

Tabla 17.6.13 Selección del Tipo de Contramedidas de Prevención

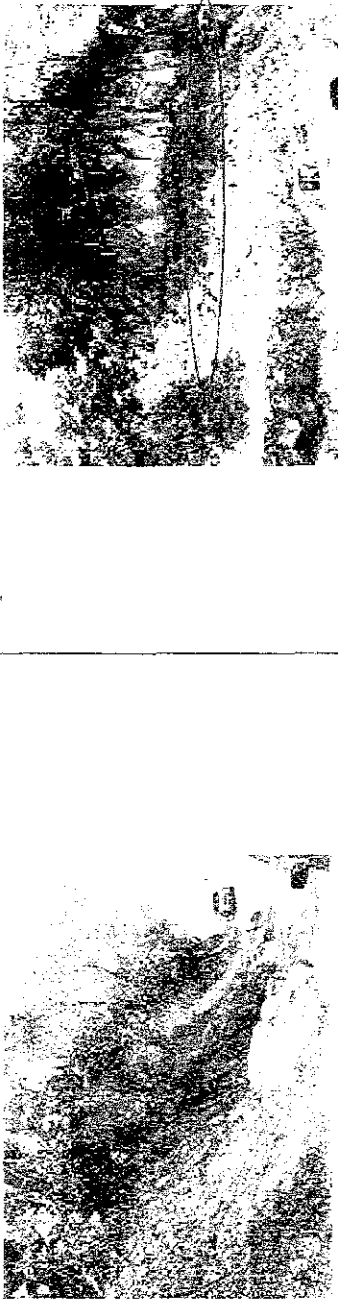
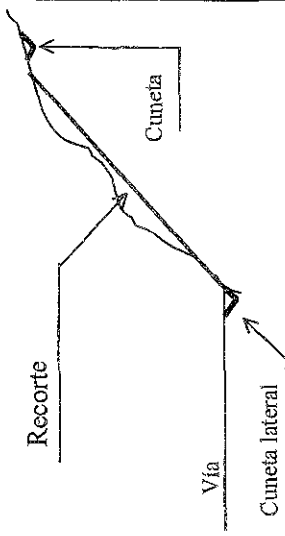
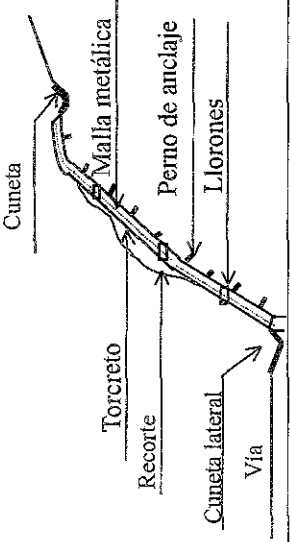
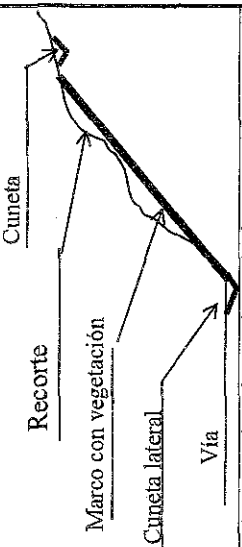
ID : N003B400	Topografía	Punta de pequeña loma	Altura y Gradiente	H = 8 ~ 18 m , θ = 33 ~ 48 deg.	Especie de Roca	Toba y parcialmente aglomerado
Impacto de Lluvia	Se rezuma agua desde grieta	Análisis de Estabilidad	Innecesario	Propósito de Contramedidas	Colapso de masa de roca y Falla de vuelco	
Estado del corte de talud	El periodo seco	El periodo lluvioso				
Comentario	En donde se indica con el círculo rojo, se observa que el agua superficial se rezuma en el pie del talud pasando por las grietas. En las tobas de la parte superior, se encuentran las grietas abiertas y la falla de vuelco.					
Contramedidas	<p><b>Recorte+ Drenaje</b></p> 	<p><b>Recorte+ Torcreto + Drenaje</b></p> 	<p><b>Recorte + Marco de concreto + Vegetación + Drenaje</b></p> 			
Aspecto técnico Aspecto estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prevención de meteorización a través de drenaje. ○</li> <li>- Se espera el crecimiento de vegetación natural. △</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es necesario ejecutar el recorte para la estabilidad. ◎</li> <li>- Tiene ventaja para prevención de meteorización. ◎</li> <li>- Falta la armonía con el ambiente aledaño. △</li> <li>- Es necesario tomar algunas medidas en la ejecución de obras. Después del término de obras no hay ninguna influencia. ○</li> <li>- Es necesario confirmar el movimiento de agua. △</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se necesita algún nivel técnico para ejecutar las obras de marco de concreto proyectado. ○</li> <li>- Tiene ventaja de estabilidad y prevención de meteorización. ○</li> <li>- Se previene la influencia en el ambiente a través del tratamiento vegetal en el marco de concreto. ○</li> <li>- Es necesario tomar algunas medidas en la ejecución de obras. Después del término de obras no hay ninguna influencia. ○</li> <li>- Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación. ○</li> <li>- Es eficiente para la meteorización. ○</li> <li>- El marco de concreto aumenta el costo. △</li> </ul>			
Aspecto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es necesario tomar algunas medidas en la ejecución de obras. Después del término de obras no hay ninguna influencia. ○</li> <li>- Después del recorte de rocas, el talud se deja sin tratamiento. Es necesario la inspección. △</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es más económica que otras tres alternativas. ◎</li> <li>- La instalación del sistema de drenaje sirve para la prevención de meteorización. Desde el punto de vista económica tiene más eficiencia. 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El costo medio entre tres alternativas. ○</li> <li>- Cuando haya mucha cantidad del agua, se provocará problema de durabilidad. 2</li> </ul>			
Influencia en la vía						
Aspecto de mantenimiento						
Aspecto económico						
Evaluación total			3			

Tabla 17.6.14 Selección del Tipo de Contramedidas de Prevención


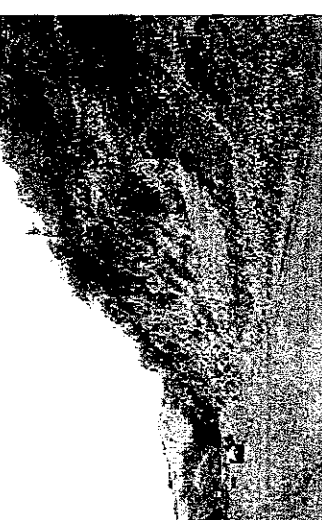
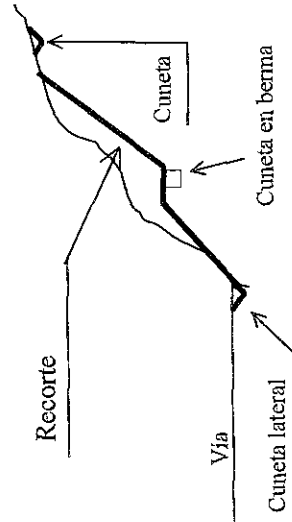
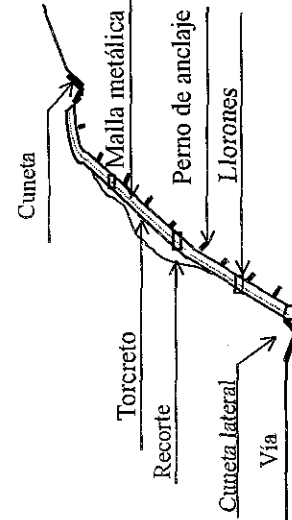
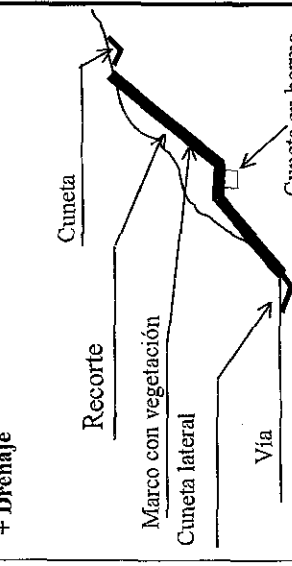
ID : N003B370	Topografía	Punta de pequeña loma	Altura y Gradiente	H = 8 ~ 18 m , θ = 45 ~ 53 deg.	Especie de Roca	Toba
	Impacto de Lluvia	Se rezuma agua desde grieta	Análisis de Estabilidad	Innecesario	Propósito de Contramedidas	Colapso de Masa de Roca
	El periodo seco					
	El periodo lluvioso					
Estado del corte de talud						
Comentario	Existen dos tipos de toba. La toba dentro del círculo blanco es la toba de la categoría II B, es dura y con grietas verticales. La toba de la parte inferior es de la II A, que la meteorización está bien avanzada. No se observa la salida de agua en el periodo lluvioso.					
Contramedidas	Recorte + Drenaje		Recorte + Torcreto + Drenaje		Recorte + Marco de concreto + Vegetación + Drenaje	
Aspecto técnico Aspecto estructural	No hay mucho problema de ejecución de obras. Se previene la meteorización a través de la instalación del sistema de drenaje.	○	Se necesitan maquinarias específicas. Tiene ventaja para prevenir la meteorización.	◎	Se necesita algún nivel técnico para ejecutar las obras de marco de concreto proyectado. Tiene ventaja de estabilidad y prevención de meteorización.	◎
Aspecto ambiental	Se espera el crecimiento de vegetación natural.	△	Falta la armonía con el ambiente aledaño.	△	Se previene la influencia en el ambiente a través del tratamiento vegetal en el marco de concreto.	○
Influencia en la vía	Es necesario tomar algunas medidas en la ejecución de obras. Después del término de obras no hay ninguna influencia.	○	Es necesario tomar algunas medidas en la ejecución de obras. Después del término de obras no hay ninguna influencia.	○	Es necesario tomar algunas medidas en la ejecución de obras. Después del término de obras no hay ninguna influencia.	○
Aspecto de mantenimiento	Después del recorte de rocas, el talud se deja sin tratamiento. Es necesario la inspección.	△	Es necesario confirmar el movimiento de agua.	△	Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación.	○
Aspecto económico	Es más económica que otras tres alternativas.	◎	El costo medio entre tres alternativas.	○	El marco de concreto aumenta el costo.	△
Evaluación total	Es económico y se puede cumplir el objetivo.	1	Cuando haya mucha cantidad de agua, provocará problema de durabilidad.	2	El marco de concreto es caro, pero no tiene mucha eficiencia como haya esperado.	3

Tabla 17.6.15 Selección del Tipo de Contramedidas de Prevención



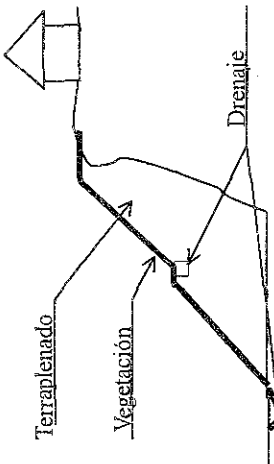
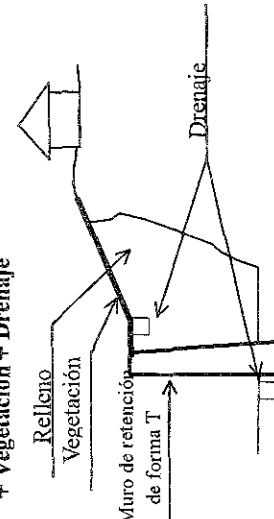
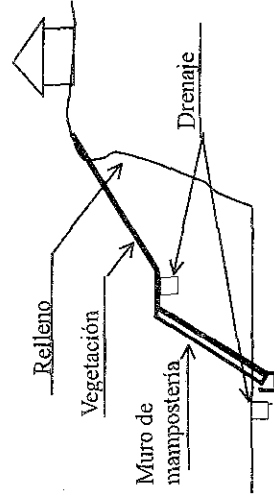
ID : N003B320	Topografía	Punta de pequeña loma	Altura y Gradiente	H = 7 ~ 9 m , θ = 48 ~ 75 deg.	Especie de Roca	Toba
Estado del corte de talud	Impacto de Lluvia	Se rezuma agua desde grieta	Análisis de Estabilidad	Innecesario	Propósito de Contramedidas	Colapso de masa de roca
	El período seco				El período lluvioso	
Comentario	La meteorización está avanzada y en el pie del talud se distribuye la escoria. Con esos, no tiene resistencia contra la lluvia y se colapsa rápidamente. En el período lluvioso, se observan aguas que se rezuman en donde se marcan con el círculo rojo.					
Contramedidas	<b>Terraplénado + Vegetación + Drenaje</b> 	<b>Muro de retención de forma T + Relleno + Vegetación + Drenaje</b> 	<b>Stone masonry + Refilling + Vegetation + Drainage</b> 			
Aspecto técnico Aspecto estructural	- Hay problema de uniformidad entre la loma natural y terraplénado. Δ	- La flojedad del relleno se puede evitar por construcción del muro de retención. ⊙	- La flojedad del relleno se puede evitar por construcción del muro de retención. ⊙			
Aspecto ambiental	- Se incorpora al ambiente aledaño a través del tratamiento vegetal. ⊙	- Es un poco imponente, pero se siente estable. ⊙	- Se incorpora al ambiente aledaño a través del tratamiento vegetal. ⊙			
Influencia en la vía	- No hay suficiente espacio. Δ	- No hay problema del espacio. ⊙	- No hay problema del espacio. ⊙			
Aspecto de mantenimiento	- Es necesario observar la flojedad del terraplén. Δ	- No se necesita el mantenimiento. ⊙	- No se necesita el mantenimiento. ⊙			
Aspecto económico	- Es más económico, pero hay problema del espacio. ⊙	- El costo aumenta por la construcción de estructura. Δ	- El costo aumenta por la construcción de estructura. Δ			
Evaluación total	- Es difícil de adoptar por el problema del espacio. 3	- Estructuralmente está muy estable. Desde el punto de vista del mantenimiento, es mejor que los demás. 1	- Estructuralmente está muy estable. Desde el punto de vista del mantenimiento, es mejor que los demás. 1			2

