

Capítulo 5 Contenido del Proyecto

5-1 Resumen del Proyecto

El Proyecto tiene por objetivo construir puentes en el tramo entre Río Blanco y Siuna de la carretera principal en el Departamento de Matagalpa y la Región Autónoma Atlántico Norte y mejorar el transporte y tráfico de dicho tramo, y, por ende, contribuir a la creación de una base dirigida a la activación económica a través del mejoramiento del acceso al mercado en esta área.

5-2 Diseño esquemático del proyecto

5-2-1 Lineamientos de diseño

Con respecto a los cuatro puentes sobre la NIC-21B para los cuales se solicitó una cooperación reembolsable, se pretende realizar un estudio y diseño que sea exitosamente aprobada en la evaluación para tal tipo de proyecto, revisando el estudio de prefactibilidad elaborado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (en adelante, “MTI”), examinando la posibilidad de aplicar las tecnologías japonesas y teniendo en cuenta el objetivo del proyecto, el resumen, el costo del proyecto, el programa de trabajo, los métodos de ejecución (adquisición y ejecución de las obras), mecanismo de ejecución, sistema de operación y mantenimiento y consideraciones socio-ambientales.

5-2-1-1 Lineamiento básico

El lineamiento básico para el diseño esquemático es el siguiente.

(1) Adopción de tecnología que sea eficiente y fácilmente reciclable aprovechando equipos y materiales locales

Adoptar positivamente tecnología fácilmente reciclable con el uso de mayor número posible de equipos y materiales disponibles localmente.

(2) Ejecución de plan de ubicación de carreteras y puentes con consideración al entorno

Los puentes se ubican en zonas relativamente apartadas, pero existen un número considerable de viviendas en sus alrededores. Por lo tanto, se pretende hacer todos los esfuerzos necesarios para evitar las afectaciones a estas viviendas y reducir en lo posible la carga económica del Gobierno de Nicaragua por la reubicación de pobladores y la adquisición de los terrenos. Además, será también el lineamiento básico el considerar el aspecto paisajístico dado que los puentes están ubicados en un ambiente de una gran belleza escénica y se prevé que la gente se reúna en sus cercanías.

5-2-1-2 Lineamiento para las condiciones de ambiente natural

(1) Temperatura y humedad

La temperatura no varía mucho durante el año, siendo la máxima entre 30°C y 35°C y la mínima entre 15°C y 20°C, y se da un clima templado. Por la posibilidad de presentar constantemente una temperatura por encima de 25°C, será imprescindible una instalación de concreto para el clima cálido. La humedad es alta durante el año, siendo entre el 65% y el 85%, por lo que hay que prestar suficiente atención al curado de concreto.

(2) Precipitación y patrones de lluvia

La precipitación anual promedio es de 1,900 mm y hay una diferencia relativamente bien marcada entre las épocas, seca y de lluvia. Los cuatro meses de enero a abril corresponden a la época seca. Según el registro de los últimos cinco años, el promedio mensual de la precipitación en la época seca es obviamente menor que el de la época de lluvia, siendo de 30 mm y 200 mm respectivamente, por lo que se necesita ejecutar las obras dentro del río durante la época seca. Sin embargo, se tendrá en cuenta la posibilidad de aumento del caudal del río aun en la época seca, dado que se registró un caso irregular en febrero de 2014 cuando se presentó una precipitación de 130.8 mm/mes. Los meses de noviembre y diciembre se presenta relativamente menor cantidad de precipitación, pero en noviembre de 2003 fueron registrados 303.0 mm/mes y en diciembre de 2011, 173.8 mm/mes. Como que queda la posibilidad de provocar grandes crecidas de ríos, es recomendable reducir en lo posible las obras dentro de ríos.

(3) Características del curso de los ríos

Según los resultados del estudio hidrológico, la velocidad del flujo de agua de los ríos en el momento de una inundación es lenta (de 2.1 m/s a 2.3 m/s), de manera que es baja la probabilidad de que se produzca una gran erosión alrededor del puente. Por lo tanto, se tratará de evitar la elevación innecesaria de costos por la ejecución de obras excesivas contra la erosión.

(4) Medio ambiente natural

Se prestará atención a las siguientes condiciones ambientales naturales desde el punto de vista de la consideración socioambiental en la planificación, diseño y ejecución de las obras de construcción de los cuatro puentes y los caminos de acceso, los componentes básicos del presente proyecto.

- ① Consideración al ecosistema local debido a que los sitios del proyecto están ubicados dentro de la zona de amortiguación de la Reserva Natural Bosawás.
- ② Consideración a las condiciones de calidad de agua de los ríos sobre los cuales se construyen los cuatro puentes.
- ③ Medidas en relación al posible daño por polvo que puede afectar a los residentes en las áreas adyacentes.
- ④ Consideración a los bosques latifoliados valiosos de la zona distribuidos en las orillas de los ríos.

5-2-1-3 Lineamientos relativos a las condiciones socioeconómicas

Desde el punto de vista de la consideración socio ambiental, se prestará atención a las siguientes condiciones socioeconómicas en la planificación, diseño y ejecución de las obras de construcción mencionadas anteriormente.

- ① Género y derecho de los niños, en particular, el aseguramiento de la imparcialidad en lo que se refiere a los derechos de las mujeres y los niños.
- ② Consideración a la historia, cultura y hábitos diarios tradicionales de la zona como estilo arquitectónico, modalidad lingüística, idea religiosa y método de comunicación diferentes.
- ③ Consideración al impacto sobre el paisaje local.
- ④ Consideración a las actividades económicas y las condiciones de la economía familiar como los medios de subsistencia de los residentes.
- ⑤ Medidas contra enfermedades infecciosas como VIH/SIDA.
- ⑥ Prevención de diferentes tipos de accidentes.

5-2-1-4 Lineamiento sobre condiciones de construcción

En Nicaragua existen empresas constructoras, ingenieros y obreros que tienen mucha experiencia en la construcción de puentes y carreteras, por lo que se averiguará con precisión esta experiencia y conocimiento local para aprovecharlos positivamente.

5-2-1-5 Lineamientos relativos a la capacidad operativa y de mantenimiento del organismo de ejecución

Con respecto al mantenimiento después de la terminación del presente proyecto de cooperación, la Dirección de Conservación Vial de la Dirección General de Vialidad del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) será la instancia administradora y la ENIC que se encarga de la zona noreste de Nicaragua bajo COERCO, la institución adscrita al MTI, será el ejecutor. COERCO da mantenimiento a las carreteras y puentes que están fuera del convenio anual de mantenimiento y conservación vial entre el MTI y el Fondo de Mantenimiento Vial (FOMAV). Cabe mencionar que FOMAV se dedicará al mantenimiento cotidiano de las carreteras y según las encuestas realizadas a COERCO, la misma institución se encargará de mantenimiento y reparación de puentes que requieran alto nivel técnico o equipos avanzados.

Para reducir el costo de mantenimiento en el futuro, se tratará de adoptar las estructuras con mayor facilidad de mantenimiento en el presente proyecto cooperación.

5-2-1-6 Lineamientos relativos a la determinación de la categoría de las instalaciones

La categoría de los puentes y las carreteras será determinada basándose en los siguientes lineamientos.

- ① El diseño del perfil longitudinal y el ancho del puente estarán de acuerdo con las especificaciones de los tramos viales, antes y después del puente, actualmente en construcción. Dado que existen muchas viviendas cerca de los lugares donde se ubicarán los puentes, se instalarán pasos peatonales de un ancho adecuado.
- ② El puente existente llegó al momento de renovación en unos 30 años después de su puesta en servicio, por lo que se diseñará el nuevo puente seleccionando materiales y métodos de construcción que permitan una durabilidad de 100 años.
- ③ Para prevenir que se aumente la carga económica por los costos de mantenimiento o que los daños queden desatendidos, se diseñará seleccionando materiales y métodos de construcción que básicamente sean libres de mantenimiento.
- ④ Con respecto a la carga de diseño del puente, la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (en adelante, “SIECA”) del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), el órgano creado para establecer un mercado común y fomentar la integración económica a nivel de la Región Centroamericana, propone adoptar una carga 25% mayor que la determinada en AASHTO HS20-44 como una respuesta al aumento de los camiones de remolque. Los países centroamericanos miembros de SICA están de acuerdo. Por lo tanto, para la carga de diseño de los puentes se adoptará un incremento del 25% a la de AASHTO HS20-44.
- ⑤ Con respecto a la sismorresistencia, teniendo en cuenta que Nicaragua es uno de los países más propensos a sufrir terremotos en el mundo y pueden bien ocurrir terremotos que sobrepasen la magnitud prevista en base al registro histórico, el diseño de los puentes será tal que permita evadir lo peor, es decir la caída, en el caso no solamente de terremotos de nivel I (terremotos de mediana magnitud con período de retorno de 30 a 50 años) sino también de nivel II (terremotos con período de retorno de más de 100 años).
- ⑥ Como medidas contra inundaciones, se asegurará una altura suficiente por debajo de las vigas para permitir el paso sin obstrucción de los árboles y los demás objetos flotantes en inundaciones con período de retorno de 50 años y garantizar que el nivel de agua no llegue a las vigas aun en el caso de una inundación extraordinaria como la que ocasionó el Huracán Mitch. Cabe señalar que estos fueron los criterios en base a los cuales Japón reconstruyó los puentes como parte de las obras de reconstrucción post-Mitch.

5-2-1-7 Lineamientos relativos al método y el período de construcción

(1) Lineamientos relativos al método de construcción

Como se mencionó en los lineamientos básicos, se pretende adoptar positivamente el método constructivo que se basa en las tecnologías japonesas y construir infraestructuras de alta calidad para Nicaragua. De las tecnologías japonesas a aplicar, se adoptará en lo posible el método constructivo que utilice los materiales disponibles localmente, que sea fácil de reaplicar y que se pueda eficientemente transferir.

(2) Lineamientos relativos al período de construcción

A juzgar por las precipitaciones registradas en las estaciones meteorológicas de Siuna y Muy Muy, la época seca bien definida es de cuatro (4) meses, entre enero y abril; la época de lluvia es de ocho (8) meses, entre mayo y diciembre. La diferencia entre la precipitación de la época seca y la de la época de lluvia es relativamente evidente, por lo que se pretende construir la cimentación y la subestructura entre enero y abril cuando el nivel del agua del río está bajo y estable. Siendo noviembre y diciembre los meses con relativamente poca precipitación dentro de la época de lluvia, es importante ejecutar y finalizar sin falta las obras preparativas alrededor del río (construcción del camino provisional, etc.), para así iniciar las obras dentro del río inmediatamente después de que comience la época seca.

5-2-1-8 Lineamiento para la aplicación de tecnología japonesa

El desempeño del Proyecto requerido por la parte nicaragüense es “mantenimiento (resistencia + ahorro de mano de obra para el mantenimiento y manejo)”, “aplicabilidad técnica” y “estructura

antisísmica y aislamiento sísmico”. Ante estos requisitos, el aprovechamiento de excelente tecnología y conocimiento y experiencia técnica de Japón fomentará la “asistencia identificable” de Japón. Se aplicará tecnología adaptable a condiciones de ejecución local (ambiente natural), al sistema de mantenimiento y a las necesidades, se tratará de impulsar la transferencia técnica para mejorar la resistencia y reducir el costo y se fomentará la construcción de infraestructura de buena calidad cumpliendo la solicitud de Nicaragua.

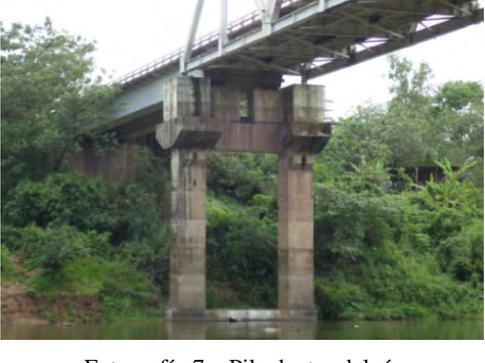
5-2-2 Plan básico

5-2-2-1 Condiciones actuales de los sitios donde construir puentes

(1) Condiciones actuales alrededores de puentes existentes

A partir de la Tabla 5-2-1 se presentan las condiciones actuales de los alrededores de los puentes existentes.

Tabla 5-2-1 Puente Mulukukú (Municipio de Mulukukú): Condiciones del puente y su entorno

 <p>Fotografía-1 Vista panorámica del puente existente</p>	 <p>Fotografía-2 Superficie del puente existente</p>
 <p>Fotografía-3 Daños en la pavimentación</p>	 <p>Fotografía-4 Reforzamiento de la armadura (Reforzamiento con fibra de carbono)</p>
 <p>Fotografía-5 Reforzamiento de placa en nodo (Reforzamiento con lámina de acero)</p>	 <p>Fotografía-6 Reforzamiento de la viga longitudinal de la armadura</p>
 <p>Fotografía-7 Pila dentro del río</p>	 <p>Fotografía-8 Estribo y viga de cajón de acero del claro extremo</p>

Fuente: Equipo de estudio de JICA

Tabla 5-2-2 Puente Lisawe (Municipio de Mulukukú): Condiciones del puente y su entorno

 <p>Fotografía-9 Vista panorámica del puente existente</p>	 <p>Fotografía-10 Superficie del puente existente</p>
 <p>Fotografía-11 Cara inferior de la losa</p>	 <p>Fotografía-12 Soporte del estribo y borde de la viga</p>
 <p>Fotografía-13 Daños en la baranda</p>	 <p>Fotografía-14 Pila dentro del río</p>
 <p>Fotografía-15 Tránsito de vehículo grande</p>	 <p>Fotografía-16 Río Lisawe</p>

Fuente: Equipo de estudio de JICA

Tabla 5-2-3 Puente Labú (Municipio de Siuna): Condiciones del puente y su entorno

 <p>Fotografía-17 Vista panorámica del puente existente</p>	 <p>Fotografía-18 Superficie del puente existente</p>
 <p>Fotografía-19 Pavimentación</p>	 <p>Fotografía-20 Losa sobre la viga I en el claro extremo</p>
 <p>Fotografía-21 Tránsito de vehículo grande</p>	 <p>Fotografía-22 Pila</p>
 <p>Fotografía-23 Estribo</p>	 <p>Fotografía-24 Río Labú</p>

Fuente: Equipo de estudio de JICA

Tabla 5-2-4 Puente Prinzapolka (Municipio de Siuna): Condiciones del puente y su entorno

	
<p>Fotografía-25 Vista panorámica del puente existente</p>	<p>Fotografía-26 Superficie del puente existente</p>
	
<p>Fotografía-27 Cara inferior de la losa</p>	<p>Fotografía-28 Estribo</p>
	
<p>Fotografía-29 Tránsito de vehículo grande</p>	<p>Fotografía-30 Río Prinzapolka</p>
	
<p>Fotografía-31 Reforzamiento de la diagonal de la armadura (Fotografía tomada en octubre de 2015)</p>	<p>Fotografía-32 Reforzamiento de la placa en nodo (Fotografía tomada en octubre de 2015)</p>

Fuente: Equipo de estudio de JICA

(2) Condiciones de los ríos

A continuación, se presentan las condiciones de los ríos que discurren por las zonas donde se ubican los respectivos puentes.

1) Puente Mulukukú (Municipio de Mulukukú)

El río Tuma es uno de los ríos más importantes de Nicaragua. Nace en la zona del lago de Apanas, departamento de Jinotega, y en su recorrido al mar Caribe a través del municipio de Tuma y Mulukukú confluye con el río Grande de Matagalpa, en el sector de San Pedro del Norte. El actual puente en servicio se ubica aguas abajo de la unión del río Iyás, en la zona aguas arriba del municipio de Mulukukú. Se trata de un río profundo de sección rectangular y uniforme que discurre en línea casi recta sin curvas pronunciadas expuestas a socavaciones. Tampoco se observan grandes sedimentaciones como los bancos de arena aún durante la estación seca, a excepción de pequeñas cantidades de sedimentos finos en las orillas del río. El lecho y orillas rocosos permiten suponer que no se presentarán problemas de socavación y sedimentación en el cauce del río.

Presenta una ribera uniforme y llana debido a que el estribo del actual puente se halla construido sobre un terraplén extendido dispuesto de una manera que no obstruye el paso del agua.

Tabla 5-2-5 Condiciones del cauce (Puente Mulukukú)

	
<p>Rocas expuestas a lo largo de la ribera izquierda aguas arriba del puente en servicio. La corriente durante la estación seca es uniforme y suave. (Vista aguas arriba desde el puente).</p>	<p>Lavadero de ropa sobre la ribera izquierda inmediatamente aguas abajo del puente en servicio. La corriente durante la estación seca es uniforme y suave. (Vista aguas abajo desde el puente)</p>
	
<p>La ribera del lado de la pila A1 del actual puente en servicio presenta una forma uniforme con escasa gradiente. (Vista del puente desde aguas abajo)</p>	<p>La ribera de lado de la pila A2 del actual puente en servicio presenta una pendiente pronunciada con rocas expuestas. (Vista del puente desde aguas abajo)</p>

Fuente: Equipo de estudio de JICA

2) Puente Lisawe (Municipio de Mulukukú)

El río Lisawe nace en una zona montañosa de la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte (RACCN) y corre a lo largo de la carretera NIC-21B hasta unirse con el río Tuma como su afluente izquierdo en el sector aguas abajo. La sección del canal del río donde ubica el puente existente presenta un canal excavado con rocas que se asoman sobre el lecho del río y en la zona baja de ambas orillas. El ancho del río en la zona del puente es más amplia y abierta que el de aguas arriba observándose algunas acumulaciones de gravas sobre el lecho del río. Predomina un diseño de cauce recto con abundante vegetación en ambas riberas del río. Aunque durante la estación seca se observa la presencia de bancos de arena, no presenta básicamente problemas de socavación o sedimentación puesto que la corriente fluye en forma suave y recta.

Tabla 5-2-6 Condiciones del cauce (Puente Lisawe)

	
<p>Se observan abundantes vegetaciones sobre ambas riberas del cauce aguas arriba. (Vista aguas arriba desde el puente)</p>	<p>Cauce amplio y poco profundo en la zona aguas abajo del río con bancos de arena en ambas riberas. (Vista aguas abajo desde el puente)</p>
	
<p>Rocas expuestas en la zona inmediatamente aguas arriba del puente de la ribera izquierda con abundantes vegetaciones. (Vista aguas arriba desde el lado A2).</p>	<p>Zona de la ribera cercana al lecho con rocas expuestas. (Vista aguas abajo desde el lado A2).</p>

Fuente: Equipo de estudio de JICA

3) Puente Labú (Municipio de Siuna)

El río Siby nace en una zona montañosa de la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte (R.A.C.N) ubicada al norte de la carretera NIC-5 y corre a través de la carretera NIC-21B hasta unirse con el río Prinzapolka en las cercanías de Cuicuina. La sección del canal del río donde ubica el puente existente presenta un canal excavado con rocas que se asoman sobre el lecho del río y en la zona baja de ambas orillas, y un cauce levemente estrecho en la zona aguas arriba del actual puente. El cauce aguas abajo del puente presenta un lecho amplio de poca profundidad con gravas sedimentadas formando una piscina natural. Predomina un diseño de cauce recto con abundante vegetación en ambas riberas aguas arriba del río. No presenta básicamente problemas de socavación o sedimentación debido a que aún durante la estación seca en que se registran bajos niveles de agua, no se observan tramos con grandes sedimentaciones de gravas ya que el lecho y las riberas se encuentran conformados principalmente por rocas.

Tabla 5-2-7 Condiciones del cauce (Puente Labú)

	
<p>Se observan algunas zonas con rocas expuestas en ambas riberas aguas arriba del río, además de árboles y vegetaciones abundantes en ambos lados del río. (vista aguas arriba desde el puente)</p>	<p>El cauce aguas abajo presenta un lecho amplio de poca profundidad con gravas sedimentadas formando una piscina natural. (vista aguas abajo desde el puente)</p>
	
<p>Rocas expuestas en ambos lados de la ribera agua arriba y sobre el lecho con vegetaciones que cubren la zona. (Vista aguas arriba desde el lado A1 del puente)</p>	
	
<p>Rocas expuestas en ambos lados de la ribera agua arriba y sobre el lecho con vegetaciones que cubren la zona. El talud de la ribera presenta una pendiente uniforme. (Vista del lado A1 desde el lado A2 del puente en servicio)</p>	

Fuente: Equipo de estudio de JICA

4) Puente Prinzapolka (Municipio de Siuna)

El río Prinzapolka formado inicialmente del Ulí y Wani que nacen en una zona montañosa del departamento de Jinotega, discurre por la carretera NIC-21B para confluir con el río Siby en el sector de Cuicuina hasta desembocar en el Mar Caribe en Prinzapolka. La sección del canal del río presenta un canal excavado y profundo que desciende en línea recta. Se observan rocas que se asoman tanto en el lecho como en ambas riberas del río, así como bancos de arena aguas arriba y abajo del puente donde el cauce se ve un tanto ensanchado. Se estima que no habrá problemas de socavación o sedimentación dado que no se observan tramos con grandes sedimentaciones o socavaciones.

