vigas en ambos bastiones.	
	Instalación del sistema de prevención de caída.	Mejoramiento antisísmico
	Volver a pintar los elementos de acero	Restaurar la condición a la condición de la etapa final.
Losa	Aumentar la frecuencia de inspección para observar el progreso de las grietas.	Observar el progreso de las grietas.
Bastión	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento ( $L_A$ ) para mejoramiento antisísmico	Mejoramiento antisísmico
Pila	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento ( $L_A$ ) para mejoramiento antisísmico	Mejoramiento antisísmico
Fundación	Reforzamiento adicionando pilotes y expandiendo el cimientto.	Mejoramiento antisísmico
	Proteger el lecho del río con gaviones.	Protección contra socavación.

**Tabla 10.4.19. Plan de Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento del Puente sobre el río Torres (No.29)**

<p><b>Localización</b></p> 	<p><b>Vista Lateral</b></p>  <p><b>Diseñado: 05/1979</b>      <b>Finalización: N.D.</b></p> <p><b>Longitud: 66.46m, Carga Viva de Diseño: HS20-44</b>  <b>Sup: Viga I Concreto Postensado</b>  <b>Sub: Pila Tipo T, Bastión Tipo Marco</b>  <b>Fundación: Fundaciones corridas</b></p>
--	--

Lugar o elemento	Plan para Rehabilitación, Reforzamiento y Mejoramiento	Propósito de Reparación
Junta de Expansión	Instalación de nueva junta	Mejorar durabilidad
Pavimento	Colocar pavimento asfáltico (5cm espesor) e impermeabilizante en la losa.	Mejorar durabilidad
Drenaje	Instalación de tubos de drenaje para evitar la condición húmeda de la viga por drenaje de agua.	Mejorar durabilidad
Viga Principal (Viga I Postensada)	Reforzar con el método de unión con FRP o el método del Cable externo.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
Losa	Aumentar el espesor de la losa utilizando el método de colocación de concreto en la losa existente.	Mejorar capacidad de carga a la carga viva actual (HS20+25%)
Bastión	Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento ( $L_A$ ) para mejoramiento antisísmico	Mejoramiento antisísmico
Pila	Reforzar con el encamisado de concreto Ensanchamiento de la base de apoyo para mantener la Longitud de Asiento ( $L_A$ ) para mejoramiento antisísmico	Mejoramiento antisísmico
	Reparar las grietas con el método de inyección.	
Fundación	Expansión del cimiento.	Mejoramiento antisísmico
	Proteger el lecho del río con gaviones.	Protección contra socavación.