Tabla 17.6.16 Selección del Tipo de Contramedidas de Prevención



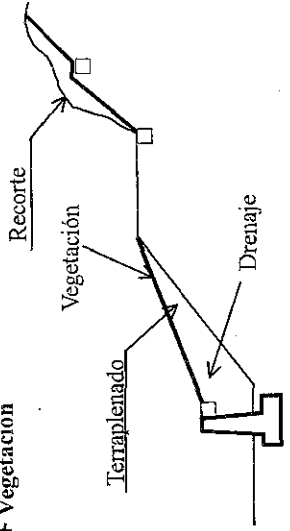
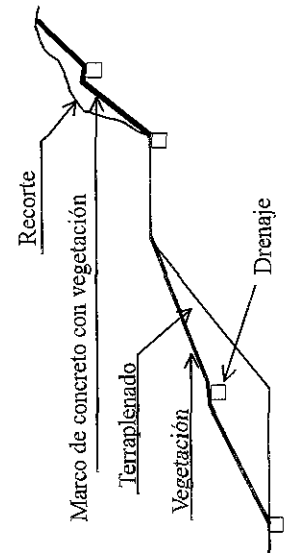
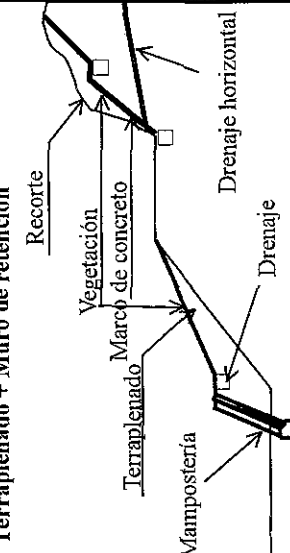
ID : N003B230	Topografía	Punta de pequeña loma	Altura y Gradiente	H = 8 ~ 16 m , θ = 48 ~ 60 deg.	Especie de Roca	Toba
	Impacto de Lluvia	Se rezuma agua desde grieta	Análisis de Estabilidad	Innecesario	Propósito de Contramedidas	Colapso de Masa de Roca, Deslizamiento de Tierra
Estado del corte de talud						
Comentario	<p>Además del avance de meteorización, el talud tiene características colapsables y no tiene resistencia contra lluvia. En el período lluvioso no se observó la anomalía notable en el terraplén, pero en el pie del talud formado por deslizamiento hay agua estancada (la marca blanca), y en donde se indica con el círculo rojo se observa el agua que se rezuma. También hay pequeño colapso.</p>					
Contramedidas	<p><b>Recorte+ Drenaje</b> <b>Terraplénado + Muro de retención de forma T + Vegetación</b></p> 	<p><b>Recorte + Marco de concreto + Vegetación + Drenaje + Terraplénado</b></p> 	<p><b>Recorte+ Marco de concreto + Vegetación + Drenaje + Terraplénado + Muro de retención</b></p> 			
Aspecto técnico Aspecto estructural	<p>--Se estabilizan el talud por medio del recorte de 45 grados y el terraplén por el muro de retención de forma T inverso.</p>	<p>--Se estabilizan el talud por medio del recorte de 45 grados y el terraplén por el taladro de banco.</p>	<p>--Se estabiliza el talud por medio del recorte de 45 grados y el terraplén por el muro de mampostería.</p>			
Aspecto ambiental	<p>--Se incorpora al ambiente aledaño. --En el talud se espera el crecimiento vegetal.</p>	<p>--El sitio está situado en la reserva natural y se necesita la recuperación vegetal. Por eso, es necesario instalar marco de concreto en el corte de talud.</p>	<p>--El sitio está situado en la reserva natural y se necesita la recuperación vegetal. Por eso, es necesario instalar marco de concreto en el corte de talud.</p>			
Influencia en la vía	<p>--En la etapa de obras, sólo hay un carril.</p>	<p>--En la etapa de obras, sólo hay un carril.</p>	<p>--En la etapa de obras, sólo hay un carril.</p>			
Aspecto de mantenimiento	<p>--Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación.</p>	<p>--Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación.</p>	<p>--Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación.</p>			
Aspecto económico	<p>--El muro de retención de forma T es muy caro.</p>	<p>--El muro de retención de forma T es muy caro.</p>	<p>--El muro de retención de forma T es muy caro.</p>			
Evaluación total	<p>--No es necesario construir muro en el lado de terraplén.</p>	<p>--Tiene ventaja de estabilidad del corte de talud y protección ambiental. Como está situado en la Reserva Natural, es necesario adoptar el marco de concreto para la recuperación vegetal.</p>	<p>--No es necesario construir la mampostería y drenaje horizontal en lado del terraplén.</p>			

Tabla 17.6.17 Selección del Tipo de Contramedidas de Prevención


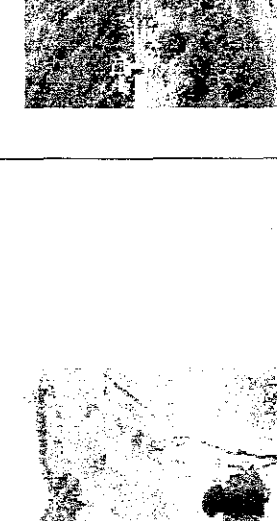

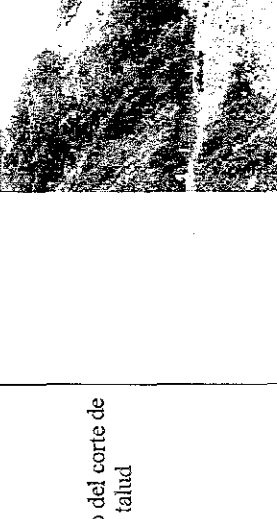
ID : N003BI70	Topografía Impacto de Lluvia El período seco	Montañosa Alud de fango	Altura y Gradiente Análisis de Estabilidad	$H = 10 \sim 22 \text{ m}$ $\theta = 45 \sim 62 \text{ deg}$ Innecesario	Especie de Roca Propósito de Contramedidas El período lluvioso	Alternación de toba y andesita (zona de alteración) Alud de Fango y Caída de Rocas	
Estado del corte de talud			La masa de roca está alterada y hay mucha variación de la dureza de roca. Por la influencia de aguas infiltradas, se observa el colapso de la capa superficial de la parte intermedia del talud. El tipo de desastre principal es la avenida repentina, o sea no es alud de fango				
Comentario	Recorte + Drenaje Presa de concreto + Alcantarilla de Caja		Recorte + Marco de concreto con vegetación + Drenaje + Presa de concreto + Alcantarilla de Caja Crest ditch Cribwork with vegetation Recorte Cuneta Presa concreto Superficie de vía aciñada				
Contramedidas			Recorte + Marco de concreto con vegetación + Drenaje + Presa de concreto con vegetación + Drenaje + Puente metálico 				
Aspecto técnico Aspecto estructural	No hay muchos problemas de ejecución.		No hay muchos problemas de ejecución.				
Aspecto ambiental	Se espera la recuperación natural de vegetación en el corte de roca. Hasta que la vegetación cubra el talud, falta la armonía con el paisaje aledaño.		Se incorpora al ambiente aledaño a través del tratamiento vegetal.				
Influencia en la vía	En la etapa de obras, es necesario el cambio de línea de la vía.		En la etapa de obras, es necesario el cambio de línea de la vía.				
Aspecto de mantenimiento	No hay mucha necesidad de mantenimiento.		Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación.				
Aspecto económico	Es menos costoso que las otras alternativas, pero es necesario algún costo de mantenimiento.		No se necesita mantenimiento del puente.				
Evaluación total	Por la instalación del sistema de drenaje, se protege la meteorización hasta cierto nivel.		La construcción del puente necesita mucho costo.				

Tabla 17.6.18 Selección del Tipo de Contramedidas de Prevención



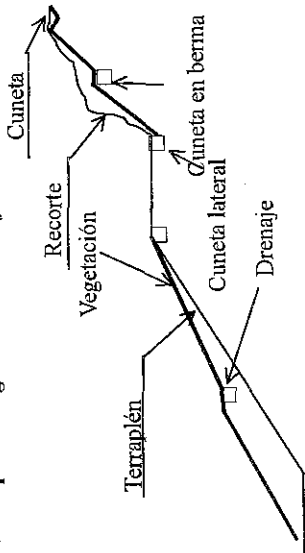
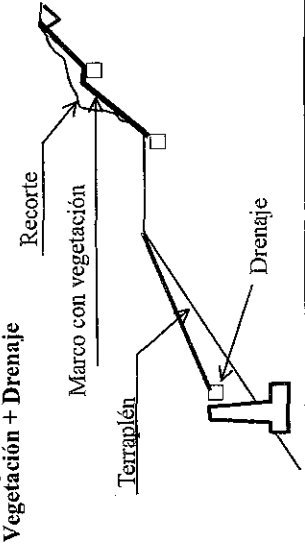
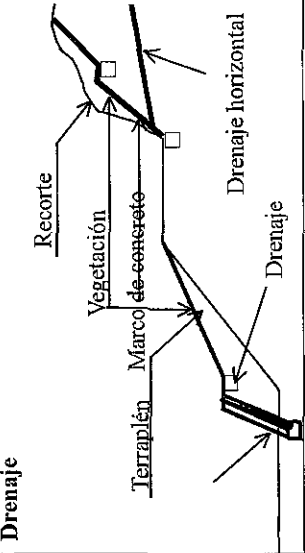
ID : N003C150	Topografía	Montañosa	Altura y Gradiente	Espeque de Roca	Toba
	Impacto de Lluvia	Se rezuma agua desde grieta	Análisis de Estabilidad	Propósito de Contramedidas	Deslizamiento de Tierra, Colapso de Masa de Roca
	El período seco			El período lluvioso	
Estado del corte de talud					
Comentario	La masa de roca es la toba bien meteorizada. El círculo rojo indica el sitio donde se encuentra el agua que se rezuma. El círculo blanco indica una parte del terreno formado por colapso y más a fondo se encuentra el talud formado por deslizamiento. Alrededor del pie de talud se encuentra la toba independiente.				
Contramedidas				<p><b>Recorte+ Drenaje</b> <b>Terraplén+ Vegetación + Drenaje</b></p>	<p><b>Recorte+ Marco con vegetación + Drenaje</b> <b>Terraplén + Muro de retención + Vegetación + Drenaje</b></p>
Aspecto técnico Aspecto estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se estabiliza el corte del talud por recorte del suelo coltivial.</li> <li>- Se estabiliza el lado de relleno por el taladro de banco.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La ejecución de obra de marco de concreto se exige cierto nivel de técnicas.</li> <li>- El marco es para el tratamiento vegetal, no para la estabilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No hay mucha dificultad de ejecución.</li> <li>- La ejecución de obra de marco de concreto exige cierto nivel de técnicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se incorpora al ambiente aledaño a través del tratamiento vegetal.</li> <li>- En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación.</li> <li>- El lado del relleno es la propiedad privado. No se necesita mucho espacio.</li> </ul>
Aspecto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En el corte de talud se espere crecer vegetación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se incorpora al ambiente aledaño a través del tratamiento vegetal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se incorpora al ambiente aledaño a través del tratamiento vegetal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación.</li> <li>- El lado del relleno es la propiedad privado. El espacio necesario es mediano entre las tres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El marco, mampostería y drenaje horizontal alzan el costo.</li> </ul>
Influencia en la vía	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El marco, mampostería y drenaje horizontal alzan el costo.</li> </ul>
Aspecto de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación.</li> <li>- El lado del relleno es la propiedad privado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación.</li> <li>- El lado del relleno es la propiedad privado. No se necesita mucho espacio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación.</li> <li>- El lado del relleno es la propiedad privado. No se necesita mucho espacio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación.</li> <li>- El lado del relleno es la propiedad privado. El espacio necesario es mediano entre las tres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El marco, mampostería y drenaje horizontal alzan el costo.</li> </ul>
Aspecto económico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es más económico que otras alternativas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El marco y muro de retención alzan el costo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El marco y muro de retención alzan el costo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El marco, mampostería y drenaje horizontal alzan el costo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El marco, mampostería y drenaje horizontal alzan el costo.</li> </ul>
Evaluación total	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es de bajo costo y de más eficiencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No son necesarios el marco en el corte de talud ni muro de retención en el terraplén.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No son necesarios el marco en el corte de talud ni muro de retención en el terraplén.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No son necesarios el muro de mampostería y drenaje horizontal en el terraplén.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No son necesarios el muro de mampostería y drenaje horizontal en el terraplén.</li> </ul>