Tabla 5-2-8 Condiciones del cauce (Puente Prinzapolka)

	
<p>Se observan exposiciones rocosas en ambas riberas aguas arriba y un banco (rocoso) en el medio del cauce. En la zona de choque del agua de la ribera derecha se asoma la superficie rocosa y al fondo un banco arena. (Vista aguas arriba desde el puente)</p>	<p>Se observan exposiciones rocosas en el lecho de la ribera izquierda aguas abajo con algunos tramos de poca profundidad. La vía navegable fluye describiendo suaves meandros observándose también tramos con bancos de arena. (Vista aguas abajo desde el puente)</p>
	
<p>La ribera del lado correspondiente al lado A1 cubierta de vegetaciones presenta una pendiente uniforme. (Vista aguas arriba desde el lado A2)</p>	<p>La ribera del lado correspondiente al lado A2 cubierta de vegetaciones presenta una pendiente uniforme. Se observa también una pequeña corriente de arroyo (Vista aguas abajo desde el lado A2)</p>

Fuente: Equipo de estudio de JICA

5-2-2-2 Establecimiento de las condiciones de diseño

(1) Criterios de diseño y ejecución de las obras de la carretera y los puentes

1) Criterios de diseño y ejecución de las obras de la carretera

El diseño de la carretera seguirá en principio el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras 2011 elaborado por SIECA. Respecto a los detalles no establecidos en el manual, se adoptarán las normas japonesas y la norma AASHTO estadounidense. Por lo tanto, las normas de diseño que se aplicarán al diseñar la carretera serán las siguientes.

- Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA, 2011) (Referencia)
- Ordenanza sobre la Estructura de Carreteras (Japón, diciembre de 2011)
- Norma AASHTO

2) Criterios de diseño y ejecución de las obras del puente

Por su lado, Nicaragua elaboró las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes (NIC-2000) con base en las normas AASHTO de los Estados Unidos. Por lo tanto, se utilizarán las normas de diseño nicaragüense para la sección transversal del puente, la carga viva de diseño y la resistencia estándar de los materiales en caso de que se utilicen los materiales locales. Por otro lado, para los demás elementos, se adoptarán las normas y directrices japonesas en las Especificaciones para Puentes Carreteros y su Guía Práctica (marzo de 2012, Asociación de Carreteras de Japón) en consulta con el MTI.

En el plan básico se definirá el tipo de puente, una vez examinado todo lo necesario para la ejecución del presente proyecto: estudio de las condiciones actuales, selección de la ubicación del puente, revisión del plan de perfil longitudinal del puente, determinación de la dimensión del puente, análisis del tipo de puente y revisión del plan de desarrollo del río.

(2) Lista de condiciones de diseño del puente

Tabla 5-2-9 Lista de condiciones de diseño del puente

Nombre del puente				Puente Mulukukú	Puente Lisawe	Puente Labú	Puente Prinzapolka
Longitud del camino de acceso				200 m	200 m	200 m	200 m
Longitud				176.0 m	80.0 m	92.0 m	105.0 m
Distribución de las luces				53.0+70.0+53.0 m	32.0+48.0 m	52.0+40.0 m	40.0+65.0 m
Ángulo de esviaje				80°	90°	90°	80°
Ancho total				12.100 m			
Clasificación de carretera				Carretera troncal secundaria			
Velocidad de diseño				80 km/h			
Intensidad sísmica de diseño			Nivel I	Suelo tipo I: 135 gal; Suelo tipo II: 160 gal			
			Nivel II	Suelo tipo I: 1350 gal; Suelo tipo II: 1120 gal			
Carga viva de diseño				25% mayor que HS20-44			
Superestructura	Tipo			Viga continua de placa de acero			
	Material a utilizarse	Viga principal	Acero	SMA400W, SBHS400W y SBHS500W			
		Losa	Concreto	$\sigma_{ck}=50N/mm^2$			
	Acero de refuerzo		Grado 60 (Equivalente a SD345)				
	Andén	Concreto	$\sigma_{ck}=24N/mm^2$				
Acero de refuerzo		Grado 60 (Equivalente a SD345)					
Subestructura	Tipo de estribo			Estribo T invertida			
	Tipo de pila			Pila tipo pared en forma oblicua			
	Tipo de pilote de fundación			Pilote fundido en el sitio (Método de perforación rotativa encamisada)			
	Material a utilizarse	Cuerpo	Concreto	$\sigma_{ck}=24N/mm^2$			
			Acero de refuerzo	Grado 60 (Equivalente a SD345)			
		Pilote de fundación	Concreto	$\sigma_{ck}=24N/mm^2$			
Acero de refuerzo			Grado 60 (Equivalente a SD345)				

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

(3) Condiciones del río

1) Altura bajo viga

La altura bajo viga estará acorde a las condiciones planificadas de los puentes cercanos construidos a través de la Cooperación Financiera No Reembolsable de Japón, así como los puentes construidos en el proceso de reconstrucción después del Huracán Mitch, y será tal que satisfaga cada una de las siguientes alturas. Cabe señalar que no hay mucha información hidrológica de los ríos sobre los cuales se construirán los puentes, de manera que es difícil estimar la envergadura de la inundación con un período de retorno de 50 años. Por lo tanto se utilizó el nivel máximo histórico de agua (nivel de agua durante el Huracán Mitch) para determinar la altura bajo viga.

Condición - 1 Altura que se obtiene sumando el nivel de agua de una inundación con período de retorno de 50 años y la altura bajo viga con margen de seguridad establecida en la Ordenanza sobre la Estructura de Instalaciones para el Control del Río de Japón.

Condición -2 Nivel máximo histórico de agua (nivel de agua durante el Huracán Mitch)

2) Distancia mínima entre claros

A fin de mantener el flujo continuo del río durante una inundación, se prestará atención a la distancia mínima entre los claros según el caudal de inundación de diseño que se muestra a continuación, tomando como referencia la Ordenanza sobre la Estructura de Instalaciones para el Control del Río de Japón.

Distancia mínima entre claros: $L=20+0.005Q$

(L: Distancia mínima entre claros (m), Q: Caudal de inundación de diseño (m³/s)

3) Tasa de obstrucción del área de sección transversal del río

Al construir las pilas dentro del río, se prestará atención a la tasa máxima de obstrucción del área de sección transversal del río tomando como referencia la Ordenanza sobre la Estructura de Instalaciones para el Control del Río de Japón para evitar que las pilas obstruyan el flujo del río.

Tasa máxima de obstrucción del área de sección transversal del río: $S=5.0\%$

$S=\Sigma W0/Wr$ (S: Tasa de obstrucción del área de sección transversal del río, ΣW : Suma del ancho de las pilas verticales al flujo, Wr : Ancho del nivel de agua alto estimado)

(4) Condiciones del diseño sismorresistente

1) Revisión de las normas aplicables

Como normas aplicables de diseño antisísmico, se adoptarán las normas de diseño antisísmico de Japón (Especificaciones para Puentes Carreteros), ya que Japón ha experimentado numerosos sismos de gran magnitud y las normas indican diseños razonablemente resistentes a grandes sismos. Las normas japonesas de diseño sismorresistente suponen dos tipos de sismos que se muestran en la Tabla 5-2-10: uno es un movimiento sísmico con alta probabilidad de ocurrencia durante la puesta en servicio del puente (movimiento sísmico nivel I) y el otro es un movimiento sísmico con baja probabilidad de ocurrencia durante la puesta en servicio del puente pero de gran magnitud (movimiento sísmico nivel II). En la Tabla 4-15 se muestra la sismorresistencia que el puente debe tener en el momento de la generación del movimiento sísmico.

Tabla 5-2-10 Movimiento sísmico de diseño y sismorresistencia del puente a alcanzar

Movimiento sísmico de diseño	Sismorresistencia que debe tener el puente
Movimiento sísmico nivel I	Capacidad de no perder la solidez como puente por el sismo. (Cualidad que garantice la seguridad del puente contra caída y las mismas funciones del puente que las de antes de sismo y que no necesite la reparación para recuperar las funciones.)
Movimiento sísmico nivel II	Capacidad de contener los daños causados por el sismo en un nivel limitado y de recuperar rápidamente su funcionamiento como puente.

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

2) Movimiento sísmico nivel I

La Tabla 5-2-11 muestra la aceleración de respuesta máxima a la que se supone que es sometido el puente, calculando la aceleración superficial del suelo del sitio del puente a partir del registro sísmico histórico y la relación de atenuación definida en las Especificaciones para Puentes Carreteros y posteriormente corrigiendo los valores de la aceleración superficial del suelo y la aceleración sobre el puente.

El movimiento sísmico nivel I es supuestamente un sismo de magnitud mediano con período de retorno de aproximadamente 50 años.

Si se calcula el movimiento sísmico nivel I basándose en la Tabla 5-2-11, se estima que los sismos de 1901 y 1925, los cuales ocupan el segundo lugar en términos de magnitud durante casi 100 años entre 1898 y 1992 (se eliminan los años después del 2000 ya que no hay sismos grandes), corresponden a dicho nivel. Se definió como aceleración de respuesta máxima del movimiento sísmico nivel I las siguientes aceleraciones para cada tipo de suelo, siempre optando por una cifra que sea menos arriesgado.

< Aceleración de respuesta máxima del movimiento sísmico nivel I >

Suelo tipo I: 135 gal (Definida con base en el sismo de 1925)

Suelo tipo II: 160 gal (Definida con base en el sismo de 1901)

Tabla 5-2-11 Estimación de la aceleración de respuesta máxima durante los sismos ocurridos en los lugares de ubicación de los puentes

Año del evento	Hipocentro		Magnitud	Distancia epicentral (km)	Aceleración superficial del suelo tipo I (gal)		Aceleración superficial del suelo tipo II (gal)	
	Latitute	Longitute			Superficie del suelo	Aceleración de respuesta máxima	Superficie del suelo	Aceleración de respuesta máxima
1648	12.5	-86.8	---	213.4	----	----	----	----
1663	12.4	-86.6	---	198.1	----	----	----	----
1844	11.0	-84.0	---	260.3	----	----	----	----
1862	12.7	-87.0	---	227.3	----	----	----	----
1870	12.4	-86.6	---	198.1	----	----	----	----
1881	11.5	-86.3	---	235.6	----	----	----	----
1885	12.3	-86.8	---	222.1	----	----	----	----
1898	12.0	-86.0	7.9	172.4	78.0	152.6	107.2	226.6
1901	11.0	-86.5	7.0	132.1	65.3	127.8	73.5	155.2
1916	11.0	-86.0	7.5	265.8	40.3	78.8	50.6	107.0
1925	12.2	-85.2	6.7	111.6	66.4	129.8	69.8	147.4
1926	12.3	-85.8	7.0	293.3	28.2	55.1	31.7	66.9
1930	12.1	-86.2	---	180.1	----	----	----	----
1931	13.2	-85.7	5.6	79.8	52.3	102.3	43.0	90.9
1932	12.0	-87.5	7.6	305.3	36.3	71.0	46.7	98.7
1937	12.6	-87.2	---	286.2	----	----	----	----
1938	12.2	-86.9	---	237.4	----	----	----	----
1938	12.3	-86.9	---	231.3	----	----	----	----
1940	12.5	-87.5	---	285.3	----	----	----	----
1951	13.0	-87.5	6.0	276.6	18.3	35.7	16.4	34.7
1951	13.0	-87.5	5.5	276.6	14.2	27.9	11.5	24.2
1955	13.0	-87.0	6.2	222.3	25.6	50.1	24.1	50.9
1956	12.2	-86.7	7.3	217.6	45.3	88.5	54.4	115.0
1963	12.2	-86.9	5.5	237.4	16.8	32.9	13.5	28.6
1968	12.1	-86.2	4.6	180.1	14.4	28.2	9.5	20.1
1972	12.4	-86.1	6.2	150.1	38.6	75.5	36.3	76.7
1985	11.7	-85.8	6.0	186.0	28.0	54.8	25.2	53.2
1992	11.7	-87.4	7.7	303.4	38.4	75.2	50.5	106.8
2000	11.9	-86.0	5.4	181.1	21.4	41.8	16.8	35.5
2004	12.0	-86.5	5.6	213.5	19.8	38.8	16.3	34.5
2009	13.5	-86.1	4.4	123.3	19.2	37.5	12.1	25.5
2014	12.5	-86.4	6.1	170.0	32.3	63.2	29.7	62.8
2014	12.2	-86.3	5.1	183.1	18.2	35.6	13.4	28.3

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

3) Movimiento sísmico nivel II

Es sumamente difícil estimar el movimiento sísmico nivel II dado que es definido como un sismo con período de retorno de unos siglos. Por lo tanto, como se muestra a continuación, se definió la aceleración de respuesta máxima del movimiento sísmico nivel II con base en la diferencia entre el movimiento sísmico nivel I y el nivel II en las normas de sismorresistencia de Japón.

< Aceleración de respuesta máxima del movimiento sísmico nivel II >

Suelo tipo I: $135 \times 2000 \text{gal} / 200 \text{gal} = 1350 \text{gal}$

Suelo tipo II: $160 \times 1750 \text{gal} / 250 \text{gal} = 1120 \text{gal}$

(5) Condiciones del suelo

Se definieron las condiciones del suelo de los puentes con base en los resultados obtenidos de la perforación y las pruebas en espacio cerrado.

1) Condiciones del suelo del Puente Mulukukú

Tabla 5-2-12 Lista de constantes de suelo (Puente Mulukukú)

[Puente MULUKUKU]

Nombre de los estratos	Valor N de diseño	Peso por unidad de volumen Y (kN/m ³)	Adhesividad c (kN/m ²)	Angulo de fricción interna φ (°)	Módulo de deformación αE0	
					Permanente (kN/m ²)	Durante un terremoto (kN/m ²)
Arcilla	ML	10	50	---	28,000	56,000
Arena	SM	3	---	25	8,400	16,800
Arcilla	CL	14	50	---	39,200	78,400
Arena	SC	27	---	27	75,600	151,200
Bolón (Grava)		50	---	38	140,000	280,000
Roca		68	60	37	195,600	391,200

※) Indicar un valor de αE0. Permanente α = 1 Durante un terremoto α = 2.



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Tabla 5-2-13 Resultados de la determinación de tipo de suelo (Puente Mulukukú)

Nombre del punto de perforación A-1						
Número	Clasificación de suelos	Suelo	Ni	Vs (m/s)	Hi (m)	Tg=4Hi/Vs(sec)
1	Capa de Arcilla (ML)	Arcilla	10	215	4.50	0.084
2	Capa de Arcilla (CL)	Arcilla	14	241	4.50	0.075
3	Capa de Bolones	Arena	50	295	1.30	0.018
4						
Total de Tg						0.177
Tipo de suelo						Suelo tipo I

Nombre del punto de perforación P-1						
Número	Clasificación de suelos	Suelo	Ni	Vs (m/s)	Hi (m)	Tg=4Hi/Vs(sec)
1	Capa de Arena (SM)	Arena	3	115	0.90	0.031
2	Capa de Bolones	Arena	50	295	2.35	0.032
3	Capa de Arcilla (CL)	Arcilla	14	241	0.55	0.009
4						
Total de Tg						0.072
Tipo de suelo						Suelo tipo I

Nombre del punto de perforación P-2						
Número	Clasificación de suelos	Suelo	Ni	Vs (m/s)	Hi (m)	Tg=4Hi/Vs(sec)
1	Capa de Arcilla (ML)	Arcilla	10	215	2.25	0.042
2	Capa de Arena (SC)	Arena	27	240	1.65	0.028
3	Capa de Bolones	Arena	50	295	1.30	0.018
4						
Total de Tg						0.088
Tipo de suelo						Suelo tipo I

Nombre del punto de perforación A-2						
Número	Clasificación de suelos	Suelo	Ni	Vs (m/s)	Hi (m)	Tg=4Hi/Vs(sec)
1	Capa de Arena (SC)	Arena	27	240	3.45	0.058
2	Capa de Bolones	Arena	50	295	4.35	0.059
3						
Total de Tg						0.117
Tipo de suelo						Suelo tipo I

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

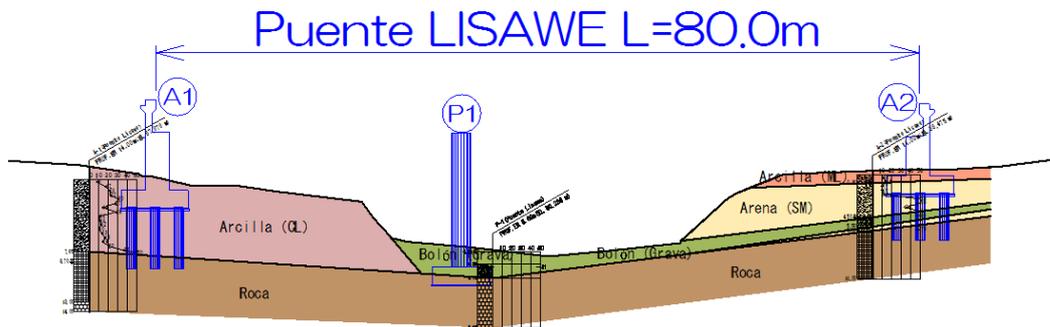
2) Condiciones del suelo del Puente Lisawe

Tabla 5-2-14 Lista de constantes de suelo (Puente Lisawe)

[Puente LISAWÉ]

Nombre de los estratos	Valor N de diseño	Peso por unidad de volumen γ (kN/m ³)	Adhesividad c (kN/m ²)	Angulo de fricción interna ϕ (°)	Módulo de deformación αE_0		
					Permanente (kN/m ²)	Durante un terremoto (kN/m ²)	
Arcilla	CL	14	18	50	---	39,200	78,400
Arcilla	ML	13	18	50	---	36,400	72,800
Arena	SM	10	17	---	25	28,000	56,000
Bolón (Grava)		26	19	---	37	72,800	145,600
Roca		139	20	76	37	320,000	640,000

※) Indicar un valor de αE_0 . Permanente $\alpha = 1$ Durante un terremoto $\alpha = 2$.



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Tabla 5-2-15 Resultados de la determinación de tipo de suelo (Puente Lisawe)

Nombre del punto de perforación: A-1						
Número	Clasificación de suelos	Suelo	Ni	Vs (m/s)	Hi (m)	Tg=4Hi/Vs(sec)
1	Capa de Arcilla (CL)	Arcilla	14	241	7.65	0.127
2						
Total de Tg						0.127
Tipo de suelo						Suelo tipo I

Nombre del punto de perforación: P-1						
Número	Clasificación de suelos	Suelo	Ni	Vs (m/s)	Hi (m)	Tg=4Hi/Vs(sec)
1	Capa de Bolones	Arena	26	237	2.75	0.046
2						
Total de Tg						0.046
Tipo de suelo						Suelo tipo I

Nombre del punto de perforación: A-2						
Número	Clasificación de suelos	Suelo	Ni	Vs (m/s)	Hi (m)	Tg=4Hi/Vs(sec)
1	Capa de Arcilla (ML)	Arcilla	13	235	0.90	0.015
2	Capa de Arena (SM)	Arena	10	172	3.60	0.084
3	Capa de Bolones	Arena	26	237	1.00	0.017
4	Capa de Arena (SM)	Arena	10	172	0.45	0.010
5						
Total de Tg						0.126
Tipo de suelo						Suelo tipo I

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

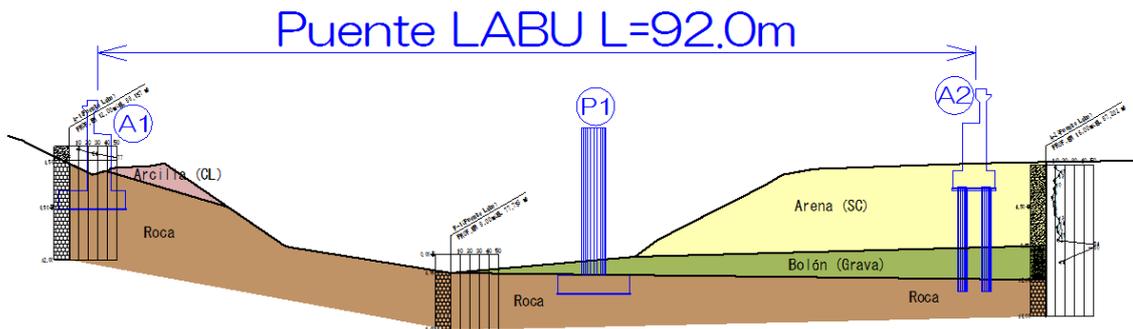
3) Condiciones del suelo del Puente Labú

Tabla 5-2-16 Lista de constantes de suelo (Puente Labú)

Nombre de los estratos		Valor N de diseño	Peso por unidad de volumen γ (kN/m ³)	Adhesividad c (kN/m ²)	Angulo de fricción interna ϕ (°)	Módulo de deformación αE_0	
						Permanente (kN/m ²)	Durante un terremoto (kN/m ²)
Arcilla	CL	10	18	50	---	28,000	56,000
Arena	SC	9	17	---	25	25,200	50,400
Bolón (Grava)		19	19	---	34	53,200	106,400
Roca		139	20	76	37	320,000	640,000

[Puente LABU]

※) Indicar un valor de αE_0 , Permanente $\alpha = 1$ Durante un terremoto $\alpha = 2$.



※Debido a que el suelo por el Estribo A1 está muy hundido en el lado de aguas abajo y se debe asegurar un recubrimiento de más de 50 cm en el punto hundido, el recubrimiento por el eje de la carretera será de gran espesor.

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Tabla 5-2-17 Resultados de la determinación de tipo de suelo (Puente Labú)

Nombre del punto de perforación		A-1				
Número	Clasificación de suelos	Suelo	Ni	Vs (m/s)	Hi (m)	Tg=4Hi/Vs(sec)
1	Capa de Arcilla (CL)	Arcilla	10	215	1.50	0.028
2						
Total de Tg						0.028
Tipo de suelo						Suelo tipo I

Nombre del punto de perforación		P-1				
Número	Clasificación de suelos	Suelo	Ni	Vs (m/s)	Hi (m)	Tg=4Hi/Vs(sec)
1						
2						
Total de Tg						0
Tipo de suelo						Suelo tipo I

Nombre del punto de perforación		A-2				
Número	Clasificación de suelos	Suelo	Ni	Vs (m/s)	Hi (m)	Tg=4Hi/Vs(sec)
1	Capa de Arena (SC)	Arena	9	166	8.55	0.206
2	Capa de Bolones	Arena	19	213	3.60	0.068
3						
4						
5						
Total de Tg						0.274
Tipo de suelo						Suelo tipo II

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

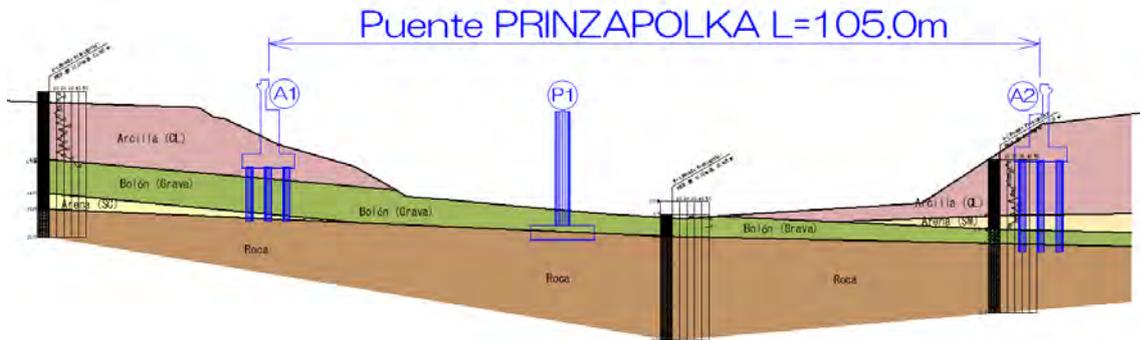
4) Condiciones del suelo del Puente Prinzapolka

Tabla 5-2-18 Lista de constantes de suelo (Puente Prinzapolka)

[Puente PRINZAPOLKA]

Nombre de los estratos	Valor N de diseño	Peso por unidad de volumen γ (kN/m ³)	Adhesividad c (kN/m ²)	Angulo de fricción interna ϕ (°)	Módulo de deformación αE_0	
					Permanente (kN/m ²)	Durante un terremoto (kN/m ²)
Arcilla	CL	13	50	---	36,400	72,800
Arena	SM	14	---	27	39,200	78,400
Bolón (Grava)		29	---	35	81,200	162,400
Arena	SC	29	---	27	81,200	162,400
Roca		81	10	35	220,000	440,000

※) Indicar un valor de αE_0 , Permanente $\alpha = 1$ Durante un terremoto $\alpha = 2$.



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Tabla 5-2-19 Resultados de la determinación de tipo de suelo (Puente Prinzapolka)

Nombre del punto de perforación: A-1						
Número	Clasificación de suelos	Suelo	Ni	Vs (m/s)	Hi (m)	Tg=4Hi/Vs(sec)
1	Capa de Arcilla (CL)	Arcilla	13	235	9.35	0.159
2	Capa de Bolones	Arena	29	246	4.65	0.076
3	Capa de Arena (SC)	Arena	29	246	2.15	0.035
4						
Total de Tg						0.270
Tipo de suelo						Suelo tipo II

Nombre del punto de perforación: P-1						
Número	Clasificación de suelos	Suelo	Ni	Vs (m/s)	Hi (m)	Tg=4Hi/Vs(sec)
1	Capa de Bolones	Arena	29	246	4.80	0.078
2						
Total de Tg						0.078
Tipo de suelo						Suelo tipo I

Nombre del punto de perforación: A-2						
Número	Clasificación de suelos	Suelo	Ni	Vs (m/s)	Hi (m)	Tg=4Hi/Vs(sec)
1	Capa de Arcilla (CL)	Arcilla	13	235	7.65	0.130
2	Capa de Arena (SM)	Arena	14	193	1.90	0.039
3	Capa de Bolones	Arena	29	246	1.95	0.032
4						
Total de Tg						0.201
Tipo de suelo						Suelo tipo II

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

(6) Condiciones de diseño del camino de acceso

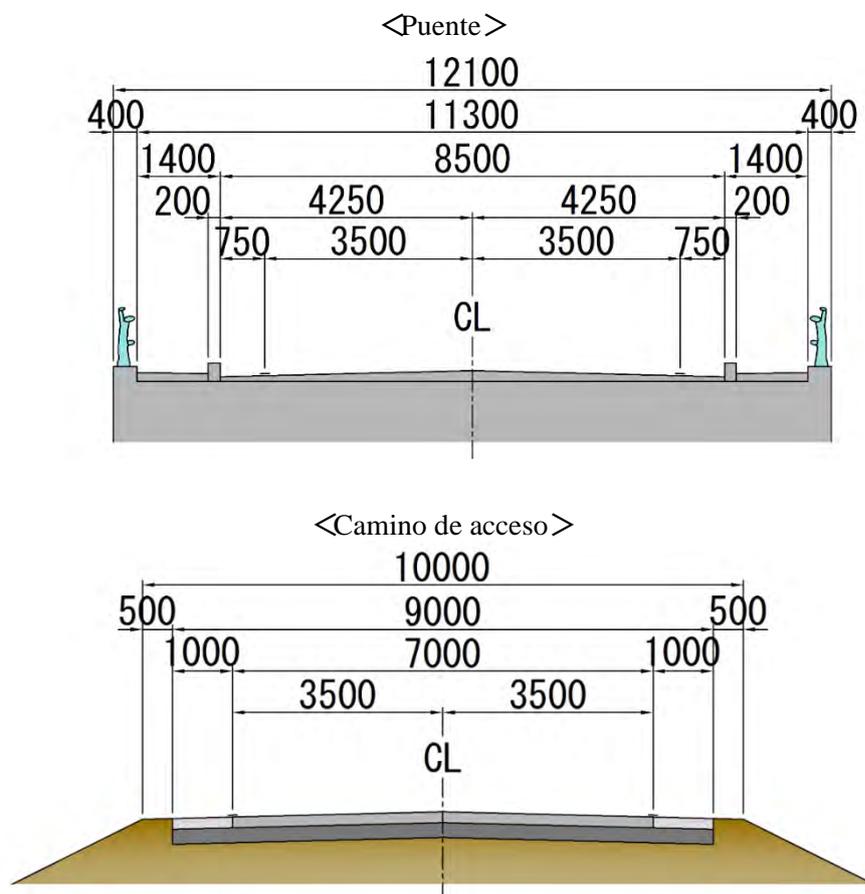
Las condiciones de diseño de los caminos de acceso y del puente estarán de acuerdo con los criterios de diseño del proyecto de construcción de NIC-21B que está actualmente en ejecución, procurando de esta manera mantener la coherencia en toda la carretera.

1) Categoría de la carretera y velocidad de diseño

- Categoría de la carretera: Carretera troncal rural
- Velocidad de diseño: De 60 km/h a 80 km/h

Si la topografía no permite, se podrá reducir la velocidad hasta 60km/h, pero básicamente se asegurará la velocidad de 80km/h.

2) Sección transversal estándar



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura 5-2-1 Sección transversal estándar

En coordinación con el plan de tramos viales antes y después de los puentes, en principio no se construirá vereda en el tramo de obra civil, sin embargo, sobre los puentes donde no hay escape hacia el lado lateral, se pondrá la vereda.

3) Criterios estructurales geométricos

A continuación, se muestra la lista de los criterios estructurales geométricos del MTI.

Tabla 5-2-20 Lista de los criterios estructurales geométricos

DESCRIPCIÓN	COLECTORAS		
	Rurales		
TPDA, vehículos promedio diario	3,000 - 500		
VHD, vehículos por hora	450 - 75		
Vehículo de Diseño	WB-15		
Tipo de Terreno	P	O	M
Velocidad de Diseño o Directriz, km/hora	70	60	50
Número de Carriles	2		
Ancho de Carril, metros	3.3		
Ancho de Hombros/Espaldones, metros	1.2 - 1.5		
Tipo de Superficie de Rodamiento	Pav.Grava		
Dist de Visibilidad de Parada, metros	65-110		
Dist,de Visib,Adelantamiento,metros	350-480		
Radio Min,de Curva,Peralte 6%, metros	90-195		
Máximo Grado de Curva	12°44'- 5°53'		
Pendiente Longitudinal Max, porcentaje	10		
Sobreelevación, porcentaje	10		
Pendiente Transversal de Calzada, %	1.5 - 3		
Pendiente de Hombros, porcentaje	2 - 5		
Ancho de Puentes entre bordillos, metros	7.8 - 8.1		
Carga de Diseño de Puentes(AASHTO)	HS20-44		
Ancho de Derecho de vía, metros	20 - 30		
Ancho de Mediana, metros	-		
Nivel de Servicio, según e HCM	C-D		
Tipo de Control de Acceso	N/A		
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	TR-CR		

Fuente: MTI

P: Plano

O: Ondulado

M: Montañoso

5-2-2-3 Revisión de la ubicación del puente

(1) Revisión de la macro franja de paso

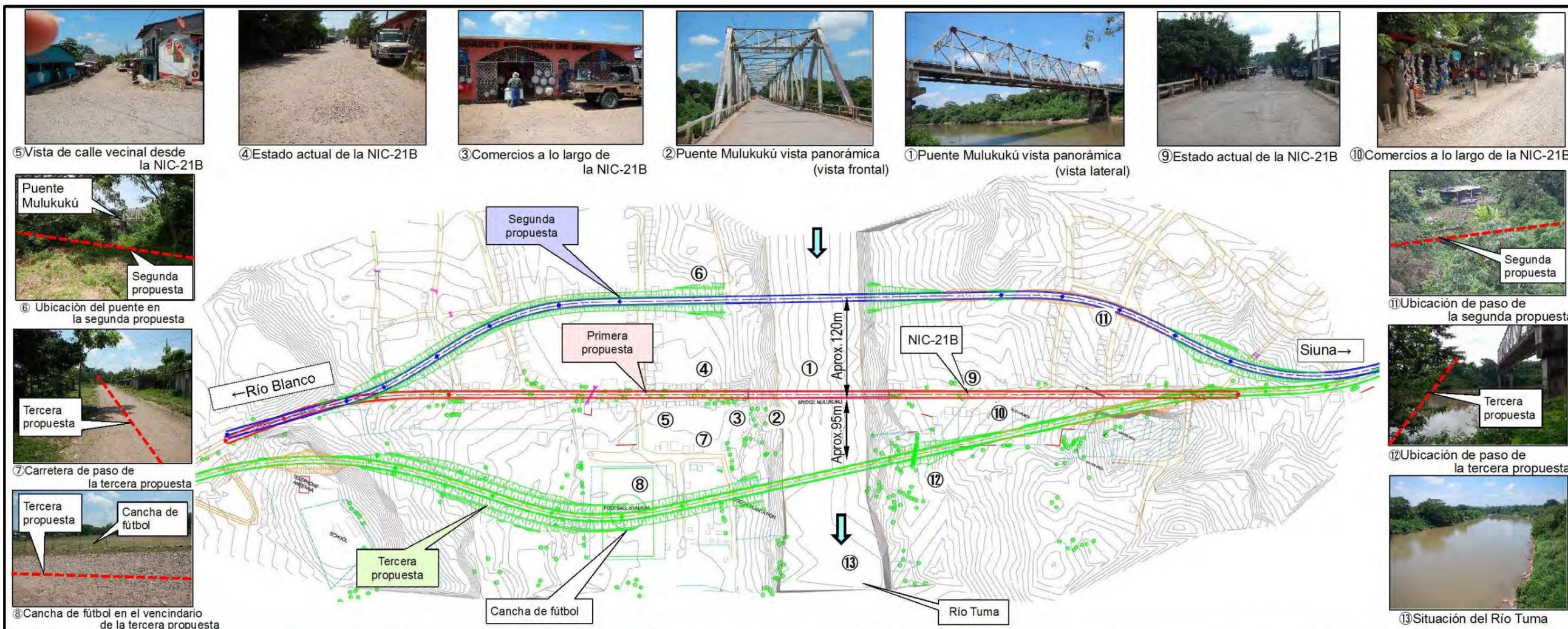
Para examinar la ubicación del puente se realizó de forma macroscópica una revisión comparativa de la franja de paso de las propuestas de ubicación, una aguas arriba y otra aguas abajo, primeramente considerando la ubicación actual como base y buscando cómo ajustar al alineamiento de los tramos viales antes y después del puente (diseños geométricos de planta y perfil longitudinal).

Como resultado de la revisión de la macro franja de paso, se aclaró que las siguientes franjas son las más ventajosas.

- Puente Mulukukú: Propuesta de ubicación aguas abajo
- Puente Lisawe: Propuesta de ubicación aguas arriba
- Puente Labú: Propuesta de ubicación aguas arriba
- Puente Prinzapolka: Propuesta de ubicación aguas abajo

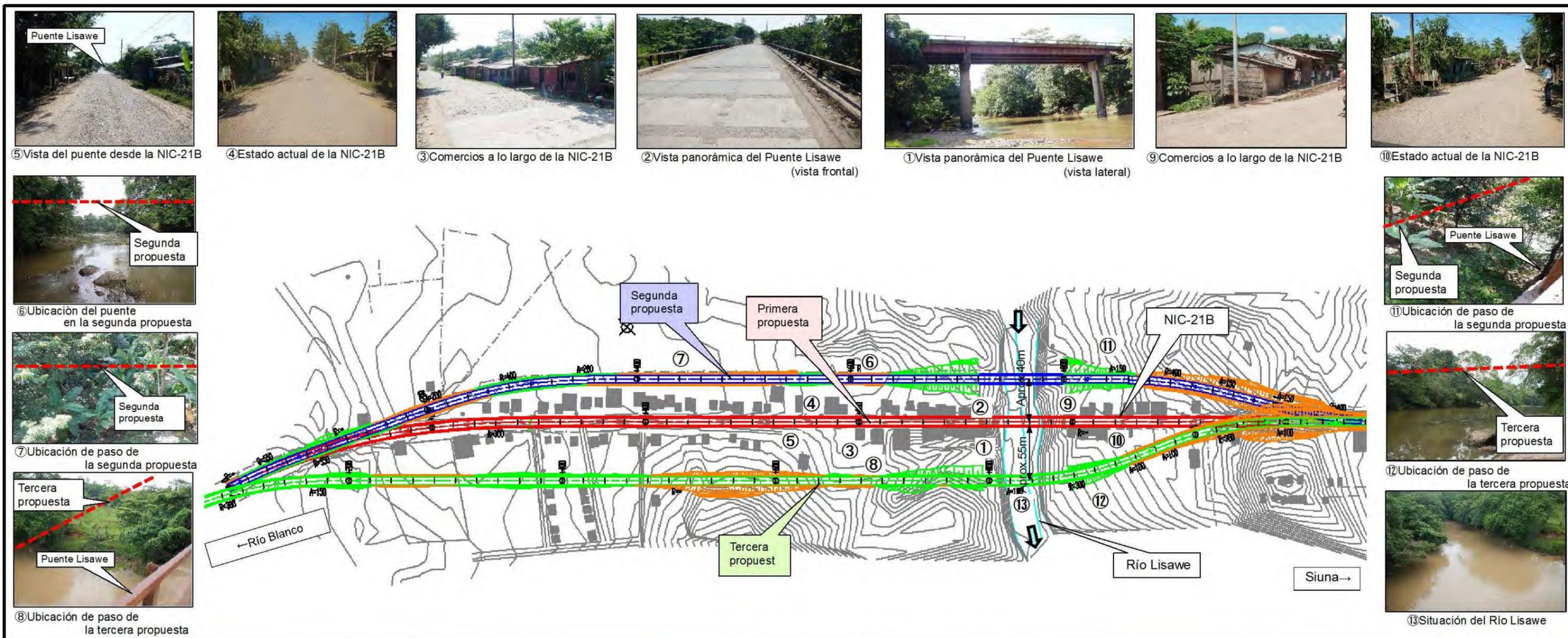
En las páginas siguientes se muestran las tablas comparativas de las macro franjas de paso correspondientes a cada uno de los puentes. La distancia de desplazamiento de cada puente en caso de cambiar la alineación para analizar las propuestas, representa la distancia desde el centro del puente.