Tabla 17.6.19 Selección del Tipo de Contramedidas de Prevención



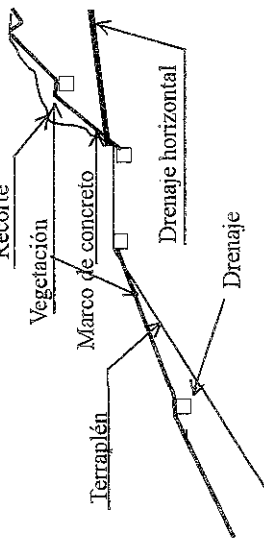
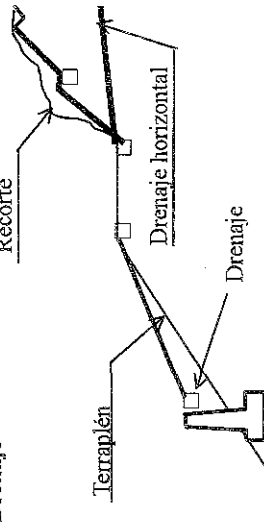
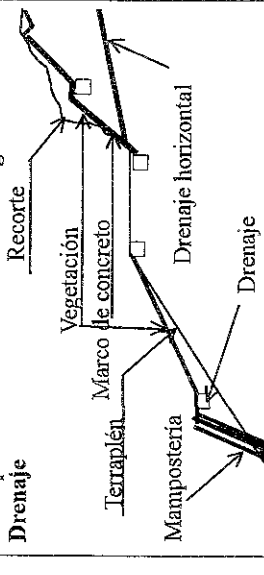
ID : N003C140	Topografía	Montañosa	Altura y Gradiente	H = 6 ~ 9 m θ = 45 ~ 60 deg.	Especie de Roca	Toba
	Impacto de Lluvia	Se rezuma agua desde grieta	Análisis de Estabilidad	Necesario	Propósito de Contramedidas	Deslizamiento de Tierra, Colapso de Masa de Roca
	El período seco				El período lluvioso	
	El período lluvioso					
Estado del corte de talud						
Comentario	La masa de roca es de toba bien meteorizada. Se encuentra el canal de agua en la masa y en el lado de terraplén hay huellas que se salió agua. Se estudió la instalación de florones a efectos de que no se elevara el nivel de agua. Conforme al resultado de la perforación, se exige el recorte del talud meteorizado tomando en consideración la existencia de iglesias. Para el lado del terraplén, se adoptan la obra de terraplén para contrapeso y el muro de retención de forma T inversa.					
Contramedidas	<p><b>Recorte + Marco con vegetación + Drenaje horizontal + Drenaje</b></p> <p><b>Terraplenado + Vegetación + Drenaje</b></p> 	<p><b>Recorte + Drenaje horizontal + Drenaje</b></p> <p><b>Terraplén + Muro de retención + Vegetación + Drenaje</b></p> 	<p><b>Recorte + Marco con vegetación + Drenaje + Drenaje horizontal</b></p> <p><b>Terraplén + Muro de retención + Vegetación + Drenaje</b></p> 			
Aspecto técnico	<p>Aspecto estructural</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La instalación de marco en el talud de corte es para tratamiento vegetal. No sirve para la estabilidad. ○</li> <li>- Se incorpora al ambiente alejando a través del tratamiento vegetal. ○</li> <li>- El tratamiento vegetal en el talud de corte se realiza con marco de concreto. ○</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La ejecución de obra de marco de concreto exige cierto nivel de técnicas ○</li> <li>- El muro de forma T inversa es más estable. ◎</li> <li>- Se espera la recuperación natural de vegetación en el talud del corte. △</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No hay dificultad técnica de obras. ○</li> <li>- La ejecución de obra de marco de concreto se exige cierto nivel de técnicas. ◎</li> <li>- Se incorpora al ambiente alejando a través del tratamiento vegetal. ○</li> <li>- El tratamiento vegetal en el talud de corte se realiza con marco de concreto. ○</li> </ul>			
Aspecto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril. ○</li> <li>- Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación. ○</li> <li>- Hay casas en el lado de terraplén. Se necesita más espacio que otras alternativas. △</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril. ○</li> <li>- Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación. ○</li> <li>- Hay casas en el lado de terraplén. Se necesita menos espacio que otras alternativas. ◎</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril. ○</li> <li>- Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación. ○</li> <li>- Hay casas en el lado de terraplén. La necesidad del espacio es intermedia entre las tres. ○</li> </ul>			
Influencia en la vía	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El marco alza el costo. ○</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El muro de retención de forma T alza el costo. ○</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El marco, mampostería alzan el costo. △</li> </ul>			
Aspecto de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se necesita mucho espacio y hay influencia en cafetal. 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es mejor alternativa que no necesita mucho espacio y no influye en cafetal. 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se necesita más espacio para el muro de retención de forma T inversa. 2</li> </ul>			
Aspecto económico						
Evaluación total						



Tabla 17.6.20 Selección del Tipo de Contramedidas de Prevención

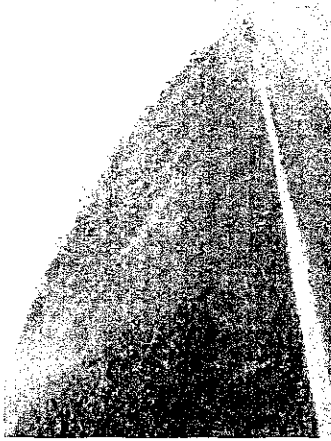

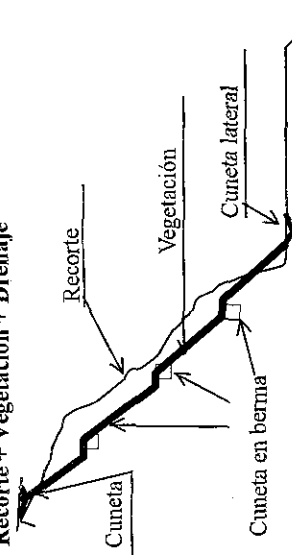
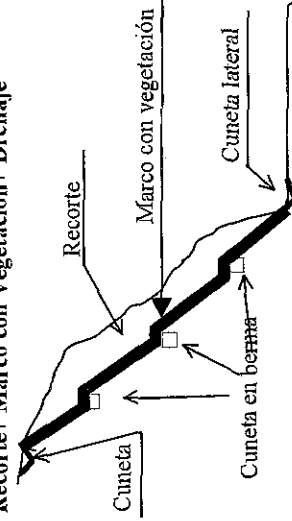
ID : N005B010	Topografía	Montañosa	Altura y Gradiente	H = 23 ~ 38 m , θ = 41 ~ 48 deg.	Especie de Roca	Depósito coluvial y toba
	Impacto de Lluvia	Escorrentamiento de agua en la superficie	Análisis de Estabilidad	Necesario	Propósito de Contramedidas	Caída de Rocas
Estado del corte de talud	El periodo seco			El periodo lluvioso		
Comentario	La mayoría es depósito coluvial encima de la toba. La carretera existente se construyó cortando el pie del depósito coluvial y se presenta inestabilidad. Después del deslizamiento se instaló la cuneta en el hombro del talud, pero se encuentra que se rezuma el agua infiltrada. Como el gradiente es muy pronunciado, suelen la caída y colapso de rocas.					
Contramedidas	Recorte+ Drenaje	Recorte + Vegetación + Drenaje	Recorte+ Marco con Vegetación+ Drenaje			
Aspecto técnico	Se estabiliza el talud y se previene la caída de rocas por medio del recorte con 35° de gradiente e instalación del sistema de drenaje.	A través del tratamiento vegetal se previene la meteorización.	Es la alternativa que facilita la sobre vivencia de la vegetación. No se puede esperar la eficiencia de marco para la estabilización del talud.	○	○	○
Aspecto estructural	Se espera la recuperación natural de vegetación.	El tratamiento vegetal en el suelo rocoso es difícil.	Se incorpora al ambiente aledaño a través del tratamiento vegetal en el marco.	△	○	○
Aspecto ambiental	En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril.	En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril.	En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril.	○	○	○
Influencia en la vía	El mantenimiento del talud es necesario.	Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación.	Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación.	△	△	△
Aspecto de mantenimiento	Es más económico.	Se necesita el costo de mantenimiento del tratamiento vegetal.	El marco de concreto alza el costo.	◎	○	△
Aspecto económico	Es de bajo costo y más eficiente.	No se puede esperar la eficiencia del tratamiento vegetal.	No se equilibran el costo de marco y la eficiencia vegetal.	1	3	2
Evaluación total						



Tabla 17.6.21 Selección del Tipo de Contramedidas de Prevención



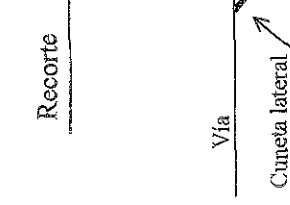
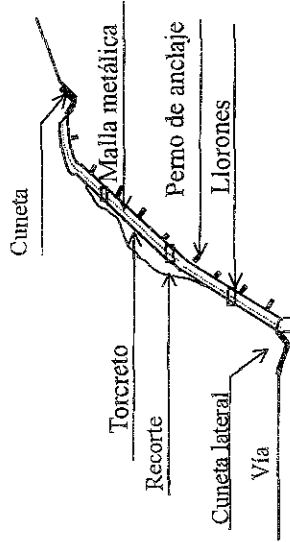
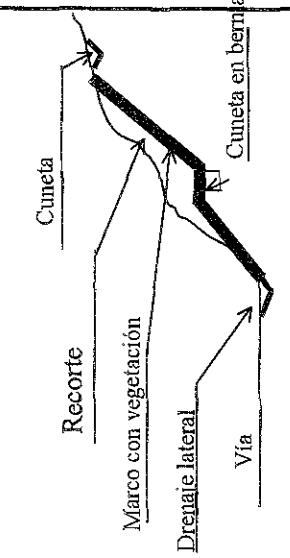
ID : N0026A060	Topografía	Montañosa	Altura y Gradiente	H = 9 ~ 14 m , θ = 53 ~ 63 deg.	Especie de Roca	Tobaf
	Impacto de Lluvia	Se rezuma desde grietas	Análisis de Estabilidad	Innecesario	Propósito de Contramedidas	Caída de rocas
Estado del corte de talud	El período seco			El período lluvioso		
Comentario	En el período lluvioso se observan muchas fisilidades y caída de rocas. A través del colapso de toba, la andesita de la parte superior forma el voladizo y provoca caída de las rocas. La toba se destroza por repetición de los períodos secos y lluviosos y se colapsa a lo largo de grietas.					
Contramedidas	<p><b>Recorte + Vegetación + Drenaje</b></p> 	<p><b>Recorte + Torcretado + Drenaje</b></p> 	<p><b>Recorte + Marco con vegetación + Drenaje</b></p> 			
Aspecto técnico	<ul style="list-style-type: none"> <li>No hay muchos problemas de ejecución de obras.</li> <li>Si se deja el talud del corte sin tratamiento, hay problema de protección contra meteorización. △</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se necesitan maquinarias específicas.</li> <li>Tiene ventaja de prevención de meteorización. ⊙</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La ejecución de obra de marco de concreto exige cierto nivel de técnicas ⊙</li> </ul>			
Aspecto estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se espera el crecimiento natural de vegetación. △</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta la armonía con el ambiente aledaño. △</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se incorpora al ambiente aledaño a través del tratamiento vegetal en el marco. ○</li> </ul>			
Aspecto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es necesario tomar algunas medidas en la ejecución de obras. Después del término de obras no hay ninguna influencia. ○</li> <li>Como no se ejecutan más obras que el recorte, se necesita mantener el talud hasta que crezca la vegetación natural. △</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es necesario tomar algunas medidas en la ejecución de obras. Después del término de obras no hay ninguna influencia. ○</li> <li>Se necesita confirmar el movimiento de agua. ○</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es necesario tomar algunas medidas en la ejecución de obras. Después del término de obras no hay ninguna influencia. ○</li> <li>Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación. ○</li> <li>Es muy eficiente para prevención de meteorización ○</li> </ul>			
Influencia en la vía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es más económica que otras alternativas. ⊙</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El costo medio entre tres alternativas. ○</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El marco de concreto alza el costo. △</li> </ul>			
Aspecto de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>No es recomendable desde el punto de vista ambiental y de mantenimiento. 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiene más eficiencia para la prevención de meteorización 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiene ventaja de estabilidad y protección ambiental, pero es alto costo. 3</li> </ul>			
Aspecto económico						
Evaluación total						

Tabla 17.6.22 Selección del Tipo de Contramedidas de Prevención



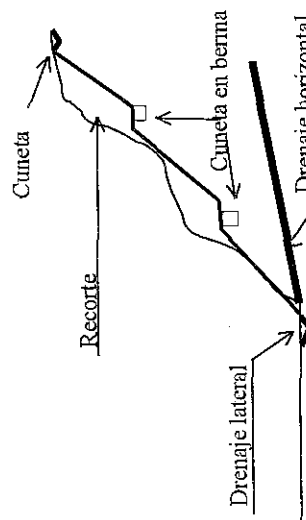
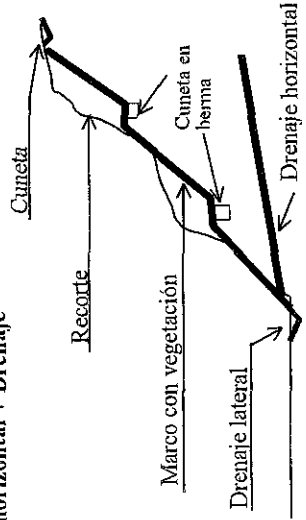
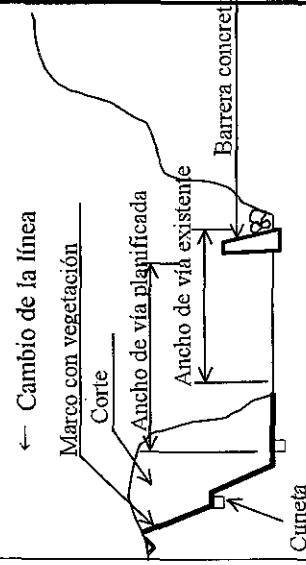
ID : N0026B140	Topografía	Montañosa	Altura y Gradiente	H = 11 ~ 33 m , θ = 50 ~ 60 deg.	Especie de Roca	Toba y Andesita. Una parte se ubica en la zona de trituración.
	Impacto de Lluvia	Aguas superficiales Esguerramiento	Análisis de Estabilidad	Necesario	Propósito de Contramedidas	Colapso de Masa de Roca
Estado del corte de talud					El periodo lluvioso	
Comentario	El ancho de zona de trituración de toba es 50m y el grado del talud formado por deslizamiento es 60. El talud presenta gran inestabilidad. Las rocas caídas se observaron en el periodo seco como se muestra en la foto, y en el periodo lluvioso ocurrieron más caídas. Está planteado el recorte de talud con 40°. En ambos lados de zona de trituración se encuentran pequeño colapso y caída de rocas. Se observa el agua que se rezuma desde las grietas.					
Contramedidas	<p><b>Recorte + Drenaje horizontal + Drenaje lateral</b></p>  <p>Labels: Recorte, Cuneta, Drenaje horizontal, Drenaje lateral, Cuneta en berma.</p>		<p><b>Recorte + Marco con vegetación + Drenaje horizontal + Drenaje lateral</b></p>  <p>Labels: Recorte, Marco con vegetación, Cuneta en herma, Drenaje lateral, Drenaje horizontal, Cuneta.</p>		<p><b>Cambio de la línea</b></p>  <p>Labels: Cambio de la línea, Marco con vegetación, Corte, Ancho de vía planificada, Ancho de vía existente, Barrera concreto, Cuneta.</p>	
Aspecto técnico Aspecto estructural	<p>--Se estabiliza el talud a través de la ejecución del recorte de 40° en la zona de trituración y 55° en otras partes e instalación de drenaje horizontal. ○</p> <p>--Se incorpora el crecimiento natural de vegetación. △</p>		<p>--Se ejecuta las obras de marco de concreto proyectado para la vegetación y el aumento de estabilidad. ○</p> <p>--Se incorpora al ambiente alrededor a través del tratamiento vegetal en el marco. ○</p>		<p>--Se cambia la línea. Se construye el muro de retención a un lado del talud y se corta el otro lado del talud. △</p> <p>--En la parte del corte de talud se ejecuta el tratamiento vegetal, pero por otro lado no se ejecuta nada. No es tan recomendable. △</p>	
Aspecto ambiental	<p>--En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril. ○</p>		<p>--En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril. ○</p>		<p>--En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril. ○</p>	
Influencia en la vía	<p>--Como no se ejecutan más obras que el recorte, se necesita mantener el talud hasta que crezca la vegetación natural. △</p>		<p>--Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación. ○</p>		<p>--El lado del corte no necesita del mantenimiento, pero el otro lado si lo necesita. ○</p>	
Aspecto de mantenimiento	<p>--El costo es más barato. ◎</p>		<p>--El marco de concreto alza el costo. △</p>		<p>--Las obras del lado del talud y la construcción del muro implican altos costos. △</p>	
Aspecto económico	<p>◎</p>		<p>△</p>		<p>△</p>	
Evaluación total	<p>1</p>		<p>2</p>		<p>3</p>	