Tabla 5-2-21 Tabla comparativa sobre la ubicación de los puentes (Puente Mulukukú)



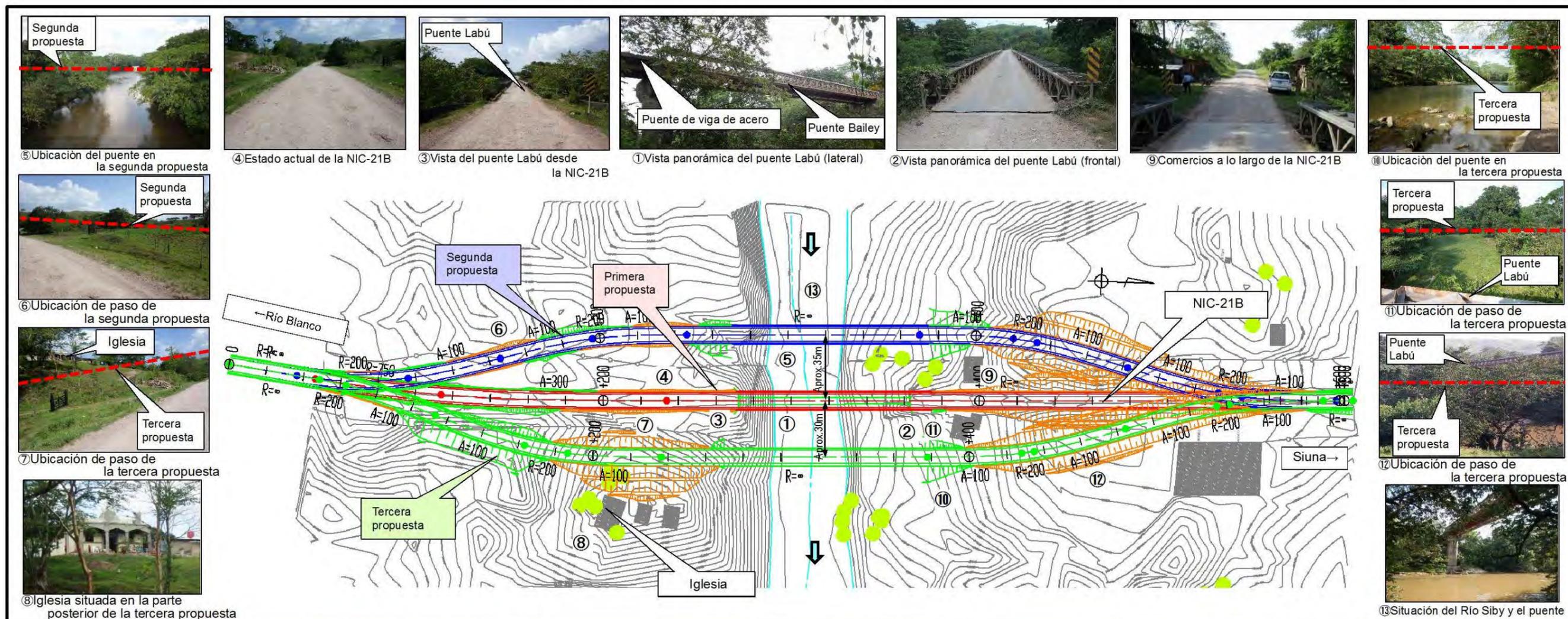
Propuesta alternativa	Primera Propuesta (Ubicación actual del puente)	Segunda propuesta (cambio a 120m aguas arriba)	Tercera propuesta (cambio a 95m aguas abajo)
Descripción general de la propuesta alternativa	<ul style="list-style-type: none"> Propuesta de mantener la ubicación actual del puente 	<ul style="list-style-type: none"> Propuesta para cambiar la ubicación del puente a aproximadamente 120m aguas arriba de la ubicación actual. 	<ul style="list-style-type: none"> Propuesta para cambiar la ubicación del puente a aproximadamente 95m aguas abajo de la ubicación actual.
Estructura del nuevo puente (Longitud del puente)	<ul style="list-style-type: none"> Puente de vigas principales continuas de placa de acero de tres claros (longitud del puente $L=52.5m + 70.0 + 52.5m=175.0m$) 	<ul style="list-style-type: none"> Puente de vigas principales continuas de placa de acero de tres claros (longitud del puente $L=52.5m + 70.0 + 52.5m=175.0m$) 	<ul style="list-style-type: none"> Puente de vigas principales continuas de placa de acero de tres claros (longitud del puente $L=52.5m + 70.0 + 52.5m=175.0m$)
Linealidad de la vía de acceso	<ul style="list-style-type: none"> El actual puente es una línea recta y como se trata de volver a construirlo, la horizontalidad es muy buena. 	<ul style="list-style-type: none"> Aunque el puente se conecta en línea recta y la horizontalidad es buena, existen curvas en las zonas adyacentes a las vías actuales por lo tanto la linealidad es inferior. 	<ul style="list-style-type: none"> Igual que el de la izquierda.
Necesidad de un puente temporal y un desvío	<ul style="list-style-type: none"> Debido a que se va a volver a construir el puente actual es necesario construir un puente temporal y un desvío. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que el nuevo puente se va a construir aguas arriba, se podrá seguir utilizando el puente actual y sus caminos de acceso. No será necesario construir una puente temporal ni un desvío. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que el nuevo puente se va a construir aguas abajo, se podrá seguir utilizando el puente actual y sus caminos de acceso. No será necesario construir una puente temporal ni un desvío.
Limitantes de la construcción	<ul style="list-style-type: none"> Ya que existen negocios y viviendas a lo largo de la ruta nacional, durante la construcción se verán afectados los vehículos, peatones, etc. Existen mayores limitaciones para la construcción en comparación con las otras alternativas. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que se encuentra alejado aproximadamente 120m, durante la construcción no se verá afectado el puente actual ni los caminos actuales. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que se encuentra alejado aproximadamente 75m, durante la construcción no se verá afectado el puente actual ni los caminos actuales.
Consideraciones ambientales y sociales	<ul style="list-style-type: none"> Ya que se trata de volver a construir un puente existente, en principio no será necesario trasladar a la población ni adquirir terrenos. Sin embargo, durante la remoción y nueva construcción de los pilares del puente, se podrá requerir remover o trasladar temporalmente negocios o viviendas, así como alquilar terrenos situados al pie del puente. 	<ul style="list-style-type: none"> En el lugar de la construcción del nuevo puente no hay viviendas, sin embargo en el lugar de construcción de las nuevas caminos de acceso hay alrededor de diez viviendas, por lo que será necesario reubicar a esa población. Además, se requiere la adquisición de tierras para la construcción de las nuevas caminos de acceso. 	<ul style="list-style-type: none"> En el lugar de la construcción del nuevo puente no hay viviendas, sin embargo en el lugar de construcción de las nuevas caminos de acceso hay algunas viviendas, por lo que será necesario reubicar a esa población. Además, se requiere la adquisición de tierras para la construcción de carreteras de montaje.
Construcción (proporción del costo de construcción)	<ul style="list-style-type: none"> Construcción de nuevo puente, puente temporal, desvíos y remoción del puente actual (proporción del costo de construcción: 1.000) 	<ul style="list-style-type: none"> Construcción de nuevo puente, construcción de nuevas caminos de acceso(1.02 km), desvíos y remoción del puente actual (proporción del costo de construcción: 0.882) 	<ul style="list-style-type: none"> Construcción de nuevo puente, construcción de nuevas caminos de acceso(1.74 km), desvíos y remoción del puente actual (proporción del costo de construcción: 0.905)
Evaluación integral	<ul style="list-style-type: none"> Ya que es necesario construir un puente temporal y desvíos, el costo no es tan económico como en las otras propuestas. En principio no es necesario trasladar pobladores, remover edificaciones ni adquirir terreno, pero podrá ser necesario remover y reubicar temporalmente los negocios y las viviendas ubicadas al pie del puente, así como alquilar terreno. Además, ya que hay negocios y viviendas a lo largo de la ruta, se debe tomar en consideración los aspectos socio ambientales durante la obra. 	<ul style="list-style-type: none"> Existe la necesidad de construir nuevas caminos de acceso, sin embargo ya que no hay necesidad de construir un puente temporal ni desvíos, desde el punto de vista de la economía, esta propuesta es mejor que la propuesta número uno. Ya que para construir las caminos de acceso se necesitará reubicar al menos 10 viviendas y que además será necesario adquirir terrenos, pueden surgir problemas socio ambientales. 	<ul style="list-style-type: none"> Se requiere construir un nuevo camino de acceso, por lo que resulta más largo el puente que el propuesto en la alternativa 2, siendo relativamente inferior en la eficiencia económica en general, aunque no se necesita instalar un puente provisional y una ruta de desvío. Se necesita trasladar el campo de fútbol. Para construir el camino de acceso, algunos pobladores deberán trasladarse, siendo necesaria la expropiación de terreno, por lo que habrá problemas sobre las consideraciones ambientales y sociales, sin embargo, el impacto será más pequeño en comparación con la alternativa 2.

Tabla 5-2-22 Tabla comparativa sobre la ubicación de los puentes (Puente Lisawe)



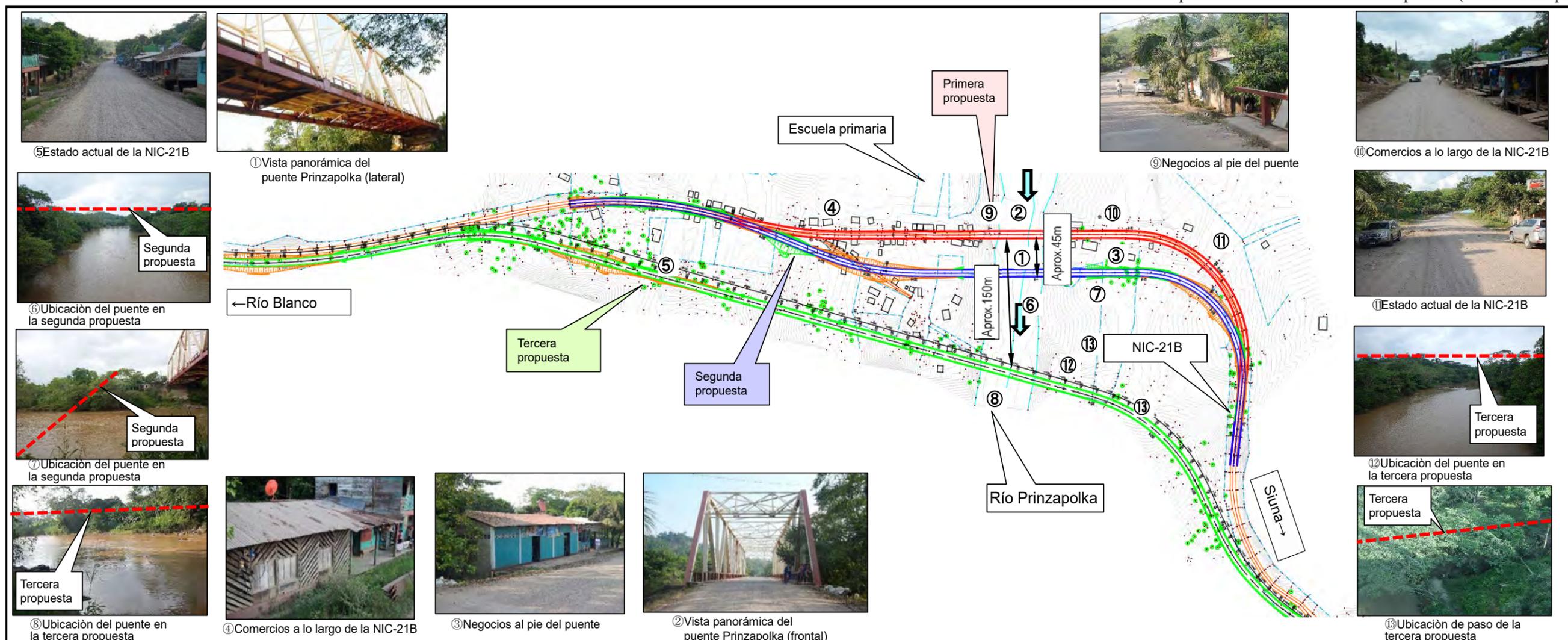
Propuesta alternativa	Primera Propuesta (Ubicación actual del puente)	Segunda propuesta (cambio a 40m aguas arriba)	Tercera propuesta (cambio a 55m aguas abajo)
Descripción general de la propuesta alternativa	<ul style="list-style-type: none"> Propuesta de mantener la ubicación actual del puente 	<ul style="list-style-type: none"> Propuesta para cambiar la ubicación del puente a aproximadamente 40m aguas arriba de la ubicación actual. 	<ul style="list-style-type: none"> Propuesta para cambiar la ubicación del puente a aproximadamente 55m aguas abajo de la ubicación actual.
Estructura del nuevo puente (Longitud del puente)	<ul style="list-style-type: none"> Puente de vigas principales continuas de placa de acero de dos claros (longitud del puente L=2@40.0m=80.0m) 	<ul style="list-style-type: none"> Puente de vigas principales continuas de placa de acero de dos claros (longitud del puente L=2@40.0m=80.0m) 	<ul style="list-style-type: none"> Puente de vigas principales continuas de placa de acero de dos claros (longitud del puente L=2@40.0m=80.0m)
Linealidad de la vía de acceso	<ul style="list-style-type: none"> El actual puente es una línea recta y como se trata de volver a construirlo, la horizontalidad es muy buena. 	<ul style="list-style-type: none"> Aunque el puente se conecta en línea recta y la horizontalidad es buena, existen curvas en las zonas adyacentes a las vías actuales por lo tanto la linealidad es inferior. 	<ul style="list-style-type: none"> Igual que el de la izquierda.
Necesidad de un puente temporal y un desvío	<ul style="list-style-type: none"> Debido a que se va a volver a construir el puente actual es necesario construir un puente temporal y un desvío. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que el nuevo puente se va a construir aguas arriba, se podrá seguir utilizando el puente actual y sus caminos de acceso. No será necesario construir una puente temporal ni un desvío. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que el nuevo puente se va a construir aguas abajo, se podrá seguir utilizando el puente actual y sus caminos de acceso. No será necesario construir una puente temporal ni un desvío.
Limitantes de la construcción	<ul style="list-style-type: none"> Ya que existen negocios y viviendas a lo largo de la ruta nacional, durante la construcción se verán afectados los vehículos, peatones, etc. Existen mayores limitaciones para la construcción en comparación con las otras alternativas. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que se encuentra alejado aproximadamente 40m, durante la construcción no se verá afectado el puente actual ni los caminos actuales. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que se encuentra alejado aproximadamente 55m, durante la construcción no se verá afectado el puente actual ni los caminos actuales.
Consideraciones ambientales y sociales	<ul style="list-style-type: none"> Ya que se trata de volver a construir un puente existente, en principio no será necesario trasladar a la población ni adquirir terrenos. Sin embargo, durante la remoción y nueva construcción de los pilares del puente, se podrá requerir remover o trasladar temporalmente negocios o viviendas, así como alquilar terrenos situados al pie del 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que no hay pobladores en el lugar de la construcción del puente nuevo y los caminos de acceso, no será necesario reubicar pobladores. Sin embargo, será necesario adquirir terrenos para la construcción de los caminos de acceso. 	<ul style="list-style-type: none"> Igual que el de la izquierda.
Construcción (proporción del costo de construcción)	<ul style="list-style-type: none"> Construcción de nuevo puente, puente temporal, desvíos y remoción del puente actual (proporción del costo de construcción: 1.000) 	<ul style="list-style-type: none"> Construcción de nuevo puente, construcción de nuevos caminos de acceso(0.99km), desvíos y remoción del puente actual (proporción del costo de construcción: 0.918) 	<ul style="list-style-type: none"> Construcción de nuevo puente, construcción de nuevos caminos de acceso(0.96km), desvíos y remoción del puente actual (proporción del costo de construcción: 0.916)
Evaluación integral	<ul style="list-style-type: none"> Ya que es necesario construir un puente temporal y desvíos, el costo no es tan económico como en las otras propuestas. En principio no es necesario trasladar pobladores, remover edificaciones ni adquirir terreno, pero podrá ser necesario remover y reubicar temporalmente los negocios y las viviendas ubicadas al pie del puente, así como alquilar terreno. Además, ya que hay negocios y viviendas a lo largo de la ruta, se debe tomar en consideración los aspectos socio ambientales durante la obra. 	<ul style="list-style-type: none"> Existe la necesidad de construir nuevos caminos de acceso, sin embargo ya que no hay necesidad de construir un puente temporal ni desvíos, desde el punto de vista de la economía, esta propuesta es mejor que la propuesta número uno. La horizontalidad general es mejor que en la propuesta número tres. Existe la necesidad de adquirir terrenos para la construcción del nuevo puente y sus caminos de acceso, pero no es necesario reubicar pobladores. 	<ul style="list-style-type: none"> Existe la necesidad de construir nuevos caminos de acceso, sin embargo éstas serían menores a las de la propuesta número dos y ya que no necesita un puente temporal ni desvíos, es la mejor propuesta en cuanto a eficiencia económica. La horizontalidad general no supera a la de la propuesta número dos. El puente tendrá una curva. Existe la necesidad de adquirir terrenos para la construcción del nuevo puente y sus caminos de acceso, pero no es necesario reubicar pobladores.

Tabla 5-2-23 Tabla comparativa sobre la ubicación de los puentes (Puente Labú)



Propuesta alternativa	Primera Propuesta (Ubicación actual del puente)	Segunda propuesta (cambio a 35m aguas arriba)	Tercera propuesta (cambio a 30m aguas abajo)
Descripción general de la propuesta alternativa	<ul style="list-style-type: none"> Propuesta de mantener la ubicación actual del puente 	<ul style="list-style-type: none"> Propuesta para cambiar la ubicación del puente a aproximadamente 35m aguas arriba de la ubicación actual. 	<ul style="list-style-type: none"> Propuesta para cambiar la ubicación del puente a aproximadamente 30m aguas abajo de la ubicación actual.
Estructura del nuevo puente (Longitud del puente)	<ul style="list-style-type: none"> Puente de vigas principales continuas de placa de acero de dos claros (longitud del puente L=2@45.0m=90.0m) 	<ul style="list-style-type: none"> Puente de vigas principales continuas de placa de acero de dos claros (longitud del puente L=2@45.0m=90.0m) 	<ul style="list-style-type: none"> Puente de vigas principales continuas de placa de acero de dos claros (longitud del puente L=2@45.0m=90.0m)
Linealidad de la vía de acceso	<ul style="list-style-type: none"> El actual puente es una línea recta y como se trata de volver a construirlo, la horizontalidad es muy buena. 	<ul style="list-style-type: none"> Aunque el puente se conecta en línea recta y la horizontalidad es buena, existen curvas en las zonas adyacentes a las vías actuales por lo tanto la linealidad es inferior. 	<ul style="list-style-type: none"> Igual que el de la izquierda.
Necesidad de un puente temporal y un desvío	<ul style="list-style-type: none"> Debido a que se va a volver a construir el puente actual es necesario construir un puente temporal y un desvío. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que el nuevo puente se va a construir aguas arriba, se podrá seguir utilizando el puente actual y sus caminos de acceso. No será necesario construir una puente temporal ni un desvío. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que el nuevo puente se va a construir aguas abajo, se podrá seguir utilizando el puente actual y sus caminos de acceso. No será necesario construir una puente temporal ni un desvío.
Limitantes de la construcción	<ul style="list-style-type: none"> Hacia el lado de Siuna hay 3 locales de negocio a lo largo de la ruta, y la construcción puede tener impacto sobre los peatones, en este sentido existen relativamente mayor limitantes para la construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que se encuentra alejado aproximadamente 35m, durante la construcción no se verá afectado el puente actual ni los caminos actuales. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que se encuentra alejado aproximadamente 30m, durante la construcción no se verá afectado el puente actual ni los caminos actuales.
Consideraciones ambientales y sociales	<ul style="list-style-type: none"> Ya que se trata de volver a construir un puente existente, en principio no será necesario trasladar a la población ni adquirir terrenos. Sin embargo, durante la remoción y nueva construcción de los pilares del puente, se podrá requerir remover o trasladar temporalmente negocios, así como alquilar terrenos situados al pie del puente. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que no hay pobladores en el lugar de la construcción del puente nuevo y los caminos de acceso, no será necesario reubicar pobladores. Sin embargo, será necesario adquirir terrenos para la construcción de los caminos de acceso. 	<ul style="list-style-type: none"> Igual que el de la izquierda.
Construcción (proporción del costo de construcción)	<ul style="list-style-type: none"> Construcción de nuevo puente, puente temporal, desvíos y remoción del puente actual (proporción del costo de construcción: 1.000) 	<ul style="list-style-type: none"> Construcción de nuevo puente, construcción de nuevos caminos de acceso (0.42km), desvíos y remoción del puente actual (proporción del costo de construcción: 0.874) 	<ul style="list-style-type: none"> Construcción de nuevo puente, construcción de nuevos caminos de acceso (0.40km), desvíos y remoción del puente actual (proporción del costo de construcción: 0.872)
Evaluación integral	<ul style="list-style-type: none"> Ya que es necesario construir un puente temporal y desvíos, el costo no es tan económico como en las otras propuestas. En principio no es necesario trasladar pobladores, remover edificaciones ni adquirir terreno, pero podrá ser necesario remover y reubicar temporalmente los negocios y las viviendas ubicadas al pie del puente del lado de Siuna, así como alquilar terreno. 	<ul style="list-style-type: none"> Existe la necesidad de construir nuevos caminos de acceso, sin embargo ya que no hay necesidad de construir un puente temporal ni desvíos, desde el punto de vista de la economía, esta propuesta es mejor que la propuesta número uno. Existe la necesidad de adquirir terrenos para la construcción del nuevo puente y sus caminos de acceso, pero no es necesario reubicar pobladores. 	<ul style="list-style-type: none"> Existe la necesidad de construir nuevos caminos de acceso, sin embargo éstas serían menores a las de la propuesta número dos y ya que no necesita un puente temporal ni desvíos, es la mejor propuesta en cuanto a eficiencia económica. Existe la necesidad de adquirir terrenos para la construcción del nuevo puente y sus caminos de acceso, pero no es necesario reubicar pobladores. En las cercanías a las nuevas caminos de acceso hay una iglesia, por lo que existe la probabilidad de tener que reubicar temporalmente la iglesia durante la construcción.