Tabla 17.6.23 Selección del Tipo de Contramedidas de Prevención



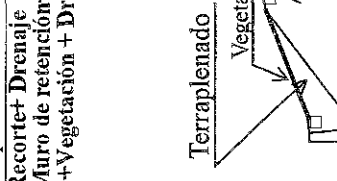
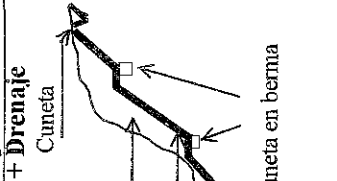
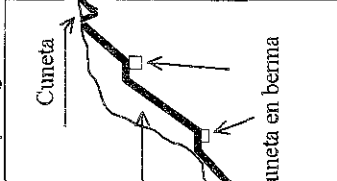
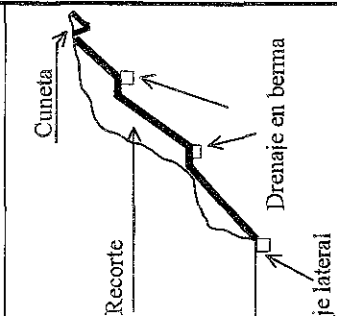


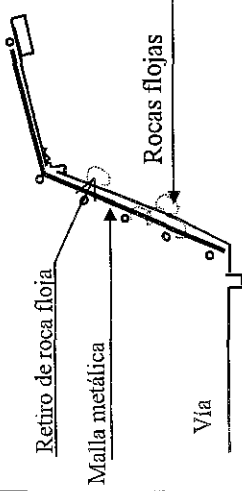
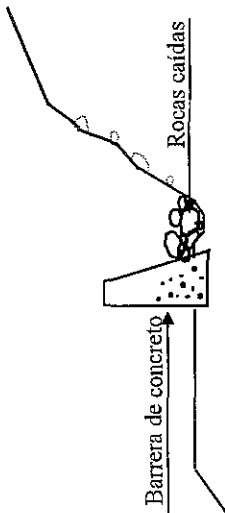
ID : N0026A150	Topografía	Montañosa	Altura y Gradiente	H = 18 ~ 56 m. θ = 48 ~ 56 deg.	Especie de Roca	Aglomerado, Toba y Andesita (Zona de alteración)
	Impacto de Lluvia	Aguas superficiales	Análisis de Estabilidad	Necesario	Propósito de Contramedidas	Caída de Roca
Estado del corte de talud					El período lluvioso	
Comentario	Todo talud se convirtió en roca frágil por medio de alteración. El círculo rojo indica el terreno formado por colapso y se encuentra la sedimentación de rocas caídas y colapsadas. El corte de talud es colapsable y las gravas alcanzan hasta la vía. Se observan las aguas que se rezuma en cuatro sitios en el período lluvioso.					
Contramedidas	<p><b>Recorte+ Drenaje</b> <b>Muro de retención+ Terraplénado +Vegetación + Drenaje</b></p>  <p><b>Recorte + Drenaje</b></p> 		<p><b>Recorte + Marco con vegetación + Drenaje</b> <b>Terraplénado + Vegetación + Drenaje</b></p> 		<p><b>Recorte + Drenaje</b></p> 	
Aspecto técnico Aspecto estructural	<p>Se estabiliza el talud y se previene caída de rocas por el recorte de 55 grados de gradiente. Se instala el muro de retención en el lado de relleno.</p>		<p>Para las obras de vegetación y estabilización, se ejecuta la obra del marco de concreto. En el lado del relleno se ejecuta el taladro de banco.</p>		<p>Se estabiliza el talud y se previene caída de rocas por el recorte de 55 grados de gradiente. Se instala el drenaje en los hombros.</p>	
Aspecto ambiental	<p>Se espera el crecimiento natural de vegetación.</p>		<p>El tratamiento vegetal en el suelo rocoso es difícil.</p>		<p>Se espera el crecimiento de vegetación natural en el talud de corte.</p>	
Influencia en la vía	<p>En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril.</p>		<p>En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril.</p>		<p>En la etapa de obras, se puede usar sólo un carril.</p>	
Aspecto de mantenimiento	<p>Como no se ejecutan más obras que el recorte, se necesita mantener el talud hasta que crezca la vegetación natural.</p>		<p>Se necesita mantenimiento hasta que sobreviva la vegetación.</p>		<p>No se necesita el mantenimiento.</p>	
Aspecto económico	<p>La construcción del muro alza el costo.</p>		<p>El marco de concreto alza el costo.</p>		<p>Es más barato.</p>	
Evaluación total	<p>No se necesita construir el muro en el lado del relleno. Se estabiliza el talud por el recorte e instalación del sistema de drenaje.</p>		<p>No se necesita la obra de terraplén para contrapeso. El marco de concreto no tiene mucha eficiencia para la estabilización del talud.</p>		<p>En la parte del relleno, se estabiliza por instalar drenaje lateral, y en la parte del talud se estabiliza por recorte y drenaje cuyos costos son baratos.</p>	
	3		2		1	

Tabla 17.6.24 Selección del Tipo de Contramedidas de Prevención

ID : N0026B160	Topografía	Montañosa	Altura y Gradiente	H = 11 ~ 22 m , θ = 53 ~ 70 deg.	Especie de Roca	Toba y andesita
	Impacto de Lluvia	Se rezuma el agua desde las grietas	Análisis de Estabilidad	Necesario	Propósito de Contramedidas	Colapso de masa de roca
Estado del corte de talud					El período lluvioso	
Comentario	Se observa la falla de vuelco por abrirse las grietas en andesita. Hay que retirar las rocas desprendidas.					
Contramedidas	Remoción+ Barrera con muro de gavión +Drenaje	Remoción+Malla de Prevención + Drenaje	Remoción+ Barrera con muro de concreto + Drenaje			
Aspecto técnico Aspecto estructural	Debido al tamaño de rocas caídas, posiblemente el gavión falle temprano. <input type="checkbox"/>	No hay experiencia en Nicaragua. <input type="checkbox"/>	Debido al tamaño de rocas caídas, el muro será demasiado grande. <input type="checkbox"/>			
Aspecto ambiental	Empeoramiento ambiental por los materiales de gaviones que salen fuera a través de la falla de los alambres. <input type="checkbox"/>	Se necesita talar una parte de árboles del talud. <input type="checkbox"/>	Falta la armonía con el paisaje aledaño por la construcción del muro. <input type="checkbox"/>			
Influencia en la vía	Es imposible evitar completamente que las rocas caídas salten y alcancen la vía. <input type="checkbox"/>	No hay problema <input checked="" type="radio"/>	Es imposible evitar completamente que las rocas caídas salten y alcancen la vía. <input type="checkbox"/>			
Aspecto de mantenimiento	No hay suficiente espacio para la instalación. <input type="checkbox"/>	Depende de la durabilidad del alambre. <input type="checkbox"/>	Es necesario retirar las rocas acumuladas. <input type="checkbox"/>			
Aspecto económico	Depende de la durabilidad del alambre. <input type="checkbox"/>	La malla es cara, pero no se necesita mucho costo de mantenimiento. <input type="checkbox"/>	Es necesario retirar las rocas acumuladas. <input type="checkbox"/>			
Evaluación total	Es más barata que otras alternativas. <input type="checkbox"/>	Es eficiente y no hay problema ambiental. <input type="checkbox"/>	El costo medio entre tres alternativas. <input type="checkbox"/>			
	Es difícil adoptar por el problema del espacio y la durabilidad. <input type="checkbox"/>		Es difícil adoptar por el problema del espacio. <input type="checkbox"/>			
						2
						1
						3

## 17.6.2 Selección de Contramedidas para la Socavación de Cimiento de Puente

### 1) Junquillal

Como el resultado del análisis hidrológico, falta la sección en donde se ubica el puente, se necesita tomar alguna contramedida como se indica abajo.

Alternativa 1 Construcción de nuevo puente que tiene suficiente sección del cálculo.

Alternativa 2 Asegurar la sección necesaria a través de colocar las cajas en ambos lados del puente existente.

Sin embargo, este es el río natural sin borde y no hay mucha diferencia del nivel entre el lecho del río y del terreno adyacente, por lo tanto se puede considerar que hay menor posibilidad de que esté estancada el agua en NIC 1 alrededor del puente aunque haya máxima precipitación supuesta por período de retorno de cien años. A pesar de todo, existe el avance de socavación en la parte del pilar del puente (la dimensión de 4~5m alrededor del puente, Foto-17.6.1). De modo que se toma las medidas contra la socavación de cimiento del puente existente. En futuro, cuando se realice la regulación del cauce y la construcción de borde, es deseable que se construya nuevo puente con sección necesaria.

Los materiales de obras supuestas son como indican en 17.2.2;

- ① Gavión
- ② Obra de protección de piso con hormigón
- ③ Bloque premoldeado de hormigón

Con las razones abajo mencionadas se adopta la obra de protección de piso con bavión. (Figura 17.6.1)

- El lecho consiste en el suelo cohesivo cuya resistencia es pequeña y posibilita el hundimiento diferencial. El hormigón y bloque de hormigón posiblemente provoquen hundimiento, deformación y fractura por falta de resistencia.
- Al contrario, los gaviones se responden al hundimiento diferencial y deformación, y tienen facilidad de reparación después de que se deformen.
- Alrededor del puente se extienden los arrozales y es recomendable seleccionar obras de menor posibilidad de contaminación de calidad de agua.
- Como la velocidad de corriente de agua es lenta, no hay necesidad de que los materiales de protección tengan peso.

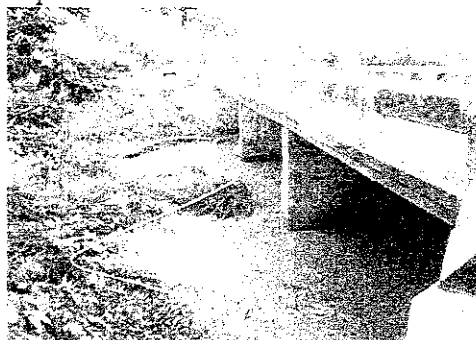


Foto 17.6.1 Huella de socavación

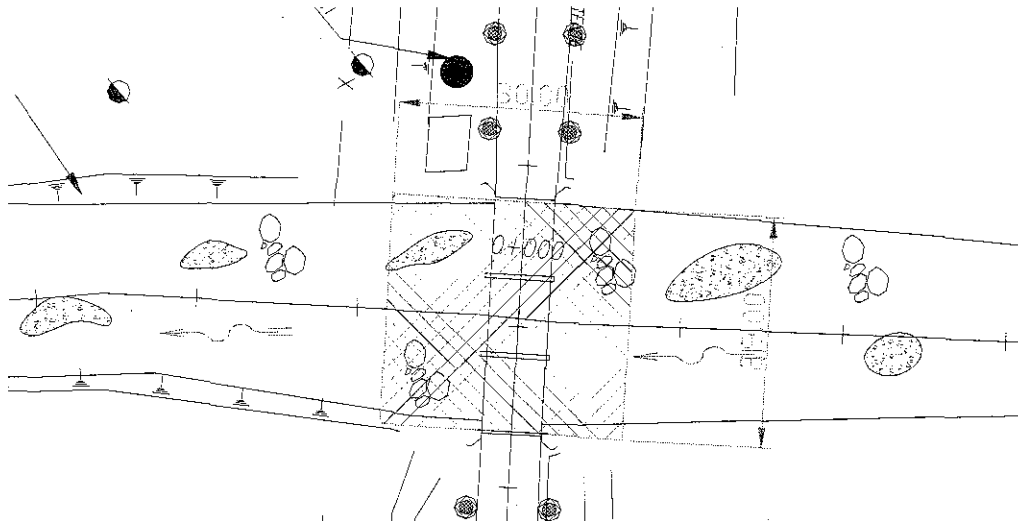


Figura 17.6.2 Área de la Protección

**2) San Nicolás**

Por la falta de protección del estribo del lado de Managua, se arrastraron el suelo y arena de parte posterior del estribo y se formó el hueco. El gradiente del lecho es grande, 2.42 %, y el corriente de agua siempre pasa al lado de estribo dañado. Son los factores influyentes a socavación. Para la protección de la parte delantera de estribo;

Alternativa 1: Terraplenar en la parte delantera y construir la protección de orilla de hormigón (Figura 17.6.3)

Alternativa 2: Proteger el estribo directamente con el muro de mampostería (Figura 17.6.4)

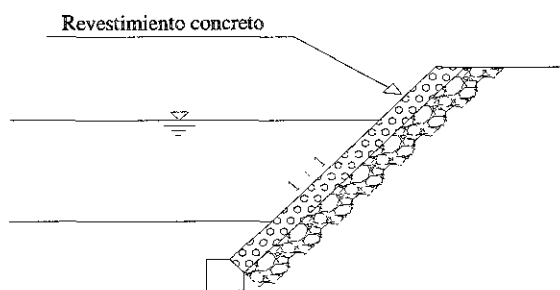


Figura 17.6.3 Protección de Hormigón (1:1)

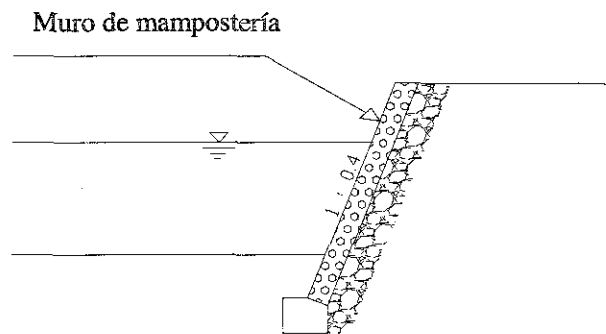


Figura 17.6.4 Muro de Mampostería (1:0.4)

Con las razones abajo mencionadas se adopta la protección por el muro de mampostería. (Figura 17.6.5)

La altura del muro de mampostertía, tomando en consideración el nivel de aguas de inundación, se define como cinco metros ( $H=5\text{m}$ ). Como el cauce está situado al lado de estribo donde hay mayor influencia de socavación, la protección tendrá el gradiente de 1:0.4 para que no impida la sección de la corriente, y se construye desde veinte (20) metro más arriba del puente aumentando su ancho paulatinamente hasta que llegue el puente luego se estreha su ancho hasta 20 m más abajo del puente a fin de que no afecta la corriente de agua (área de transición). Delante del muro se colocan gaviones con el ancho de tres (3) metros para la protección del cauce.