Tabla 5-2-24 Tabla comparativa sobre la ubicación de los puentes (Puente Prinzapolka)



Propuesta alternativa	Primera Propuesta (Ubicación actual del puente)	Segunda propuesta (cambio a 45m aguas abajo)	Tercera propuesta (cambio a 150m aguas abajo)
Descripción general de la propuesta alternativa	<ul style="list-style-type: none"> Propuesta de mantener la ubicación actual del puente 	<ul style="list-style-type: none"> Propuesta para cambiar la ubicación del puente a aproximadamente 45m aguas abajo de la ubicación actual. 	<ul style="list-style-type: none"> Propuesta para cambiar la ubicación del puente a aproximadamente 150m aguas abajo de la ubicación actual.
Estructura del nuevo puente (Longitud del puente)	<ul style="list-style-type: none"> Puente de vigas principales continuas de placa de acero de dos claros (longitud del puente L=2@46.0m=92.0m) 	<ul style="list-style-type: none"> Puente de vigas principales continuas de placa de acero de dos claros (longitud del puente L=2@46.0m=92.0m) 	<ul style="list-style-type: none"> Puente de vigas principales continuas de placa de acero de dos claros (longitud del puente L=40+65m=105.0m)
Linealidad de la vía de acceso	<ul style="list-style-type: none"> El actual puente es una línea recta y como se trata de volver a construirlo, la horizontalidad es muy buena. 	<ul style="list-style-type: none"> Aunque el puente se conecta en línea recta y la horizontalidad es buena, existen curvas en las zonas adyacentes a las vías actuales por lo tanto la linealidad es inferior. 	<ul style="list-style-type: none"> Igual que el de la izquierda.
Necesidad de un puente temporal y un desvío	<ul style="list-style-type: none"> Debido a que se va a volver a construir el puente actual es necesario construir un puente temporal y un desvío. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que el nuevo puente se va a construir aguas arriba, se podrá seguir utilizando el puente actual y sus caminos de acceso. No será necesario construir una puente temporal ni un desvío. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que el nuevo puente se va a construir aguas abajo, se podrá seguir utilizando el puente actual y sus caminos de acceso. No será necesario construir una puente temporal ni un desvío.
Limitantes de la construcción	<ul style="list-style-type: none"> Ya que existen negocios y viviendas a lo largo de la ruta nacional, durante la construcción se verán afectados los vehículos, peatones, etc. Existen mayores limitaciones para la construcción en comparación con las otras alternativas. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que se encuentra alejado aproximadamente 45m, durante la construcción no se verá afectado el puente actual ni los caminos actuales. 	<ul style="list-style-type: none"> Ya que se encuentra alejado aproximadamente 150m, durante la construcción no se verá afectado el puente actual ni los caminos actuales.
Consideraciones ambientales y sociales	<ul style="list-style-type: none"> Ya que se trata de volver a construir un puente existente, en principio no será necesario trasladar a la población ni adquirir terrenos. Sin embargo, durante la remoción y nueva construcción de los pilares del puente, se podrá requerir remover o trasladar temporalmente negocios o viviendas, así como alquilar terrenos situados al pie del puente. 	<ul style="list-style-type: none"> En la ubicación del nuevo puente no hay viviendas. En la ruta de acceso hacia el lado de Río Blanco existen más de diez viviendas, por lo que será necesario reubicar a esa población. Además, se requiere la adquisición de tierras para la construcción de nuevos caminos de acceso. 	<ul style="list-style-type: none"> La ubicación donde construir el puente no hay viviendas y el puente atraviesa el pastizal, por lo que la reubicación de pobladores es cero. Además, se requiere la adquisición de tierras para la construcción de las nuevas caminos de acceso.
Construcción (proporción del costo de construcción)	<ul style="list-style-type: none"> Construcción de nuevo puente, puente temporal, desvíos y remoción del puente actual (proporción del costo de construcción: 1.000) 	<ul style="list-style-type: none"> Construcción de nuevo puente, construcción de nuevos caminos de acceso(0.60km), desvíos y remoción del puente actual (proporción del costo de construcción: 0.885) 	<ul style="list-style-type: none"> Construcción de nuevo puente, construcción de nuevos caminos de acceso(1.1km), desvíos y remoción del puente actual (proporción del costo de construcción: 0.916)
Evaluación integral	<ul style="list-style-type: none"> Ya que es necesario construir un puente temporal y desvíos, el costo no es tan económico como en las otras propuestas. En principio no es necesario trasladar pobladores, remover edificaciones ni adquirir terreno, pero podrá ser necesario remover y reubicar temporalmente los negocios y las viviendas ubicadas al pie del puente, así como alquilar terreno. Además, ya que hay negocios y viviendas a lo largo de la ruta, se debe tomar en consideración los aspectos socio ambientales durante la obra. 	<ul style="list-style-type: none"> Existe la necesidad de construir nuevos caminos de acceso, sin embargo ya que no hay necesidad de construir un puente temporal ni desvíos, desde el punto de vista de la economía, esta propuesta es mejor que la propuesta número uno. No habrá reubicación de población para la construcción del nuevo puente ni sus caminos de acceso. Sin embargo, se requiere la adquisición de tierras para la construcción de nuevos caminos de acceso. 	<ul style="list-style-type: none"> Aunque la longitud del tramo donde construir vías de acceso es más larga, por no necesitar ni puente provisional ni la vía de desvío, la economía es mejor después de la 2ª alternativa. La reubicación de pobladores por la construcción de vías de acceso es cero y es la alternativa mejor desde el punto de vista de consideraciones ambientales y sociales. Se requiere adquirir un terreno mayor que la 2ª alternativa.

5-2-2-4 Planes de perfil longitudinal, sección transversal y planta

Como resultado de la revisión de las macro franjas de paso anteriormente mencionadas y la confirmación del ambiente social alrededor de las franjas de paso, el ambiente natural, la conexión con los tramos viales antes y después del puente, la topografía y los cruces de los ríos mediante el estudio de campo, se realizó el ajuste en el diseño geométrico de planta. Sobre la base de dicho diseño, se revisó el diseño geométrico de perfil longitudinal teniendo en cuenta los criterios estructurales geométricos, la topografía, las condiciones del río y la estructura del puente (altura estructural).

Con respecto a los Puentes Mulukukú y Lisawe, los tramos viales antes y después de los puentes (Río Blanco - Mulukukú) están actualmente en construcción y el alineamiento de los tramos está ya casi determinado, de manera que se obtuvieron los datos de los diseños de los tramos y se realizaron ajustes para lograr una coherencia, compartiendo los mismos puntos de referencia, coordinando los planos y calculando las coordenadas.

Por otro lado, en cuanto a los tramos en donde se ubican los Puentes Labú y Prinzapolka (Mulukukú- Siuna), la ejecución del presente estudio preparativo y la elaboración del diseño detallado de la carretera están avanzando sincronizadamente, por lo que se intercambió la información a través del MTI y se revisó el alineamiento para que se pueda lograr un alineamiento coherente al final, coordinando mutuamente los esfuerzos.

En las páginas siguientes se muestran los resultados de la revisión del diseño geométrico de planta en los lugares donde se ubicarán los puentes.

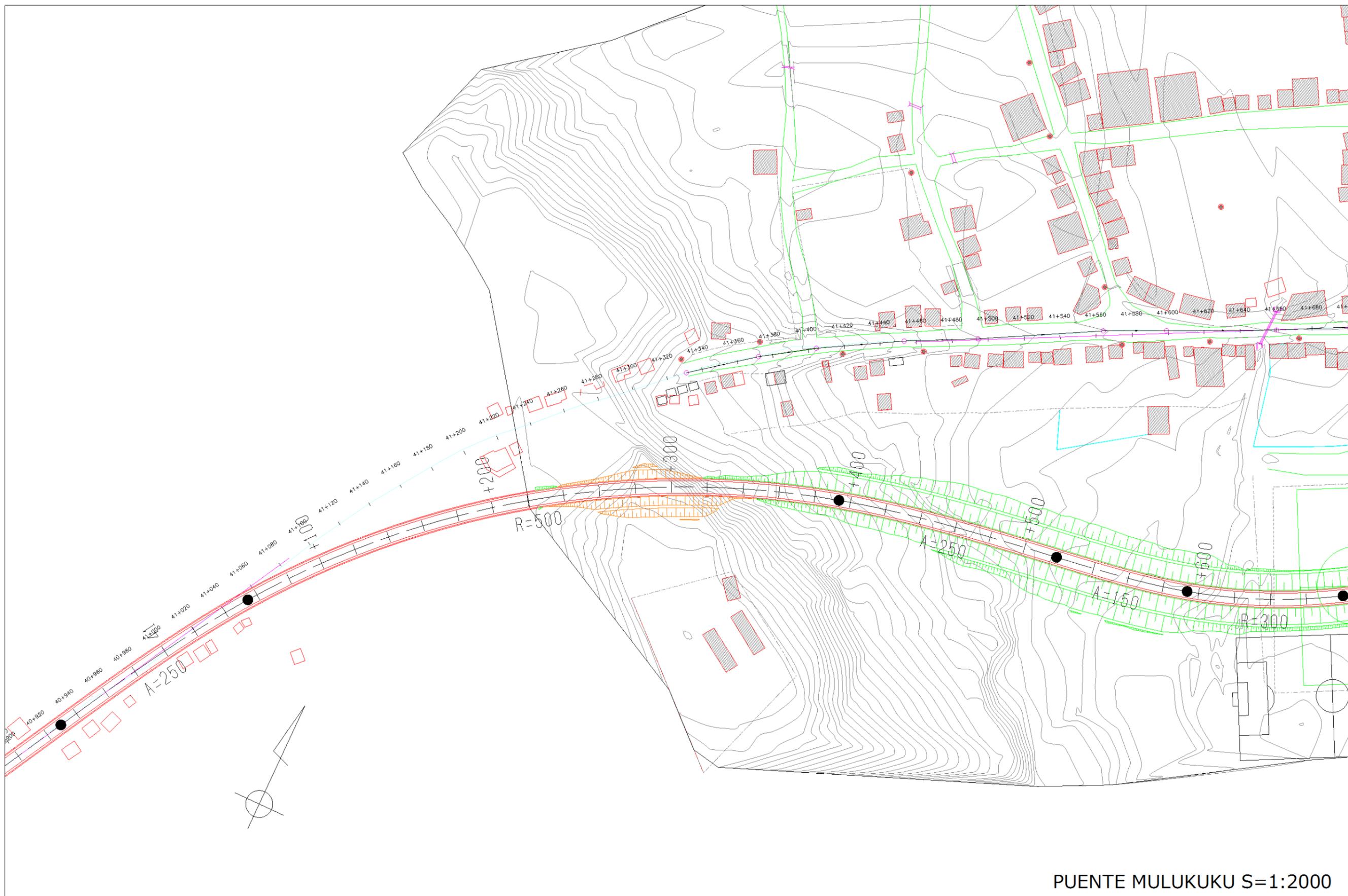
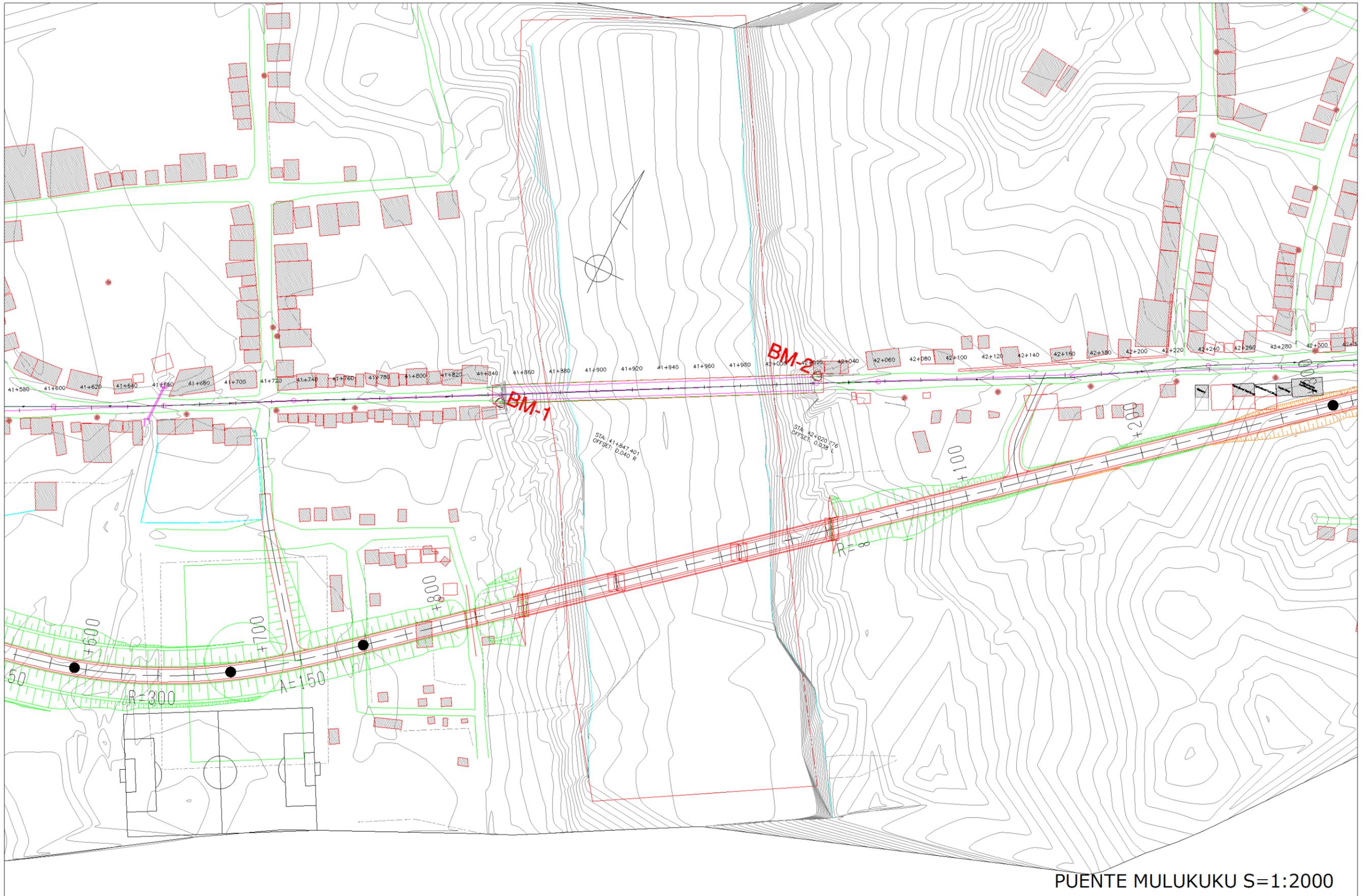
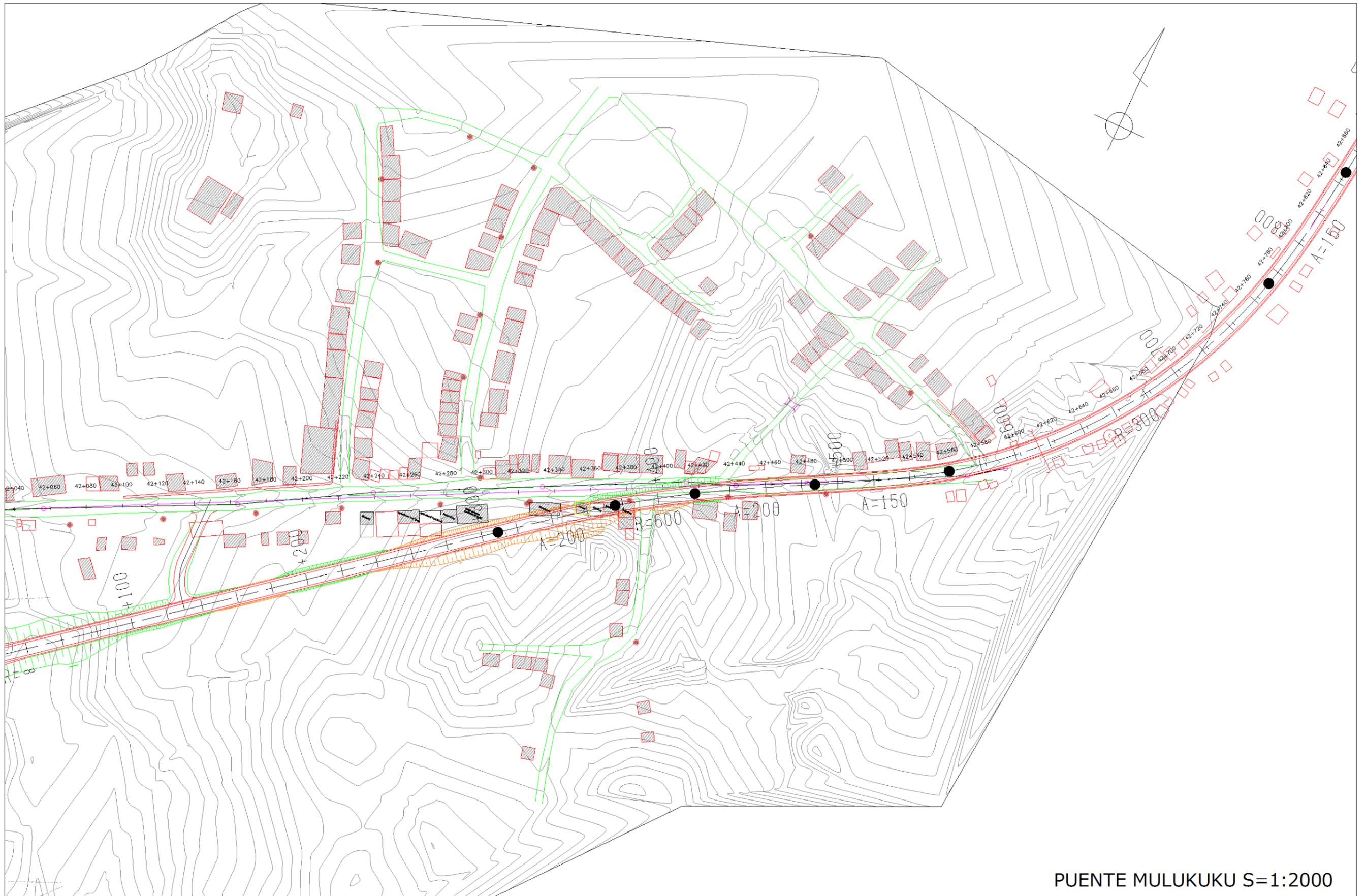


Figura 5-2-2 Plano en planta de la nueva ubicación del puente (Puente Mulukuku (1/3))



PUENTE MULUKUKU S=1:2000

Figura 5-2-3 Plano en planta de la nueva ubicación del puente (Puente Mulukukú (2/3))



PUENTE MULUKUKU S=1:2000

Figura 5-2-4 Plano en planta de la nueva ubicación del puente (Puente Mulukukú (3/3))

Plano de perfil longitudinal del camino de acceso (Puente Mulukukú)

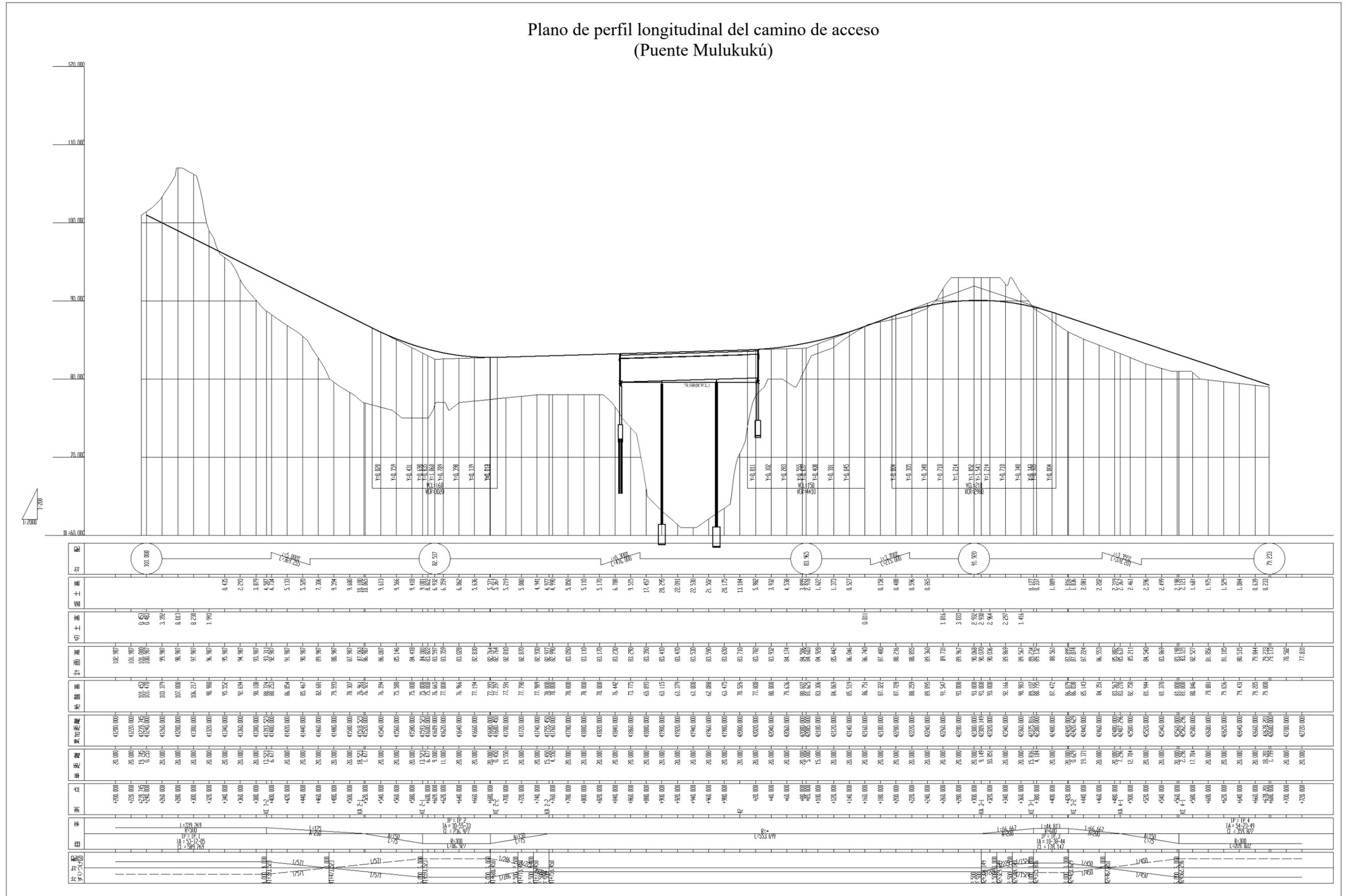


Figura 5-2-5 Plano de perfil longitudinal del camino de acceso (Puente Mulukukú)