Es necesario tomar medidas de sobre-elevación y control de cauce a fin de suavizar el gradiente, pero juzgando las condiciones existentes, se propuso la protección del lecho delantero y alrededor del estribo.

- El lecho del río es de roca.
- No hay mucho caudal y la velocidad de la corriente es lenta.
- No se observan grandes huellas de socavación excepto alrededor del estribo.

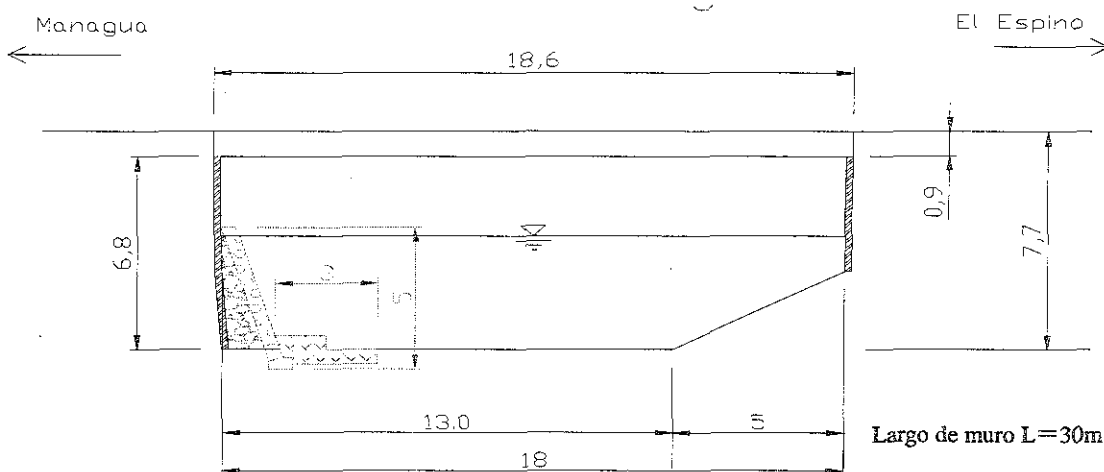


Figura 17.6.5 Plan de contramedidas para San

### 3) Las Chanillas

Una característica de este río es que la velocidad de la corriente es alta por las siguientes razones.

- El gradiente del río es grande, 1.7%.
- La composición del lecho es relativamente simple y el coeficiente de rugosidad es pequeño.
- La línea de las partes de agua arriba y abajo es recta y no hay variación.

Se observa la socavación grande alrededor de pilar y no se observan problemas en



Se observa la socavación grande alrededor de pilar y no se observan problemas en la parte del estribo. Por lo tanto, hay que estudiar las medidas contra socavación para la parte del pilar.

Los materiales a ser usados para la protección, tomando en consideración la Tabla 17.2.10, se adopta el bloque de concreto premoldeado en la obra de protección del área de estribo. La razón de la selección se menciona a continuación. El alcance de obras será equidistante a un valor de cuatro (4) metros según el resultado del cálculo del área de socavación hecho en la Tabla 17.2.8. (Figura 17.6.6).

Los bloques de concreto deben tener 5 toneladas por la razón de alta velocidad de la corriente (Tabla 17.5.5).

- ① La velocidad de la corriente es alta como 5m/seg, y si se aplica el escollerado el diámetro de los bolones debería ser muy grande (aproximadamente  $d_{50}=70\text{cm}$ ).
- ② Esta obra se puede ejecutar en donde hay corriente de agua.
- ③ El monto de la inversión inicial es alta. Pero, no se necesita el mantenimiento posterior.
- ④ Las obras que utilizan el hormigón tienen limitación del tiempo de ejecución. Deben ser realizadas solamente en el período seco.
- ⑤ Se necesita el patio provisional para la fabricación del bloque, pero por la razón de que son productos premoldeados no requiere mucho espacio.
- ⑥ La instalación de la fabricación del bloque sirve para Inalí y Tapacalí.

#### 4) San Ramón

Al lado de El Esolino del cauce se queda los restos de hormigón que se consideran del puente antiguo (Foto 17.6.2), y se observa la socavación grande entre ésta masa de hormigón y el estribo. No se identificó la causa provocadora de socavación por medio de investigación del río y puente. De modo que se puede juzgar que los restos del estribo de puente antiguo provocó la socavación impidiendo la corriente de agua.

Por lo tanto, se realiza la obra de protección del cauce eliminando los restos del estribo de puente antiguo. Para la protección del cauce hay alternativas siguientes.

- ① Gavión
- ② Escollerado con mortero
- ③ Bloque de hormigón

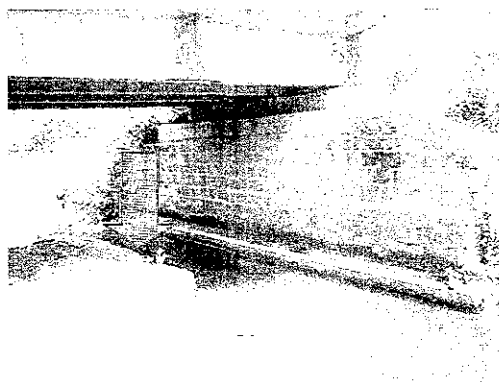


Foto 17.6.2 Los restos de puente antiguo y corriente de agua

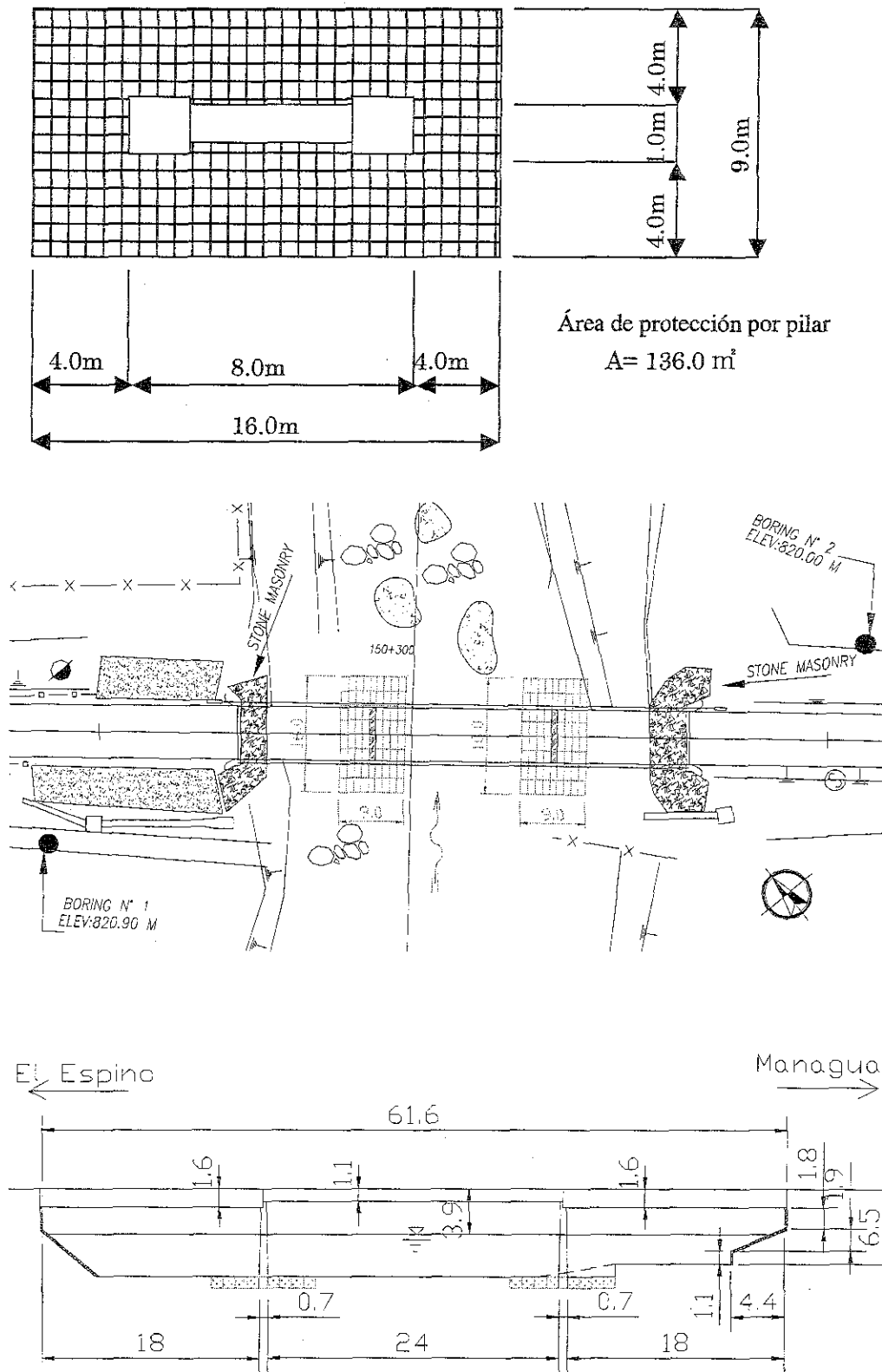
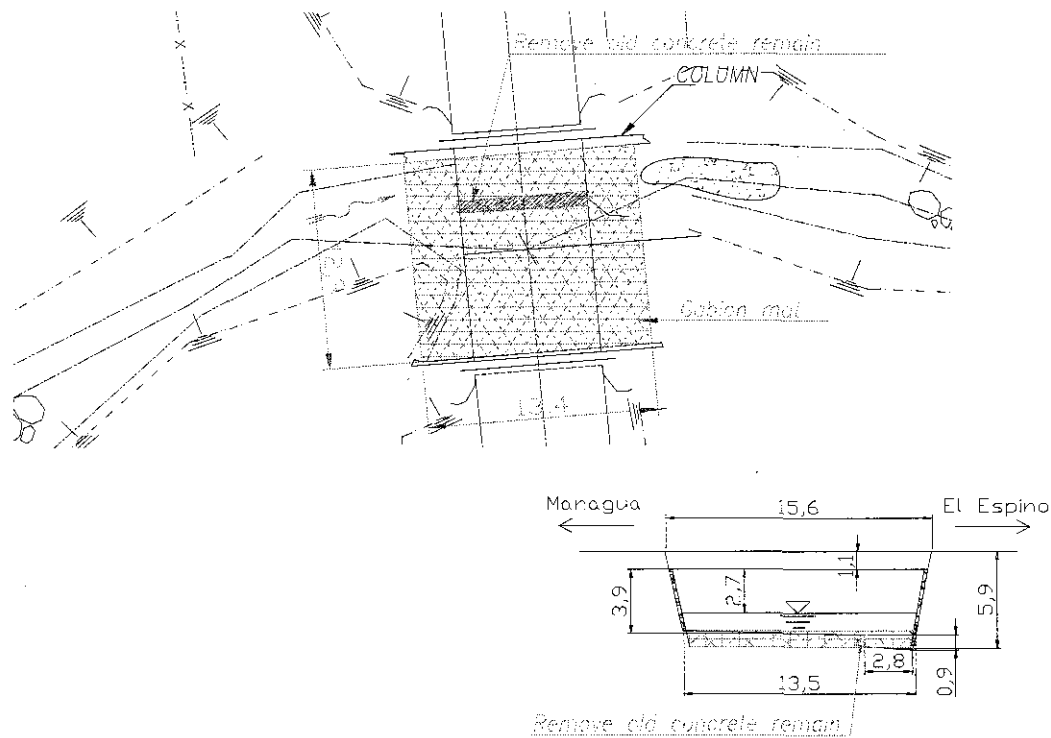


Figura 17.6.6 Área de protección alrededor del estribo

Conforme a las condiciones siguientes, serán recomendadas las contramedidas de protección por gaviones.

- Es el río pequeño de poco caudal
- Es el puente de hormigón que han pasado casi 50 años después de construcción y existe la posibilidad de que se reemplace en el futuro cercano.

El área de protección será equidistante a un valor de 3m de agua arriba y abajo del puente.



**Figura 17.6.7 Ilustración esquemática de contramedidas**

**5) Inalí**

No se observó la socavación grande en el estudio de campo, pero se detectaron los factores de socavación propios del río y factores estructurales del puente a través del estudio detallado.

**① Los factores propios del río**

Se supone las razones de alta velocidad de la corriente de agua (4.92m/s) igual que Las Chanillas.

- El gradiente es relativamente grande (1%).
- La alineación del río es recta.
- El estado del cauce es uniforme sin haber mucha variación de la forma del cauce y del diametro de meteriales del lecho.

**② Los factores propios del puente**

- El largo del puente (64m) es más estrecho que el ancho del río. (Agua arriba;85m, agua abajo;95m)
- La protección delantera del estribo se extiende en el cauce y se obstaculiza la corriente de agua.
- La distancia entre pilar y la protección delantera del estribo es corta.

Por lo tanto, las contramedidas deben ser estudiadas de acuerdo con estos factores. Se muestran las contramedidas en la Tabla. 17.6.1 y en la Figura 17.6.7.

**Tabla 17.6.25 Contramedidas para Puesto Ina**

Objetivo	Contramedidas	Nota
<p>① Agrandar la sección de la corriente a través del mejoramiento de la protección delantera del estribo</p> <p>② Asegurar la distancia suficiente con pilar a través del mejoramiento de la protección delantera del estribo.</p>	<p>Protección del estribo por el muro de mampostería. (Gradiente delantero 1:0.4).</p>	<p>Aseguramiento de la sección de la corriente.</p>
<p>③ Proteger la socavación alrededor del pilar, aunque no se confirmó la anomalía como socavación.</p>	<p>Se utiliza el bloque de hormigón igual que en Las Charillas. Proteger la parte delantera del estribo y pilar. El peso del bloque es 5t/pieza y el área es equidistante a un valor de 3m.</p>	<p>Igual que Las Chanillas.</p>
<p>④ Proteger el lecho delantero del estribo</p>	<p>Se protege el lecho delantero del estribo por los bloques de concreto. El área de la ejecución de obras es equidistante a un valor de 3m. Se usa el mismo tipo de bloque de concreto para el pilar.</p>	<p>El estribo se extiende en el río.</p>
<p>⑤ Proteger el talud de acceso extendido en el cauce.</p>	<p>Se aplica la obra de protección del talud por revestimiento de concreto en aguas arriba y abajo. Para el lecho alrededor del pie del talud, se aplica la obra de protección con gabiones.</p>	
<p>⑥ Asegurar la protección de orilla y sedimentación a través de la ejecución de obras de control del corriente en donde existe más espacio que el sitio del puente.</p>	<p>Obras de control de corriente con gaviones en la orilla izquierda. 4m de ancho, 25m de largo y 50m de intervalo.</p>	<p>Asegurar la sedimentación de lodos y arenas y proteger las orillas del río cuyo ancho se amplía por las obras de control de corriente. Proteger el talud del camino de acceso.</p>

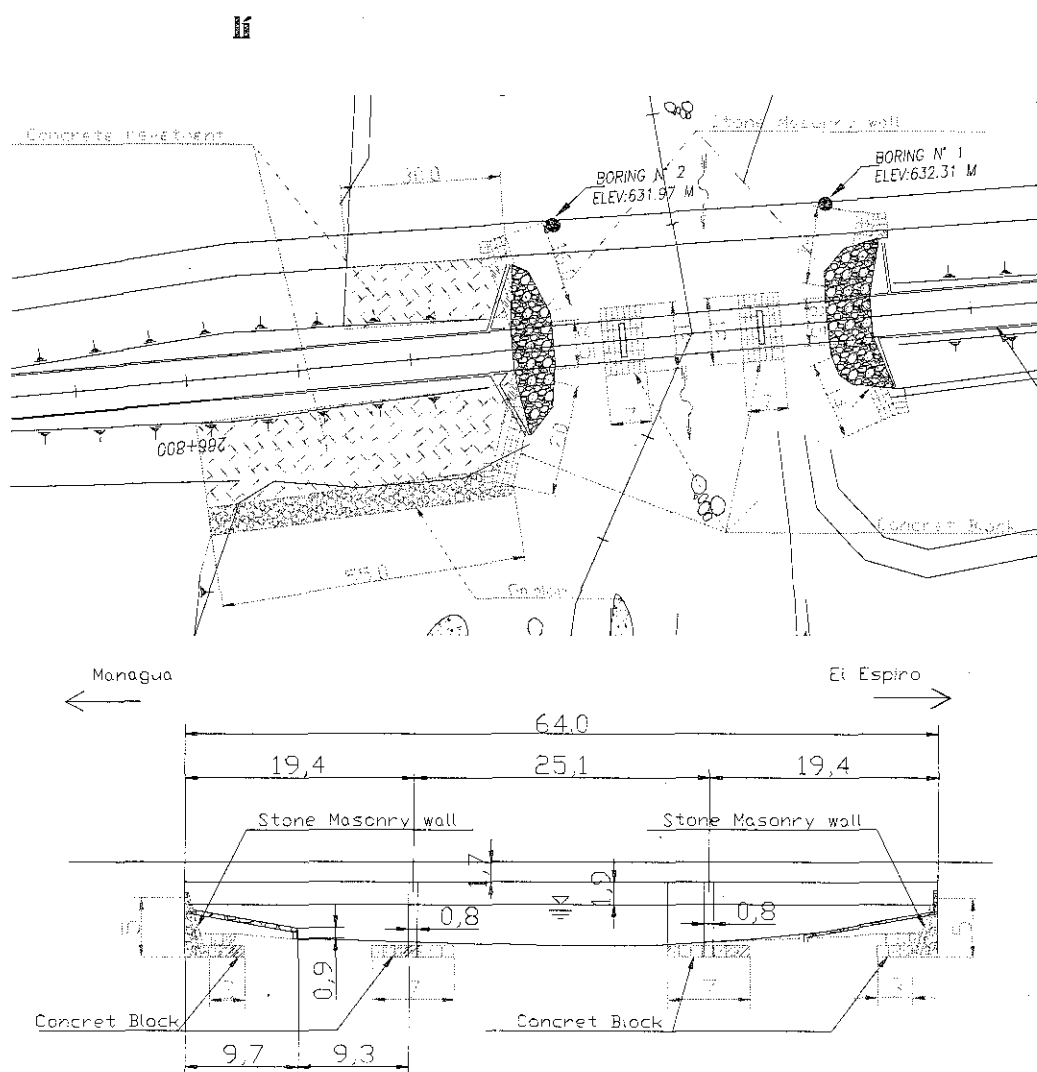
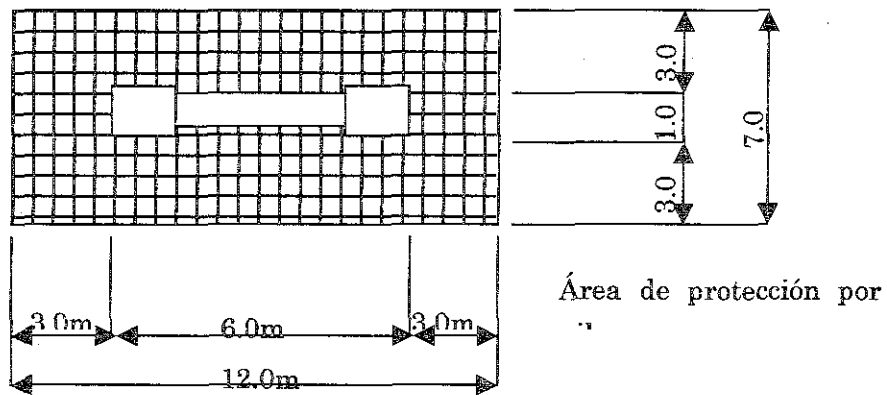


Figura 17.6.8 Área de protección de estribo y alrededor de pilar

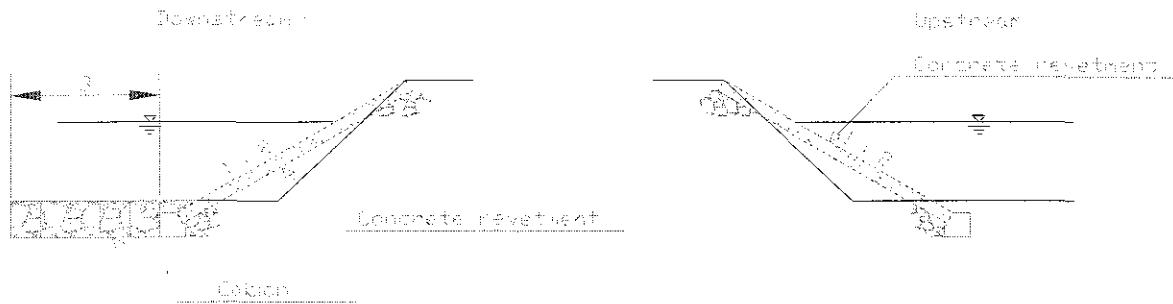


Figura17.6.9 Rreforzamiento de la parte de acceso

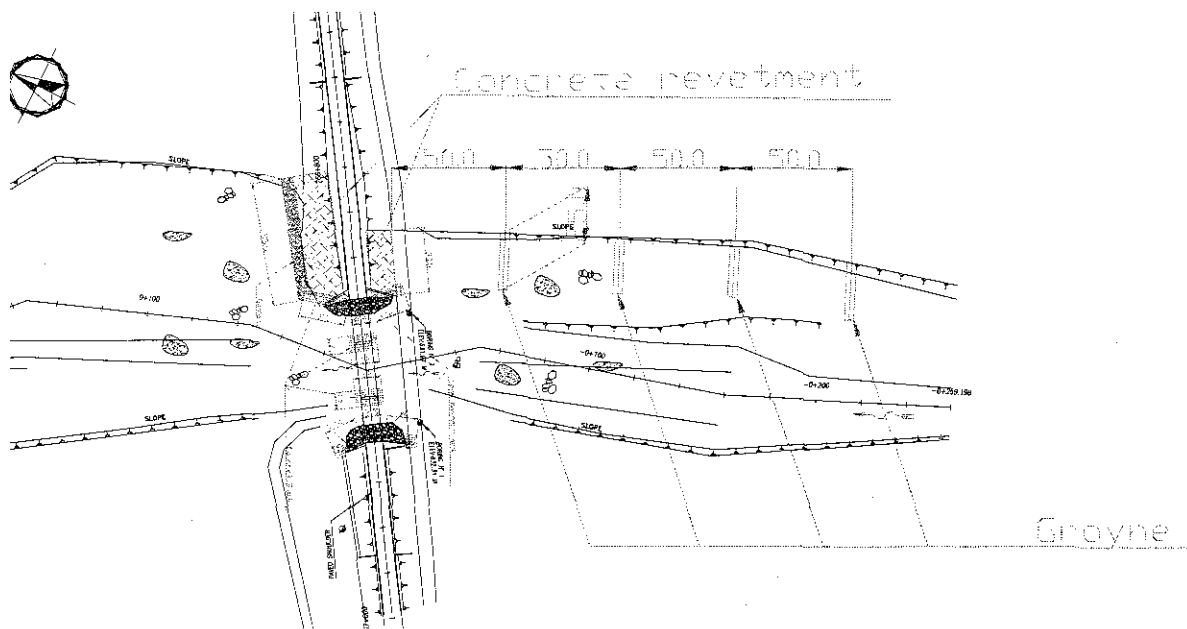


Figura17.6.10 Obras de control de aguas

6) Tapacalí

Es el puente más grande de los puentes objeto de estudio y tiene mayor caudal como 1,260m<sup>3</sup>/seg. Sin embargo, debido a suave gradiente del cauce, la velocidad de la corriente no es tan rápida. A pesar de todo, como el puente está situado en donde el río dobla y provoca la corriente complejo de agua, se divide donde hay socavación severa (al lado de Managua) y donde hay sedimentación de lodo (al lado de El espino). Por lo



tanto, se confirmaron las huellas de socavación en el estribo y en dos pilares (P1, P2) del lado de Managua. Igual que el Puente Inalí, la protección delantera del estribo se extiende en el cauce y la distancia entre estribo y pilar es muy corta. Se considera que es un factor de aumentar la socavación. Con esa observaciones, las contramedidas tienen objetivos de mejorar la protección de estribo y prevenir la socavación de la parte de pilares. Se muestra contramedidas en la Tabla 17.6.26 y en la Figura 17.6.11 y 17.6.12.

Tabla 17.6.26 Contramedidas para Puente Tapacalí

Objetivo	Contramedidas	Razón de selección
① Agrandar la sección de la corriente a través de mejorar la protección delantera del estribo. ② Asegurar la distancia suficiente a través de mejorar la protección delantera del estribo.	Protección de estribo con muro de concreto (1:2).	La altura de la protección es más de 5m.
③ Protección de socavación alrededor de estribo	Se utilizan bloques de concreto premoldeado. El peso de bloque de concreto será 1 tonelada/pieza. El área será equidistante a un valor de 3 m. conforme a 17.2.8.	Igual que Las Chanillas.
④ Protección del lecho delantero del estribo	Proteger el lecho delantero del estribo contra la socavación por medio de bloque de concreto. El área será equidistante a un valor de 3 m. El bloque de concreto se usa igual que para el pilar.	El estribo se extiende en el río.