Figura 5-2-6 Plano en planta de la nueva ubicación del puente (Puente Lisawe (1/2))

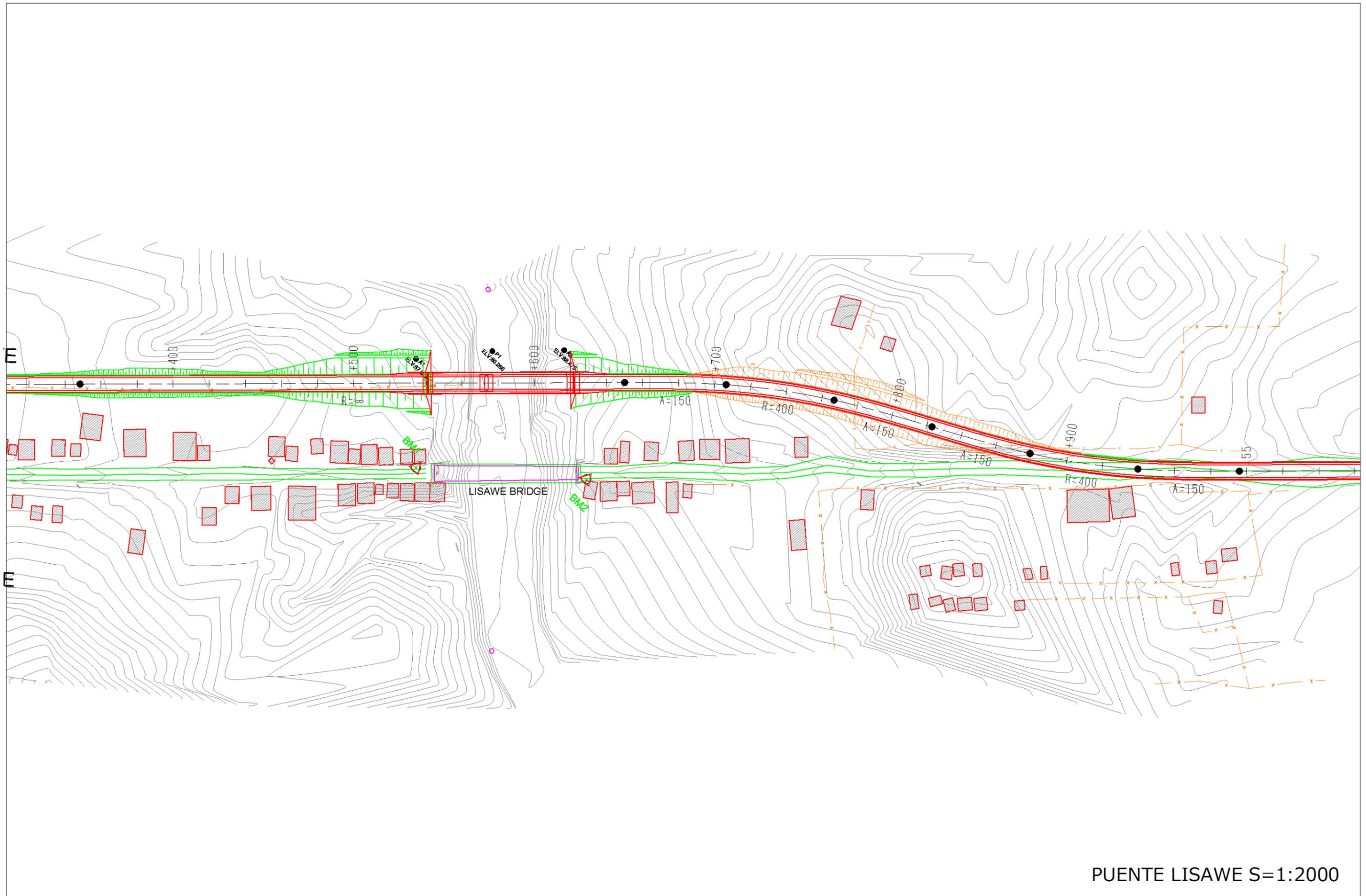
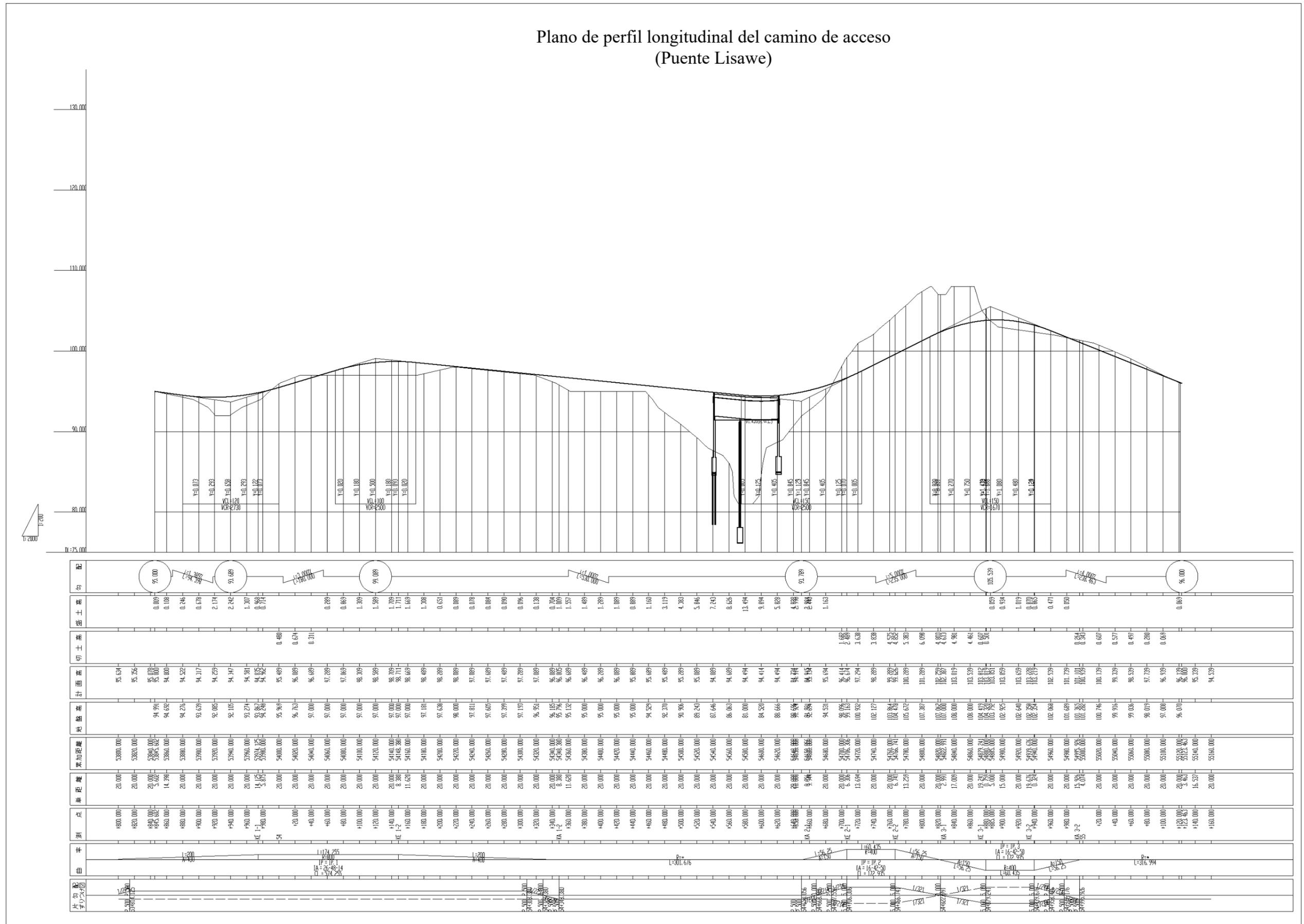
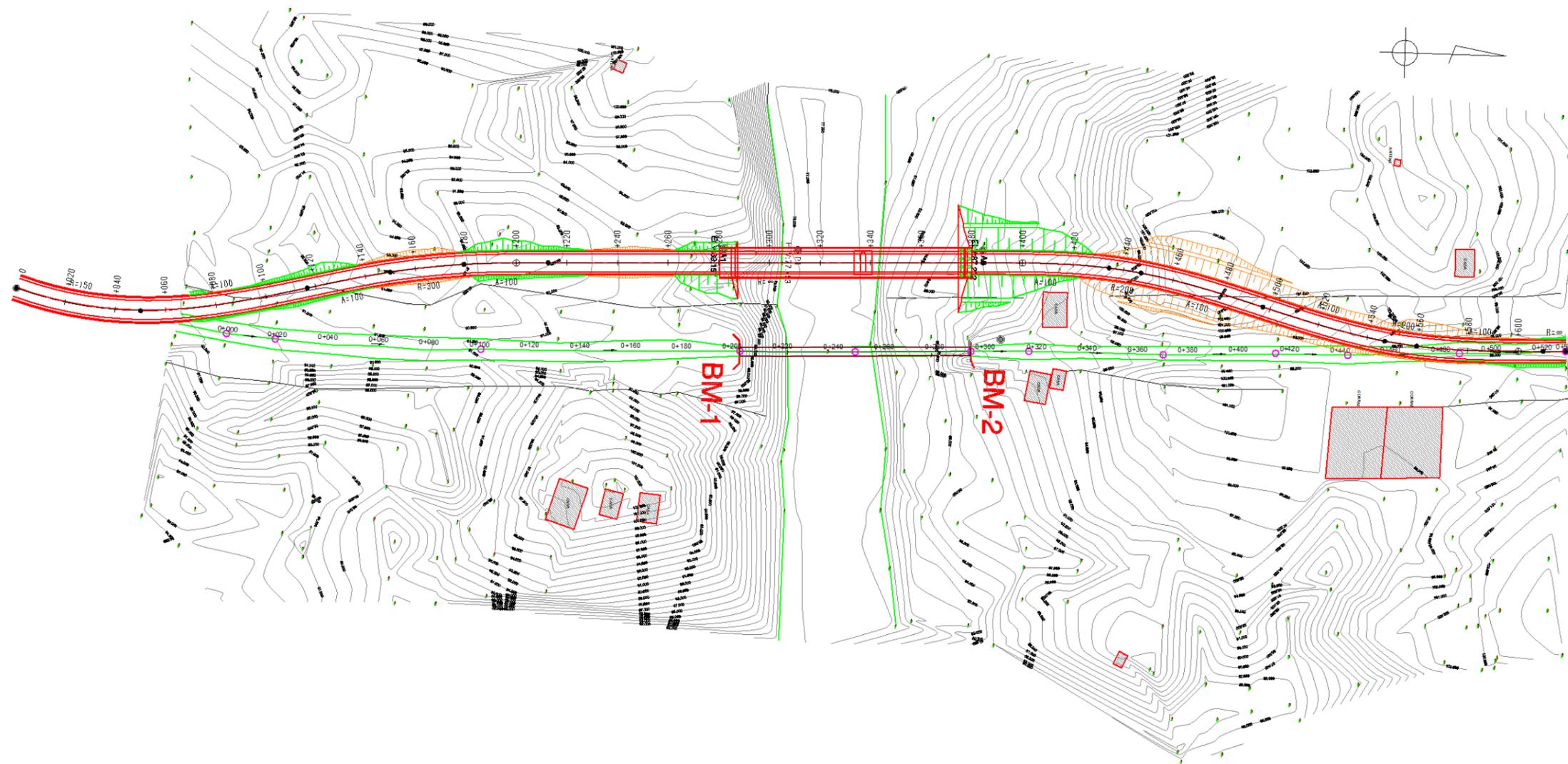


Figura 5-2-7 Plano en planta de la nueva ubicación del puente (Puente Lisawe (2/2))

Plano de perfil longitudinal del camino de acceso (Puente Lisawe)





PUENTE LABU S=1:2000

Figura 5-2-9 Plano en planta de la nueva ubicación del puente (Puente Labú)

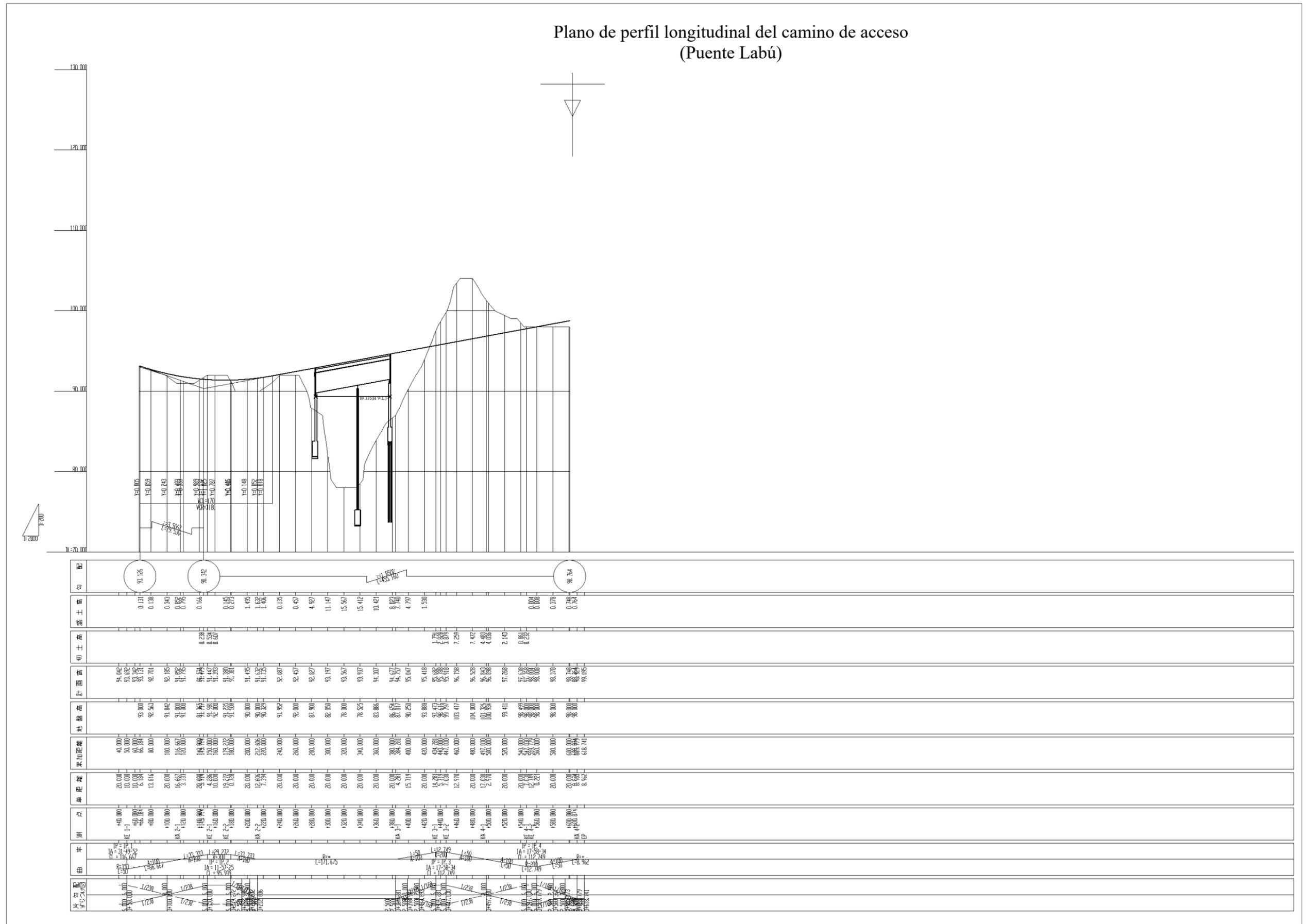


Figura 5-2-10 Plano de perfil longitudinal del camino de acceso (Puente Labú)

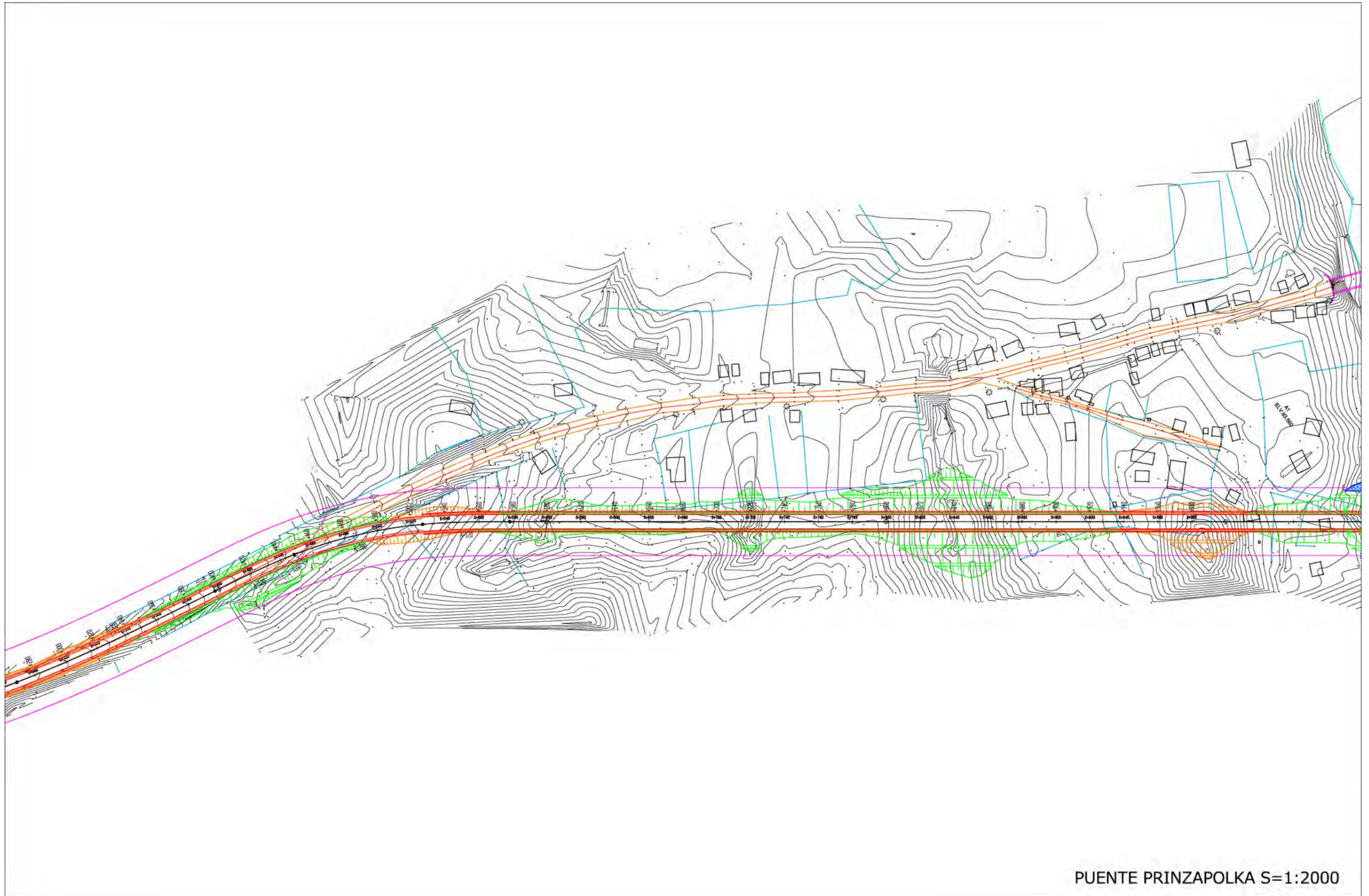


Figura 5-2-11 Plano en planta de la nueva ubicación del puente (Puente Prinzapolka(1/2))



Figura 5-2-12 Plano en planta de la nueva ubicación del puente (Puente Prinzapolka(2/2))

Plano de perfil longitudinal del camino de acceso
(Puente Prinzapolka)

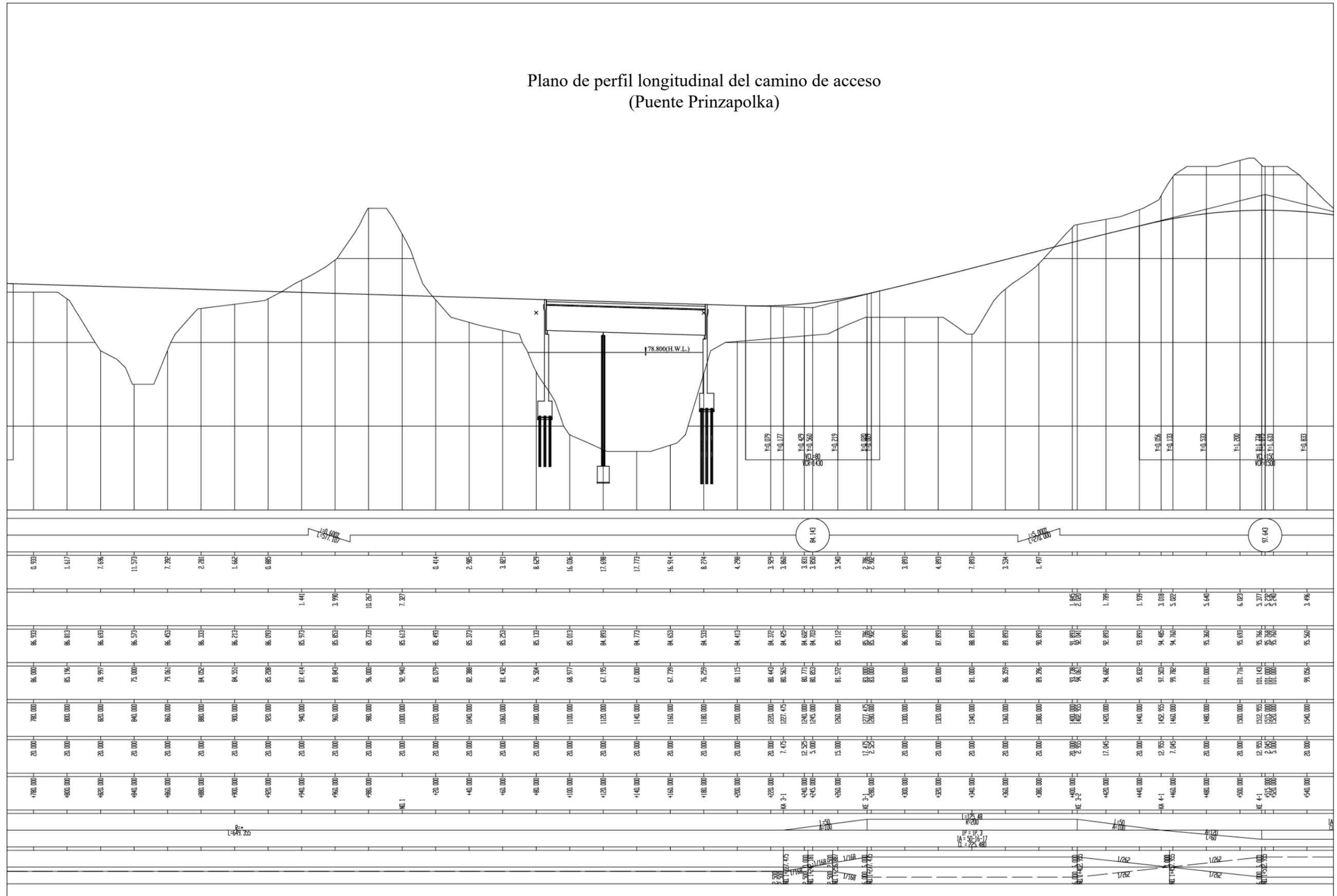


Figura 5-2-13 Plano de perfil longitudinal del camino de acceso (Puente Prinzapolka)

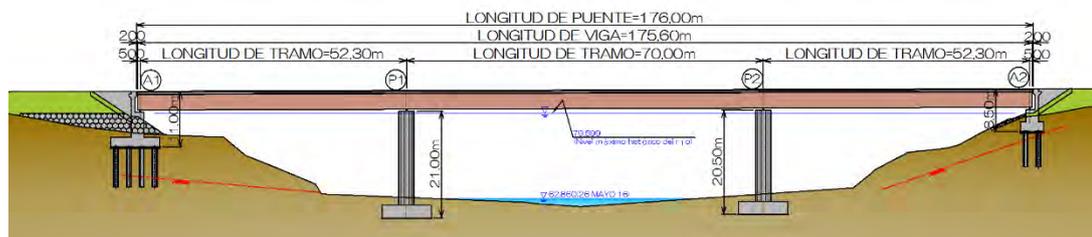
5-2-2-5 Plan de disposición de los puentes

(1) Plan de disposición del Puente Mulukukú

1) Plan de distribución de luces del Puente Mulukukú

La distribución de las luces del Puente Mulukukú será como se muestra en la Figura 5-2-14 conforme a lo detallado a continuación. Con base en los resultados de la revisión que se mencionan en la Tabla 5-2-31, el tipo de puente a considerar será: puente de vigas principales continuas de placa de acero de tres claros.

- Por el ángulo formado entre el alineamiento en planta de la carretera y la línea central del cauce del río, se determinó que el ángulo de esviaje del puente sea de 80°.
- Respecto a la longitud del puente, la distancia entre los estribos en la dirección perpendicular al río será de 176 m sobrepasando la longitud del puente existente (aproximadamente 173 m).
- Los puntos de ubicación de los estribos A1 y A2 se obtienen trasladando los estribos del puente existente paralelamente a lo largo del cauce hacia aguas abajo. Los estribos estarán casi simétricamente situados en función del eje del cauce.
- Las pilas P1 y P2 estarán ubicados en los puntos donde la proporción entre las luces viene a ser 53.0 m: 70.0 m: 53.0 m (1.00:1.32:1.00), considerando la proporción supuestamente más económica debido a la igualación del momento flector (1.00:1.25:1.00).



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura 5-2-14 Distribución de luces del Puente Mulukukú

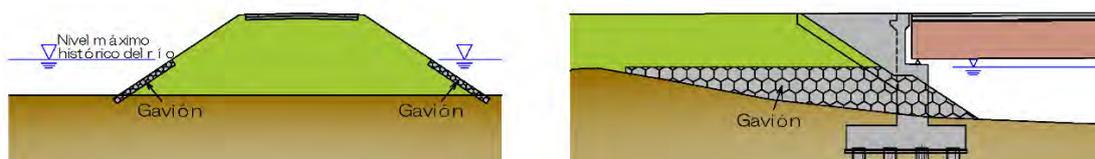
2) Nivel de cimentación y las obras contra socavamiento de los estribos del Puente Mulukukú

La diferencia entre la altura planeada de la carretera (parte superior del estribo) y el lecho del río es más de 20 m, de manera que no se puede ubicar la cimentación de los estribos a suficiente profundidad para que la parte inferior no sea socavada en caso de que el cauce se mueva hacia los estribos. Por lo tanto, se examinará la posibilidad del cambio del curso del río y el sucesivo socavamiento y se determinarán el nivel adecuado de la cimentación de los estribos y las obras contra el socavamiento a realizar.

i) Estribo A1 del Puente Mulukukú

Como se indica en la Tabla 5-2-25, la distancia entre el extremo de la actual área hidráulica permanente y el estribo es de aproximadamente 35 m y la diferencia de altura es de aproximadamente 10 m, por lo que es muy baja la probabilidad de que el agua llegue a socavar hasta la parte cercana al estribo y se considera que es suficiente si se asegura una profundidad mínima de excavación. Por lo tanto, se ha determinado una posición de la cimentación que permita un recubrimiento mínimo sobre la zapata (más de 0.5 m) en relación con el suelo en los alrededores.

Considerando que no hay necesidad de obras contra el socavamiento de gran envergadura, ya que es casi nula la probabilidad de que las partes cercanas al estribo sean socavadas, se ejecutará como una medida contra el socavamiento la colocación de gaviones desde la superficie del suelo hasta el nivel alto de agua (Figura 5-2-15) para prevenir socavones del nuevo terraplén a construir.



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura 5-2-15 Obra de prevención de socavamiento alrededor del estribo A1 del Puente Mulukukú

Tabla 5-2-25 Condiciones en los alrededores del estribo del Puente Mulukukú

Suelo alrededor del estribo A1 (Cimentación de pilotes)	Distancia entre el extremo del área hidráulica permanente y el suelo donde se ubica el estribo; altura	Ancho del área hidráulica permanente	Distancia entre el extremo del área hidráulica permanente y el suelo donde se ubica el estribo; altura	Geología alrededor del estribo A2 (Cimentación de pilotes)
Sobre el nivel de la cimentación: arcilla (Valor N=6-26) Debajo del nivel de la cimentación: arcilla (Valor N =10-32)	Distancia horizontal: Aprox. 35 m (0.33) Diferencia de altura: Aprox. 10 m	Aprox. 106 m (1.00)	Distancia horizontal: Aprox. 35 m (0.33) Diferencia de altura: Aprox. 14 m	Encima del nivel de la cimentación: Tierra arenosa (Valor N =17-29) Debajo del nivel de la cimentación: Grava arenosa (Valor N ≥ 50)

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

ii) Estribo A2 del Puente Mulukukú

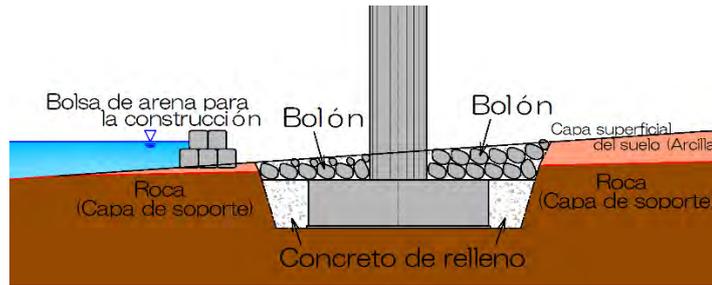
Al igual que el estribo A1, la distancia entre la actual área hidráulica permanente y el estribo es de 35 m aprox. con un desnivel de 14m, por lo que es muy poco probable que el socavón alcance cerca del estribo y bastará con asegurar una mínima excavación necesaria. Así, se ha determinado una posición de la cimentación, que permita garantizar a la zapata un mínimo recubrimiento de tierra necesario (más de 0.5m) con respecto al suelo de alrededor.

Las medidas contra socavones, al igual que el estribo A1, por la poca posibilidad de socavones cerca del estribo, se ha determinado que no son necesarias grandes medidas contra socavones y como medidas contra socavones al nuevo terraplén se adoptarán medidas contra socavones con gaviones desde la superficie del suelo hasta H.W.L.

3) Nivel de la cimentación y medidas contra el socavamiento de las pilas del Puente Mulukukú

Desde el lecho hasta aproximadamente 1 m de profundidad existe una capa de tierra y arena con valor $N \leq 110$ que supuestamente son sedimentos fluviales. Más abajo aparece una roca madre suave y luego comienza una roca madre sólida a una profundidad de alrededor de 3.8 m. Tanto la roca madre suave como la sólida podrán servir de capa de soporte. Sin embargo, puesto que la roca madre sólida está a una profundidad conveniente, se utilizará como capa de soporte. Se planea la ubicación del nivel de cimentación de tal manera que la zapata esté en su totalidad empotrada en la roca madre suave para que no se produzca el socavamiento en su alrededor.

Como se muestra en el Figura 5-2-16, se rellena con concreto y cantos rodados la parte de roca que se excava para la construcción de la zapata como una medida para prevenir el socavamiento.



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

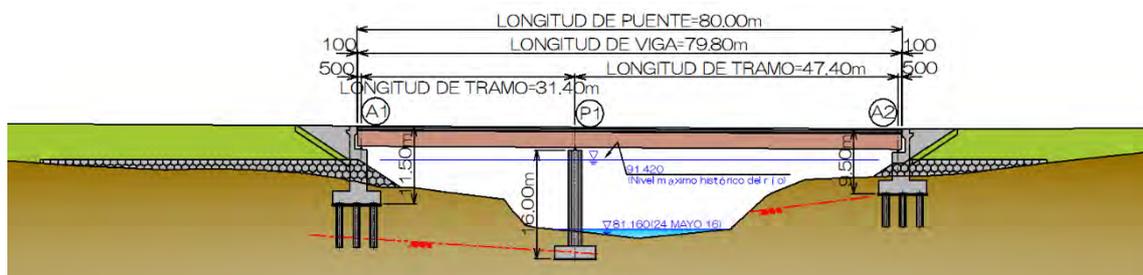
Figura 5-2-16 Obra de prevención de socavamiento de la pila del Puente Mulukukú

(2) Plan de disposición del Puente Lisawe

1) Plan de distribución de luces del Puente Lisawe

La distribución de los estribos y las pilas del Puente Lisawe será como se muestra en el Figura 5-2-17 conforme a lo detallado a continuación. Con base en los resultados de la revisión que se mencionan en la Tabla 5-2-32, el tipo de puente a considerar será: puente de vigas principales continuas de placa de acero de dos claros.

- ① El ángulo de esviaje del puente será de 90° para que la longitud del puente sea la mínima.
- ② La longitud del puente será de 80.0 m sobrepasando la longitud del puente existente (79.8m).
- ③ Los puntos de ubicación de los estribos A1 y A2 se obtienen trasladando los estribos del puente existente paralelamente a lo largo del cauce hacia aguas arriba. Los estribos estarán casi simétricamente situados en función del eje del cauce.
- ④ A fin de asegurar el área hidráulica durante la ejecución de las obras dentro del río, se trasladó la pila P1 hacia el punto inicial, donde se puede fácilmente asegurar la ruta de entrada al río, en la medida en que el dique natural no sea afectado por la excavación de la cimentación.



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura 5-2-17 Distribución de luces del Puente Lisawe

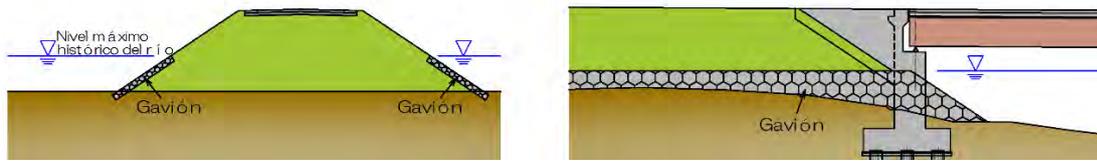
2) Nivel de la cimentación y las obras contra socavamiento de los estribos del Puente Lisawe

i) Estribo A1 del Puente Lisawe

Como se indica en la Tabla 5-2-26, la distancia entre el extremo de la actual área hidráulica permanente y el estribo es de aproximadamente 24 m, además de que la diferencia de altura es de aproximadamente 5.5 m, por lo que es muy baja la probabilidad de que el agua llegue a socavar hasta la parte cercana al estribo considerando la proporción del ancho usual del área hidráulica. Por lo tanto, se asegurará una profundidad mínima de recubrimiento y se ubicará la cimentación al nivel que permita un recubrimiento mínimo sobre la zapata (más de 0.5 m) en relación al suelo en los alrededores.

Considerando que no hay necesidad de obras contra el socavamiento de gran envergadura, ya que es casi nula la probabilidad de que las partes cercanas al estribo sean socavadas, se ejecutará, como una medida contra el socavamiento, la colocación de gaviones desde la superficie del suelo hasta el nivel alto de agua (Figura 5-2-18) para prevenir que el terraplén que se construye sea

socavado.



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura 5-2-18 Obra de prevención de socavamiento por el estribo A1 del Puente Lisawe

Tabla 5-2-26 Condiciones en los alrededores del estribo del Puente Lisawe

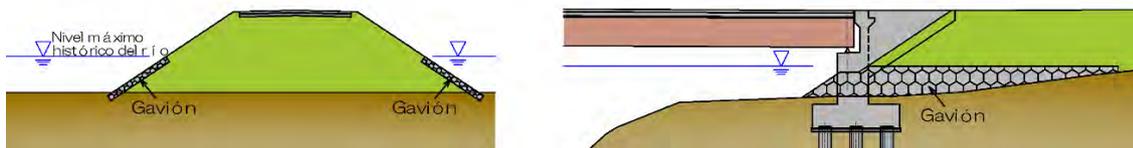
Suelo alrededor del estribo A1 (Cimentación de pilotes)	Distancia entre el extremo del área hidráulica permanente y el suelo donde se ubica el estribo; altura	Ancho del área hidráulica permanente	Distancia entre el extremo del área hidráulica permanente y el suelo donde se ubica el estribo; altura	Geología alrededor del estribo A2 (Cimentación de pilotes)
Encima del nivel de la cimentación: arcilla (Valor N=8-30) Debajo del nivel de la cimentación: arcilla (Valor N =10-28)	Distancia horizontal: Aprox. 24 m (0.73) Diferencia de altura: Aprox. 5.5 m	Aprox. 32 m (1.00)	Distancia horizontal: Aprox. 24 m (0.73) Diferencia de altura: Aprox. 6.5 m	Encima del nivel de la cimentación: arcilla (Valor N=11-14) Debajo del nivel de la cimentación: Arena (Valor N ≥ 50)

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

ii) Estribo A2 del Puente Lisawe

Como se indica en la Tabla 5-2-26, la distancia entre el extremo de la actual área hidráulica permanente y el estribo es de aproximadamente 24 m y la diferencia de altura es de aproximadamente 6.5 m, por lo que es muy baja la probabilidad de que el agua llegue a socavar hasta la parte cercana al estribo considerando la proporción del ancho usual del área hidráulica. Por lo tanto, se asegurará una profundidad mínima de excavación y se ubicará la cimentación al nivel que permita el recubrimiento mínimo sobre la zapata (más de 0.5 m) en relación con el suelo en los alrededores.

Considerando que no hay necesidad de obras contra el socavamiento de gran envergadura, ya que es casi nula la probabilidad de que las partes cercanas al estribo sean socavadas, se ejecutará, como una medida contra el socavamiento, la colocación de gaviones desde la superficie del suelo hasta el nivel alto de agua (Figura 5-2-19) para prevenir que el terraplén que se construye sea socavado.



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

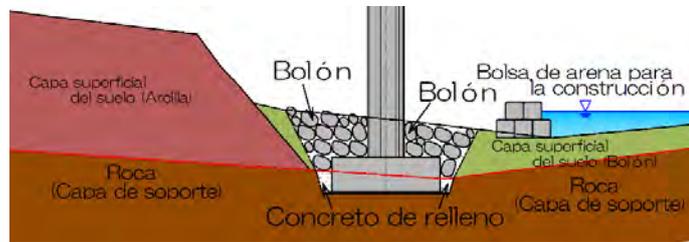
Figura 5-2-19 Obra de prevención de socavamiento por el estribo A2 del Puente Lisawe

3) Nivel de cimentación y medidas contra el socavamiento de las pilas del Puente Lisawe

En el lecho del río existe una capa de gravas sólidas con valor $N \geq 50$ y luego desde aproximadamente 1.5 m de profundidad sigue una capa de roca madre sólida. El fondo de la cimentación de las pilas estará anclado a una profundidad superior a 50cm en esta capa de roca sólida. Como se muestra en el Figura 5-2-20, se rellenará con concreto y cantos rodados la parte

excavada para la construcción de la zapata como una medida de prevención de socavones.

Como se muestra en el Figura 5-2-20, se rellenará con concreto y cantos rodados la parte de roca que se excava para la construcción de la zapata como una obra de prevención de socavamiento.