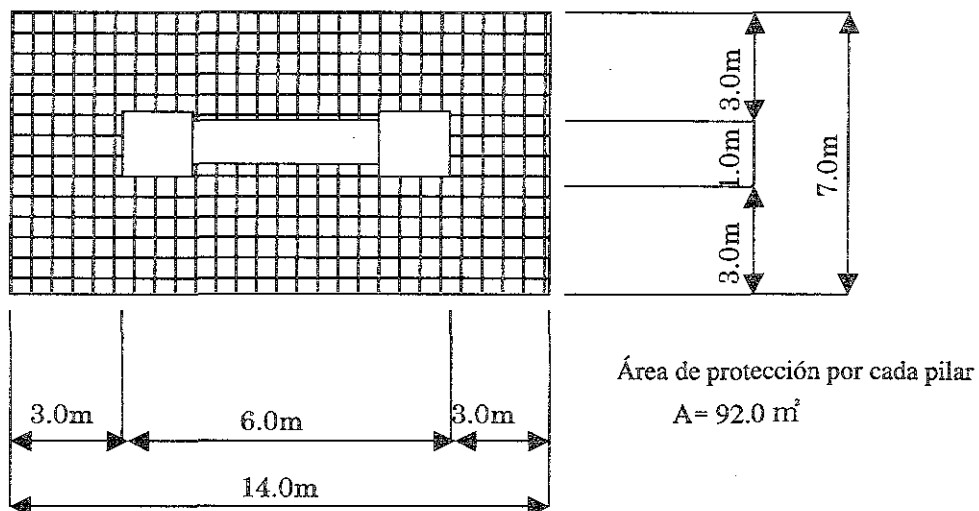


Figura 17.6.11 Área de protección alrededor de pilar

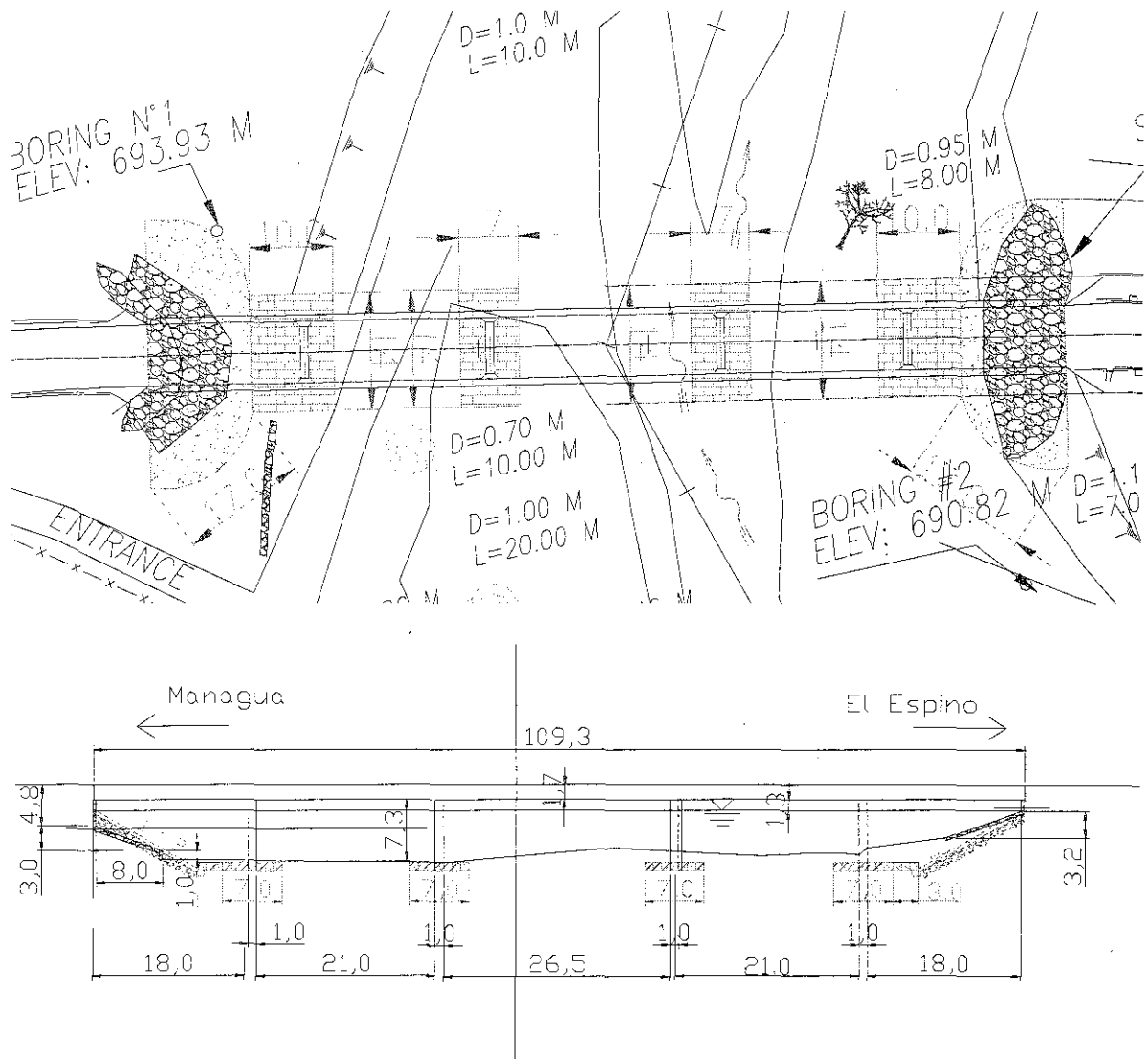


Figura 17.6.12 Ilustración esquemática de contramedidas

7)Guayacán

Es el puente más antiguo y más dañado de los puentes objeto de estudio. Se observa el hundimiento diferencial de estribo del lado de Matagalpa y está destruido el muro alero. No se ha podido determinar la causa de hundimiento diferencial, pero teniendo en cuenta de que el puente tiene muchos factores de socavación y el área del estribo que sufrió hundimiento está socavada bien profundamente, se puede juzgar que el hundimiento diferencial fue provocado por socavación. En general, la socavación se origina en el lado de agua arriba. Pero en caso de este puente, se observa la socavación en lado de agua abajo y, con eso, se supone que la corriente de agua se disturbó por el puente luego provocó la gran socavación al lado de agua abajo. Se muestran los problemas e ítems a solicionarse en la Tabla 17.6.3.

Tabla 17.6.27 Problemas del Puente Guayacán

Factor	Problemas	Causas supuestas	Contramedidas
Río	Forma compleja del río provoca la complicación de la corriente de agua en donde hay puente	El río se divide en agua arriba y confluye de nuevo antes del puente	Reforzamiento del sitio de confluencia Mejoramiento de forma de confluirse
		Se curva mucho en agua abajo del puente	Reforzamiento de protección de orilla
		En la parte de agua arriba del puente el lecho está muy socavado.	Contramedidas para la socavación en el sitio del puente
		En la parte de agua abajo del puente el lecho está elevado por sedimentación	Remoción de sedimentos
	Con largo actual del puente el nivel de agua será un metro alto de la superficie de carretera (período de retorno 100 años)	Falta la sección	Asegurar la sección de la corriente
Puente	Razón de bloque es muy grande (27%)	El puente tiene forma de arco y la sección de la corriente es muy pequeño	Nueva construcción de puente o colocación de alcantarilla para asegurar la sección
	El puente no está ubicado en el sitio adecuado del río	La lineación del río fue cambiado por la inundación de Huracán Mitch	Construcción de nuevo puente
	El largo del puente (L=17m) es corto en contraste con el ancho del río		Construcción de nuevo puente

A solucionar el problema, se estudia varias alternativas; la utilización del puente actual (Alternativa 1 y 2) y la eliminación del puente actual (Alternativa 3).

**Alternativa 1** Se coloca la caja al lado de Matagalpa a fin de asegurar la sección

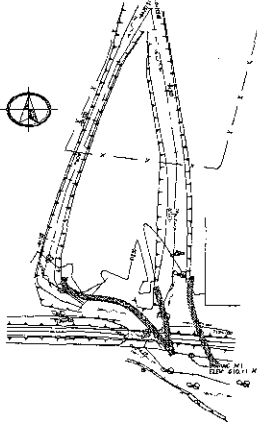
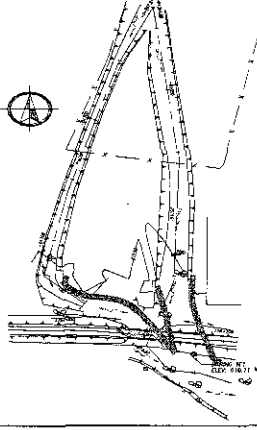
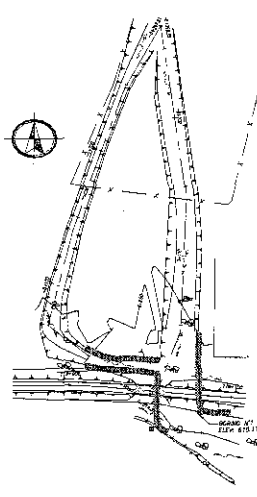
**Alternativa 2** Se construye nuevo puente al lado de Matagalpa

**Alternativa 3** Se construye nuevo puente

Se muestra la comparación de estas alternativas en la Tabla 17.6.4. Como consecuencia de la comparación, se propone la construcción de nuevo puente. El lineamiento del nuevo puente se muestra en la Figura 17.6.10.

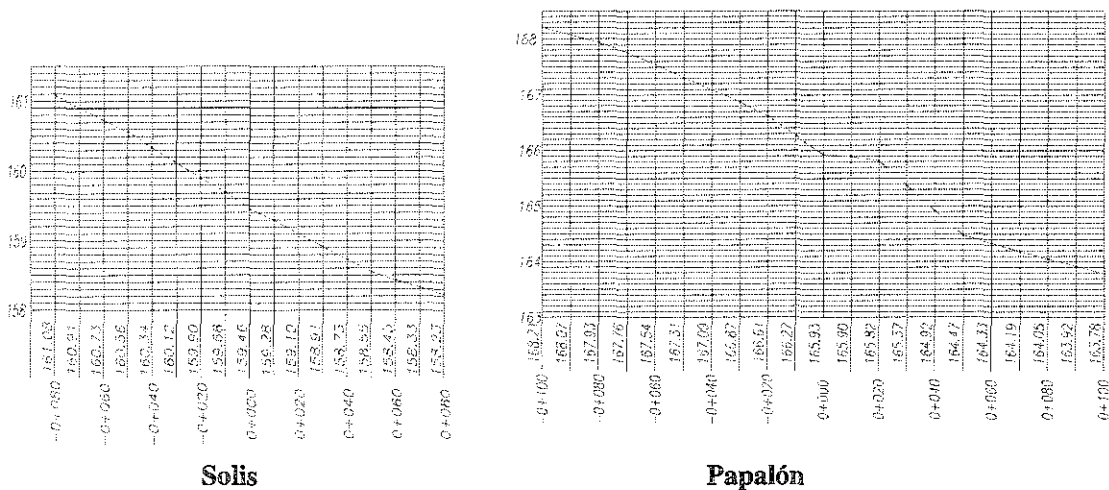
- Única alternativa que se puede solucionar el problema de socavación es alternativa 3.
- Como no se encuentra la casa alrededor del puente, la sobre-elevación de 2m de carretera no provocará problemas.
- Como han pasado casi 60 años después de la construcción del puente actual y se observa muchos daños, es posible que surja la necesidad de nueva construcción o obras de reforzamiento.
- Si se utiliza el puente actual, en el futuro deberá construir dos puentes de 20m de largo y el costo resultará alto.

Figura 17.6.28 Estudio del Puente Guayacán

Alternativas	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Plano general			
Lineamiento de estructura	Se coloca la caja al lado de Matagalpa. El agua de la corriente pequeño pasa por debajo del puente actual y el grande pasa por la caja.	Se construye nuevo puente al lado de Matagalpa. El agua de la corriente pequeño pasa por debajo de puente actual y el grande pasa por nuevo puente (L=20m).	Se construye Nuevo Puente (L=30m)
Ventaja y Desventaja	Río	Dos corrientes confluyen en agua abajo del puente y tendrán menos influencia en la socavación	Dos corrientes confluyen en agua arriba del puente y se necesita prevenir la socavación
	Vía	No hay necesidad de cambiar el estado actual de vía. Se necesita la desviación en la época de obras.	Se necesita 2m de sobre-elevación. Se necesita la desviación en la época de obras.
Estructura		Cuando la sección se tape por los árboles arrastrados, provocará la socavación. Se crean problemas de razón de bloqueo y distancia entre pilares.	Se puede solucionar todos los problemas.
	Costo	El costo inicial es bajo. Pero, debido al estado obsoleto del puente actual, en el futuro cercano se necesitará la nueva construcción y resultará caro.	Aunque el costo inicial es alto, pero no sea necesario el manejo y mantenimiento futuro.
Evaluación	△	○	◎

**8) Solis y Papalón**

El año de construcción de los puentes de Solis y Papalón es 1963, son relativamente nuevos, pero debido a la socavación severa, ambos están en situación crítica. En caso del puente Solis, está socavado más de 60cm de profundidad desde el nivel de fundación de estribo, y en caso del puente Papalón, hasta el nivel de fundación del estribo. Se puede juzgar que la meteorización de la capa superficial del lecho es grande y el suelo de grano fino se arrastraron por corriente de agua provocandose la socavación paulatina. Según el resultado de estudio geológico, la parte de fundación del estribo es de toba meteorizada. Por poco caudal del río, la capa superficial del lecho fue afectada por la repetición del estado seco y húmedo y fue acelerada la meteorización. Y como se muestra en la Figura 17.6.11 y Figura 17.6.12, el gradiente vertical del río es uniforme, aproximadamente 2 %, la socavación, o sea la bajada del lecho, se observa no sólo alrededor del puente sino también en el todo curso del río.



**Figura 17.6.13 Gradiente vertical de Solis y Papalón**

Aún más, en el sitio del puente Papalón se observa la influencia del puente a la corriente de agua a través de turbulencia del gradiente. La causa será la sección insuficiente del puente Papalón en contraste con el ancho del río de agua arriba y abajo.

Se puede decir que la causa provocadora de socavación de estos puentes no es la existencia de las estructuras sino las características de los ríos mismos. Por eso, no se encuentran problemas grandes del caudal ni sección de la parte de puentes. Como el plan de contramedidas de socavación de la parte del puente, es necesario elevar el nivel de lecho de la parte de puente para la protección de parte delantera del estribo y cambiar el gradiente del lecho de agua arriba del río. Si se eleva el nivel del lecho, mantendrá suficiente sección por la razón de que el caudal de Solis y Papalón es poco, por lo tanto se eleva el nivel del lecho de la parte de estribo y se suaviza el gradiente del agua arriba. En la parte de agua abajo del puente, se construye aliviadero de escalones.

Para la sobre-elevación del lecho del área de puente y protección de orillas se pueden utilizar hormigón, gavión y escollero, pero tomando en consideración de que el lecho consiste en la roca blanda relativamente firme y la socavación es grande, se adopta la protección del lecho por escollero con mortero.

En la parte de agua arriba se colocan gaviones y en la parte de agua abajo se realizan las obras de aliviadero de escalones por gavión y mampostería. (Figura 17.6.14)



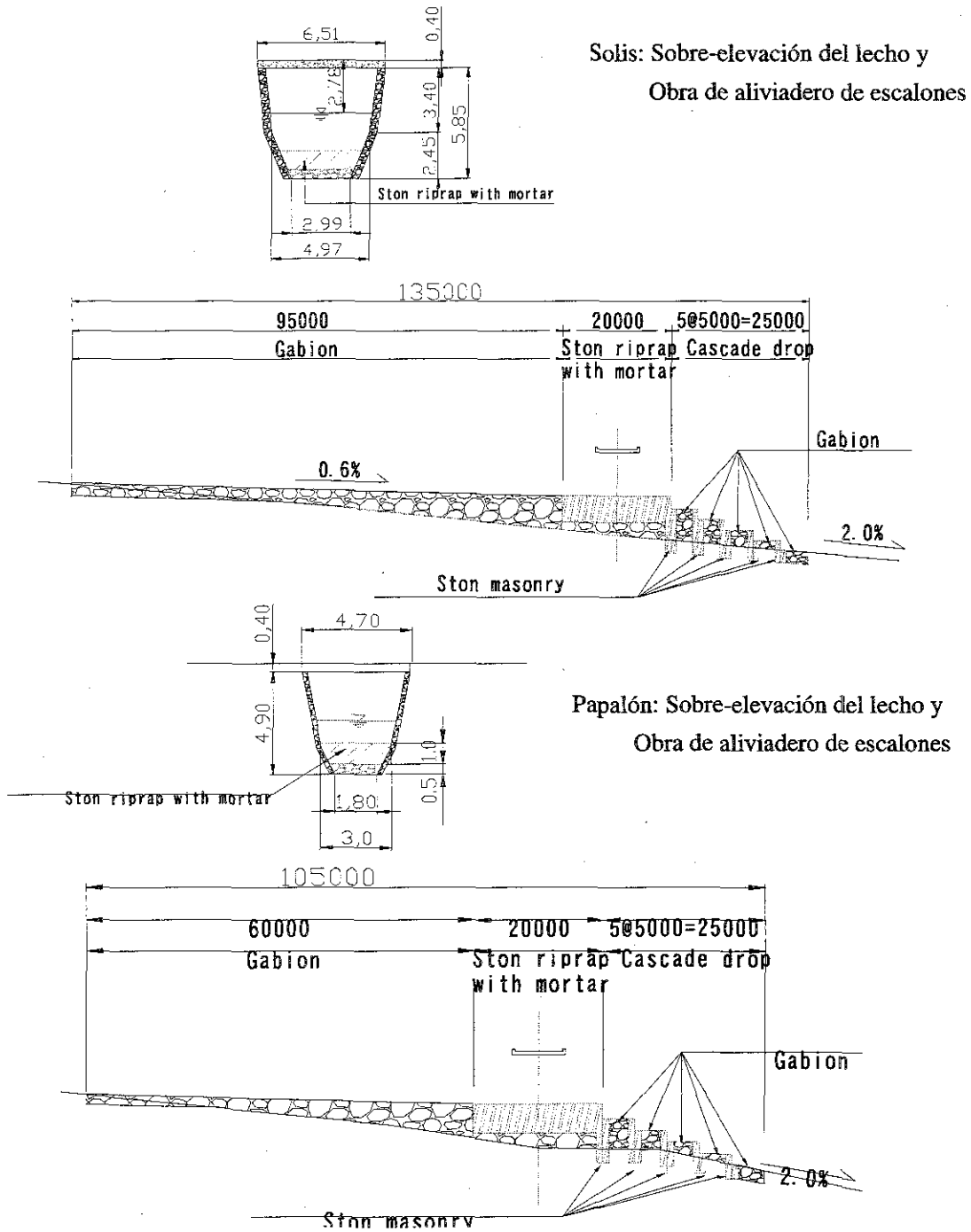


Figura 17.6.14 Diseño general de Contramedidas para Solis y Papalón

### 9) San Juan de Dios

Según el resultado del análisis hidrológico, el caudal máximo de período de retorno de cien años llega al nivel de superficie de carretera y la sección de la corriente de agua no es suficiente en el área del puente. En este sentido es deseable que se construya nuevo puente con la sección.

Sin embargo, es el río natural sin dique y el nivel del lecho del río casi igual que el nivel del terreno adyacente. Por lo tanto, cuando haya máxima precipitación del período de retorno de cien años, el agua se difundirá al terreno alrededor del puente y se puede juzgar que haya poca posibilidad de que el agua inundada se estanque en la carretera cerca del puente. A pesar de todo, en caso de inundación, las abundantes aguas se concentra desde amplia zona lindante en el sitio estrecho del puente (Las flechas negras de la Figura 17.6.15) y provoca la socavación alrededor de agua arriba del estribo. Por medio de observación del sitio, se puede confirmar este fenómeno.

Así que se estudian las contramedidas para la protección de socavación del estribo y del pilar. Se seleccionan las obras de gavión para este sitio dentro de los tipos de obras que se muestran en la Tabla 17.5.5 por las siguientes razones.

- La velocidad de la corriente es 1m/seg, o sea es muy lenta.
- La facilidad de ejecución de obras y mantenimiento futuro.
- El costo es más bajo.
- La adaptación de obra del bloque de concreto tiene unos problemas técnicos tanto el pequeño tamaño del puente como la falta del espacio libre debajo de la viga.

El área de protección de socavación para pilares, basandose en el resultado del cálculo de dimensión de socavación en la Tabla 17.2.8 y tomando en consideración las contramedidas para la socavación del estribo, será equidistante a un valor de 3m del pilar como se muestra en la Figura 17.6.15.

Cuando se realice el mejoramiento vial de la NIC-26 o se construyen los diques, será deseable construir nuevo puente con sección necesaria. Conforme al resultado del estudio, el puente a construirse deberá ser de 25 a 30 metros de largo y con una luz.

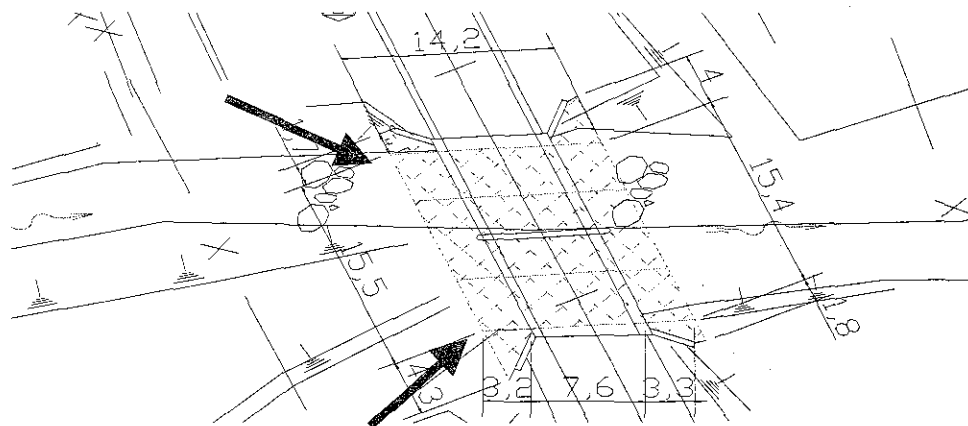


Figura 17.6.15 Área de protección de socavación

10) **La Banderita**

Los factores de socavación de este puente son como sigue:

- ① Es de marco rígido de dos pilares
- ② La posición de fundación de estribo está tres metros alto que el nivel de lecho, pero no hay protección.
- ③ En contraste con la luz central (15.4m), la distancia entre estribo y pilar es corta (6.6m), y la distancia entre la base de estribo y pilar es estrecha (Figura 17.6.14).
- ④ El gradiente del río es bastante grande (1.79%).

Pero, en contraste con la escala del puente, el caudal es muy poco ( $72.6m^3$ ) y no se observó las huella de socavación excepto alrededor de la base de estribo. Por lo tanto, se estudia las medidas a fin de proteger la base de estribo. Y aunque no se observó las huellas de socavación alrededor de pilares, pero se tomará las medidas de prevención contra socavación para pilares por la razón de que son de marco rígido.

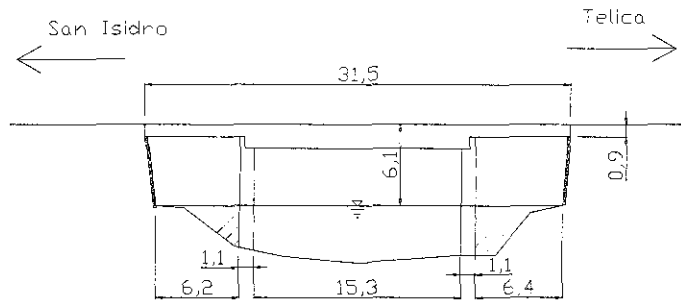


Figura 17.6.16 Estado actual del Puente La Banderita

Para la protección de base de estribo hay dos alternativas tanto la protección de orillas de hormigón (gradiente delantero 1:1) como el muro de mampostería (gradiente delantero 1:0.4). A fin de asegurar la sección de la corriente, se aplica el muro de mampostería (gradiente delantero 1:0.4).

El área de ejecución de obras será cada 10m hacia agua arriba y abajo desde cada lado del puente.

Para la protección de pilar contra socavación se selecciona obras de protección con gavión desde las contramedidas mostradas en la Tabla 17.6.10, por la razón de menor velocidad y caudal. El área de ejecución de obras será, basandose en el resultado del cálculo sobre área de socavación, equidistante con un valor de 2m desde pilar.

Además, Como la protección del pie de la parte delantera del estribo, se colcan gaviones con el ancho de 3m. (Figura 7.6.17)

Se instalan tabiques entre pilares que son de marco rígido. (Figura 7.6.18)

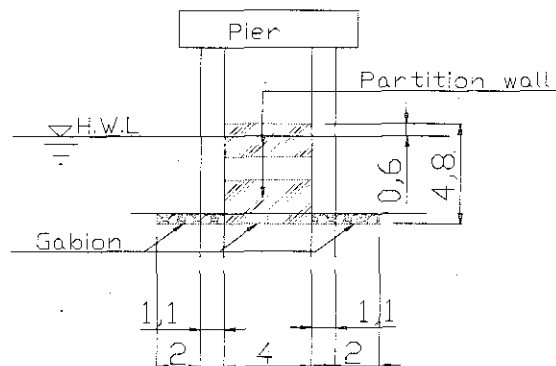


Figura 17.6.17 Instalación de tabique

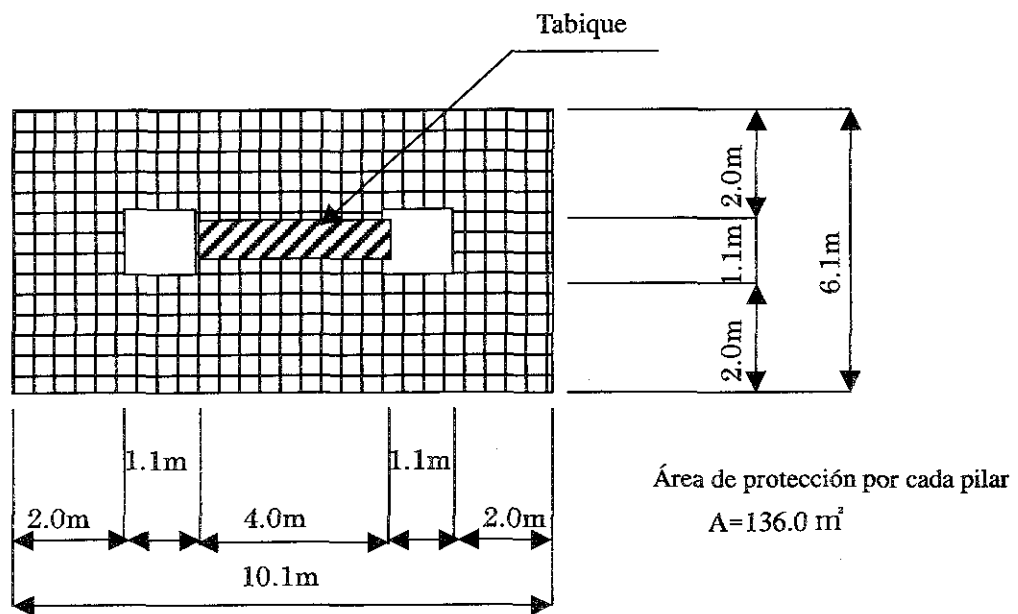
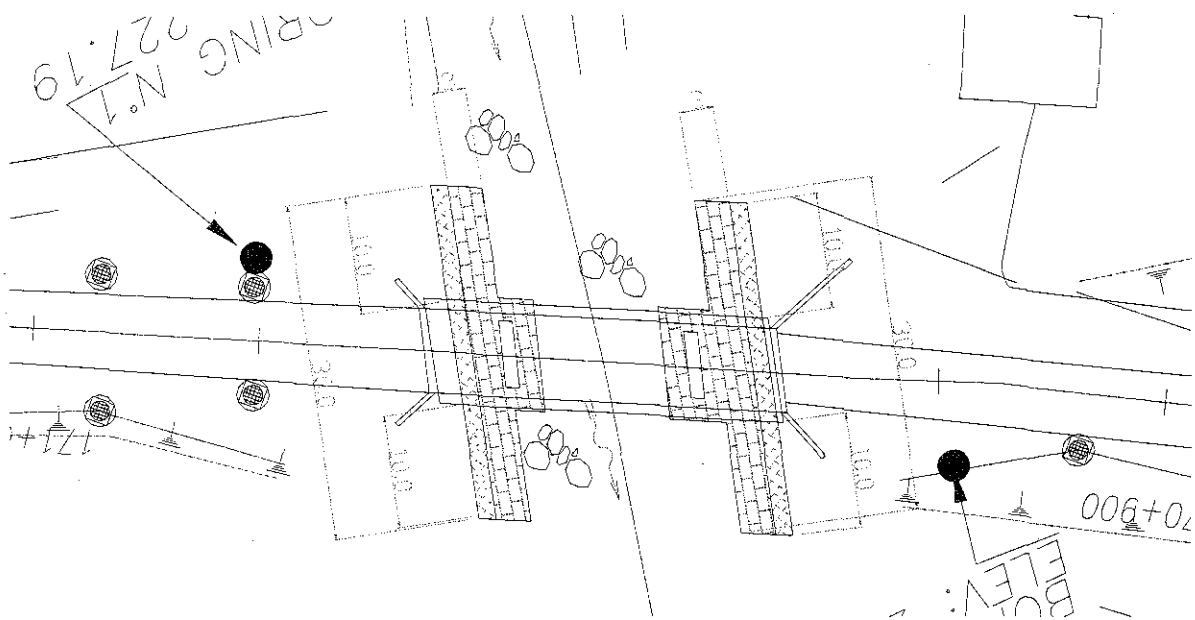


Figura 17.6.18 Área de protección contra socavación