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

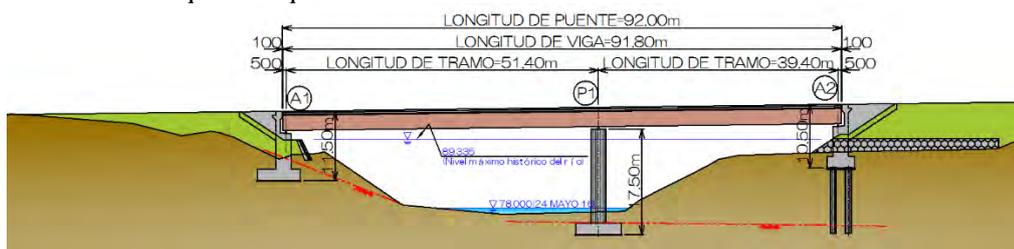
Figura 5-2-20 Obra de prevención de socavamiento de la pila del Puente Lisawe

(3) Plan de disposición del Puente Labú

1) Plan de distribución de luces del Puente Labú

La distribución de los estribos y las pilas del Puente Labú será como se muestra en el Figura 5-2-21 conforme a lo detallado a continuación. Con base en los resultados de la revisión que se mencionan en la Tabla 5-2-32, el tipo de puente a considerar será: puente de vigas principales continuas de placa de acero de dos claros.

- ① El ángulo de esviaje del puente será de 90° para que la longitud del puente sea la mínima.
- ② La longitud del puente será de 92.0 m sobrepasando la longitud del puente existente (91.3 m).
- ③ Los puntos de ubicación de los estribos A1 y A2 se obtienen trasladando los estribos del puente existente paralelamente al cauce hacia aguas arriba. En este caso, el puente se ubicará aproximadamente 13 m hacia el punto final en relación con el centro del cauce. Sin embargo, dado que el dique natural del lado del punto inicial es de una roca sólida resistente al socavamiento y el dique natural del lado del punto final es bajo y llano, lo que supuestamente funcionaría efectivamente como sección transversal del flujo durante una inundación, de manera que se consideró que es ventajoso desde el punto de vista de la funcionalidad en cuanto a la seguridad contra el socavamiento y la ampliación del área hidráulica.
- ④ A fin de asegurar el área hidráulica durante la ejecución de las obras dentro del río, se trasladó la pila P1 hacia el punto final, donde se puede fácilmente asegurar la ruta de entrada al río, en la medida en que el dique natural no sea afectado al realizar la excavación de la cimentación.



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura 5-2-21 Plan de distribución de luces del Puente Labú

2) Nivel de la cimentación y las obras contra socavamiento de los estribos del Puente Labú

i) Estribo A1 del Puente Labú

Como se indica en la Tabla 5-2-27, el suelo en los alrededores del estribo A1 está compuesto de una roca madre. Por lo tanto, como no existe la posibilidad de socavamiento, se optará por asegurar una profundidad mínima de excavación y ubicar la cimentación al nivel que permita un recubrimiento mínimo sobre la zapata (más de 0.5 m).

Considerando que es casi nula la probabilidad de sufrir socavones debido a que el suelo en los alrededores está compuesto de una roca madre y será muy raro que el agua de la inundación llegue hasta el nuevo terraplén ya que la superficie del suelo alrededor del estribo es alta, para el nuevo

terraplén se adoptarán medidas contra socavones con mampostería.

Tabla 5-2-27 Condiciones en los alrededores del estribo del Puente Labú

Suelo alrededor del estribo A1 (Cimentación directa)	Distancia entre el extremo del área hidráulica permanente y el suelo donde se ubica el estribo; altura	Ancho del área hidráulica permanente	Distancia entre el extremo del área hidráulica permanente y el suelo donde se ubica el estribo; altura	Geología alrededor del estribo A1 (Cimentación de pilotes)
Encima del nivel de la cimentación: Roca (Valor $N \geq 50$) Debajo del nivel de la cimentación: Roca (Valor $N \geq 50$)	Distancia horizontal: Aprox. 19 m (0.48) Diferencia de altura: Aprox. 8.5 m	Aprox. 40 m (1.00)	Distancia horizontal: Aprox. 33 m (0.83) Diferencia de altura: Aprox. 7.5 m	Encima del nivel de la cimentación: Tierra arenosa (Valor $N=11-50$) Debajo del nivel de la cimentación: Arena (Valor $N \geq 50$)

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

ii) Estribo A2 del Puente Labú

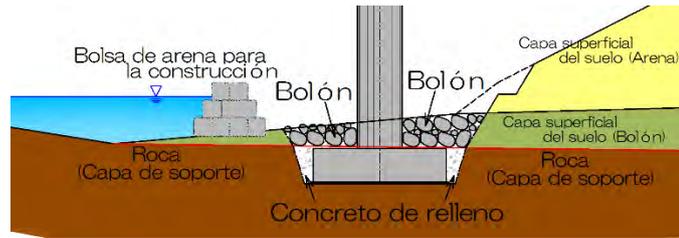
Como se indica en la Tabla 5-2-27, la distancia entre el extremo de la actual área hidráulica permanente y el estribo es de aproximadamente 33 m y la diferencia de altura es de aproximadamente 7.5 m, por lo que es muy baja la probabilidad de que el agua llegue a socavar hasta la parte cercana al estribo considerando la proporción del ancho usual del área hidráulica. Por lo tanto, se asegurará una profundidad mínima de excavación y se ubicará la cimentación al nivel que permita el recubrimiento mínimo sobre la zapata (más de 0.5 m) en relación con el suelo en los alrededores.

Considerando que es casi nula la probabilidad de sufrir socavones debido a que el suelo en los alrededores está compuesto de una roca madre y será muy raro que el agua de la inundación llegue hasta el nuevo terraplén ya que la superficie del suelo alrededor del estribo es alta, para el nuevo terraplén se adoptarán medidas contra socavones con gaviones.

3) Nivel de la cimentación y las obras contra socavamiento de las pilas del Puente Labú

Con respecto a la geología del lecho según los datos de perforación dentro del río, existe una roca madre sólida en el lecho. Sin embargo, los datos de perforación por el estribo A2 demuestran que la roca sólida aparece cerca de 1 m por debajo de la superficie del lecho con una capa de tierra arenosa suave encima (valor $N =$ aproximadamente 10, siendo el valor N alto por la presencia de cantos rodados en algunos lugares). Se estima que la capa encima de la roca en donde se ubicará la pila está compuesta de tierra arenosa suave, de manera que se asegurará suficiente recubrimiento sobre la zapata (más de 2.0 m) como una medida contra el socavamiento o se colocará toda la zapata en la roca sólida evitando el socavamiento por la zapata.

Como se muestra en el Figura 5-2-22, se rellenará con concreto y cantos rodados la parte de roca que se excava para la construcción de la zapata como una obra de prevención de socavamiento.



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

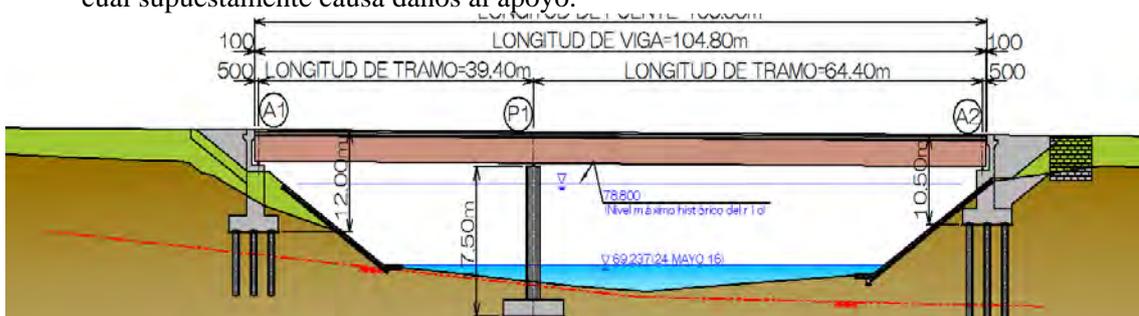
Figura 5-2-22 Obra de prevención de socavamiento de la pila del Puente Labú

(4) Plan de disposición del Puente Prinzapolka

1) Plan de distribución de luces del Puente Prinzapolka

La distribución de los estribos y las pilas del Puente Prinzapolka será como se muestra en el Figura 5-2-23 conforme a lo detallado a continuación. Con base en los resultados de la revisión que se mencionan en la Tabla 5-2-32, el tipo de puente a considerar será: puente de vigas principales continuas de placa de acero de dos claros.

- ① El ángulo oblicuo del puente será 80° según el ángulo entre la forma linear superficial del puente y el alineamiento del canal del río.
- ② Según los resultados del cálculo de estabilidad de los estribos considerando una longitud del puente de 93.0 m sobrepasando la del puente existente (92.7 m), se ha determinado la inestabilidad del cimiento de pilotes del estribo A2. Teniendo en cuenta esto y el equilibrio entre las luces, tanto el estribo A1 como el A2 se moverán 6 m hacia el lado exterior del río y la longitud del puente será 105.0 m.
- ③ La ubicación de los estribos A1 y A2 se moverá unos 6m hacia el lado exterior del río, respecto a la ubicación del puente existente trasladado aguas abajo paralelamente al canal del río.
- ④ A fin de asegurar el área hidráulica durante la ejecución de las obras dentro del río, se trasladó la pila P1 hacia el punto inicial, donde se puede fácilmente asegurar la ruta de entrada al río. En este caso, el área de hidráulica usual es grande y no se puede realizar el traslado hasta el extremo de dicha área. Con base en los resultados del análisis se decidió trasladar la pila hasta donde se pueda sin que se genere una fuerza de reacción negativa en la parte del estribo A1, la cual supuestamente causa daños al apoyo.



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura 5-2-23 Plan de distribución de luces del Puente Prinzapolka

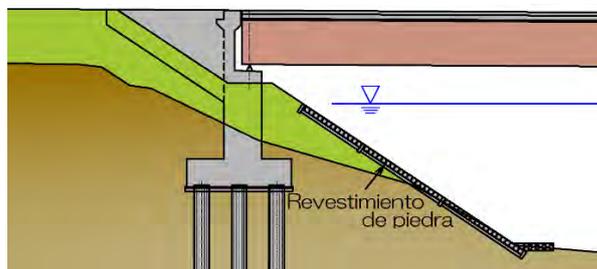
2) Nivel de la cimentación y las obras contra socavamiento de los estribos del Puente Prinzapolka

i) Estribo A1 del Puente Prinzapolka

Como se indica en la Tabla 5-2-28, la distancia entre el extremo de la actual área hidráulica permanente y el estribo es corta (aproximadamente 15 m), además de que la diferencia de altura es pequeña (aproximadamente 6.5 m). Por lo tanto, se recomienda que la cimentación del estribo A1 asegure un recubrimiento de tierra suficiente y esté sostenida en un suelo base sólido. Sin embargo, la capa de soporte del estribo está a 19m de profundidad desde la parte superior del estribo y a 10 m desde la superficie del suelo y desde el punto de vista económico y de trabajabilidad, no es

realista excavar hasta tal profundidad. Por consiguiente, suponiendo la toma de suficientes medidas contra socavones, se ha adoptado una posición que permite a la zapata asegurar un recubrimiento mínimo necesario (más de 0.5 m) respecto al suelo de alrededor.

Como se muestra en el Figura 5-2-24, se tomará la medida contra socavones con mampostería para prevenir socavones en la superficie del área poco consolidada a causa de la excavación para la construcción de zapata y el nuevo terraplén.



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura 5-2-24 Obra de prevención de socavamiento por el estribo A1 del Puente Prinzapolka

Tabla 5-2-28 Condiciones en los alrededores del estribo del Puente Prinzapolka

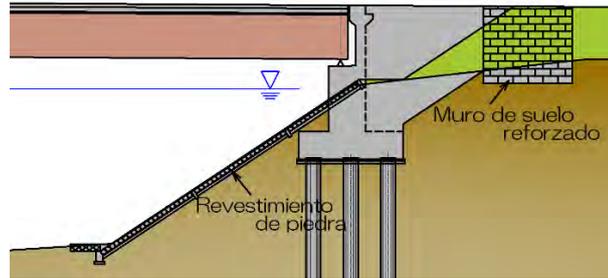
Suelo alrededor del estribo A1 (Cimentación de pilotes)	Distancia entre el extremo del área hidráulica permanente y el suelo donde se ubica el estribo; altura	Ancho del área hidráulica permanente	Distancia entre el extremo del área hidráulica permanente y el suelo donde se ubica el estribo; altura	Geología alrededor del estribo A1 (Cimentación de pilotes)
Encima del nivel de la cimentación: Arcilla (Valor N=8-28) Debajo del nivel de la cimentación: Grava arenosa (Valor N ≥ 50)	Distancia horizontal: Aprox. 15 m (0.24) Diferencia de altura: Aprox. 6.5 m	Aprox. 75 m (1.00)	Distancia horizontal: Aprox. 15 m (0.24) Diferencia de altura: Aprox. 5.5 m	Encima del nivel de la cimentación: Arcilla (Valor N=9-14) Debajo del nivel de la cimentación: Arcilla (Valor N=11-26)

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

ii) Estribo A2 del Puente Prinzapolka

Como se indica en la Tabla 5-2-28, la distancia entre el extremo de la actual área hidráulica permanente y el estribo es corta (aproximadamente 15 m) y la diferencia de altura es pequeña (aproximadamente 6.5 m), de manera que es deseable asegurar que el recubrimiento sea suficiente y buscar soporte en un suelo sólido. Sin embargo, la capa de soporte se encuentra a aproximadamente a 19 m de la parte superior del estribo y aproximadamente a 10 m de la superficie del suelo. No es una opción realista, ni desde el punto económico ni de ejecución de las obras, excavar hasta dicha capa. Por ello, se decidió construir la cimentación en el punto donde se pueda asegurar un recubrimiento mínimo necesario sobre la zapata (más de 0.5m) en relación con el suelo cercano, con la premisa de tomar suficientes medidas contra socavamiento.

Como se muestra en el Figura 5-2-25, al igual que en el lado del estribo A1, se tomará la medida contra socavones con mampostería.



Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura 5-2-25 Obra de prevención de socavamiento por del estribo A2 del Puente Prinzapolka

3) Nivel de la cimentación y las obras contra socavamiento de las pilas del Puente Prinzapolka

Con respecto a la geología del lecho, existe una capa de grava branda desde el lecho hasta aproximadamente 0.6 m de profundidad, luego sigue una capa de grava sólida de valor $N \geq 50$ y a partir de aproximadamente 4.8 m de profundidad aparece una roca madre sólida. Se podrán utilizar como capa de soporte la capa de grava sólida o de roca, pero puesto que la roca sólida aparece a una profundidad factible, se optará esta como capa de soporte. Como cimentación de las pilas, se decidió construir la zapata a una profundidad de más de 50cm sobre dicha roca sólida.

Como se muestra en el Figura 5-2-26, se rellenará con concreto y cantos rodados la parte excavada para la construcción de la zapata como una obra de prevención de socavamiento.

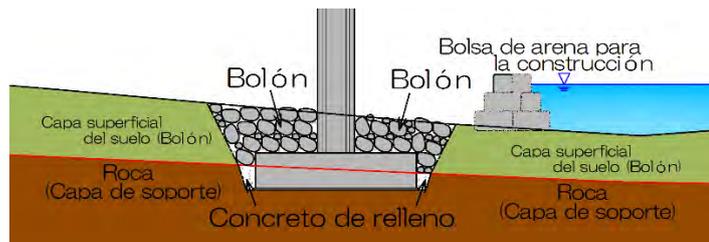


Figura 5-2-26 Obra de prevención de socavamiento de la pila del Puente Prinzapolka

5-2-2-6 Revisión del tipo de puente

(1) Primera revisión comparativa del tipo de superestructura

En la revisión del tipo de superestructura, se compararán las estructuras superestructurales básicas dividiendo los puentes en dos grupos: el Puente Mulukukú de aproximadamente 175 m de longitud y los Puentes Lisawe, Labú y Prinzapolka de aproximadamente 90 m de longitud.

1) Tipo de superestructura del Puente Mulukukú

El ancho del área hidráulica del Puente Mulukukú es alrededor de 100 m aun en la época seca. La distribución de luces de dos o cuatro claros con una pila por el centro del río es desventajosa tanto en términos económicos como de ejecución, por lo que básicamente la distribución espacial de las luces será de tres claros. De forma concreta, básicamente se considerará la razón $52.5m+70.0m+52.5m$ que es cercana a $1:1.25:1$, la razón supuestamente más económica de luces.

Comparando las opciones para la superestructura, se sintetizó la relación entre el tipo de superestructura y la longitud estándar de las luces.

Si se seleccionan los tipos de puentes adoptables con una estructura continua basándose en la Tabla 5-2-29, las opciones serán puentes de: vigas continuas de placa de acero, vigas continuas de cajón de acero, armadura continua de acero y vigas continuas de cajón de concreto pretensado (proceso de empuje de los tableros). De estos, el puente de vigas continuas de cajón de acero es evidentemente menos ventajoso comparado con el de vigas continuas de placa de acero en términos económicos y de ejecución cuando no se necesita incorporar una curva, por lo que se lo excluirá de las opciones y se compararán las tres restantes para la selección.

Propuesta No. 1: Puente de vigas continuas de placa de acero de tres claros

Propuesta No. 2: Puente de armadura continua de acero de tres claros

Propuesta No. 3: Puente de vigas continuas de cajón de concreto pretensado de tres claros

En la Tabla 5-2-31 se muestran los resultados de la comparación. Se seleccionará la “**Propuesta No. 1: Puente de vigas continuas de placa de acero de tres claros**” por las siguientes razones.

- Es la mejor opción en términos de estructura, trabajabilidad, mantenimiento y eficiencia económica.

Tabla 5-2-29 Tipo de superestructura y longitud estándar adoptable de luces (Puente Mulukukú)

Tipo de superestructura		Longitud adoptable recomendada de claros			Adaptabilidad a la curva
		50m	100m	150m	
Acero	Viga de acero compuesta simple	—			×
	Viga de acero simple	—			×
	Viga de acero continua	—	—		△
	Viga de cajón simple	—			△
	Viga de cajón continua	—	—		○
	Armadura simple		—		×
	Armadura continua		—	—	△
	Viga Langer invertida		—		×
	Viga Lohse invertida		—	—	×
	Arco		—	—	×
Concreto pretensado	Viga pretensada	—			×
	Losa alveolar	—			×
	Viga en T simple	—			×
	Viga en T continua	—			△
	Viga de cajón simple	—			△
	Viga de cajón continua (Método voladizo)	—	—		○
	Viga de cajón continua (Método de lanzamiento de tableros o de soporte)	—	—		○
	Marco rígido tipo π	—			×
Concreto reforzado	Losa alveolar	—			△
	Arco continuo de enjuta cerrada	—			△

Fuente: Instrucciones de diseño de NEXCO, Libro 2

2) Tipo de superestructura de los Puentes Lisawe, Labú y Prinzapolka

Los Puentes Lisawe, Labú y Prinzapolka son de aproximadamente 90m de longitud. Si se opta por un puente de tres luces, la distancia entre las pilas será tan corta como 30m, lo que dificulta el aseguramiento del área hidráulica durante la ejecución de las obras de cimentación dentro del río. Esto originará un gran problema en la ejecución de dichas obras. Por lo tanto, se seleccionará un puente de dos luces o luces cortas. En el caso de la opción de dos luces, será efectivo variar la longitud de las luces de derecha y de izquierda para evitar en lo posible la construcción de la pila en el centro del río y básicamente se adoptará la distribución de 50m+40m = 90m. Sin embargo, en el caso del puente de vigas continuas en T de concreto pretensado de dos luces que se incluye en la lista de comparación de superestructuras, la longitud máxima adoptable de la luz es de 45 m, por lo que para este tipo de puente se adoptará la distribución de 45m+45m = 90m.

Por lo mencionado anteriormente, se realizará la comparación de superestructuras

considerando básicamente las siguientes tres opciones de distribución de luces.

Opción 1: 50m+40m

Opción 2: 45m+45m

Opción 3: 90m

Si se seleccionan los tipos de puentes adoptables basándose en la Tabla 5-2-30, en la cual se sintetiza la relación entre el tipo de superestructura y la longitud estándar de los tramos, las opciones a optar por serán puentes de: vigas continuas de placa de acero, armadura simple de acero, vigas continuas en T de concreto pretensado, vigas continuas de cajón de concreto pretensado (método de lanzamiento) y vigas continuas de cajón de concreto pretensado (método de apoyo). De estas opciones, el puente de vigas continuas de cajón de concreto pretensado (método de lanzamiento) requiere equipos grandes y por lo general es evidentemente desventajoso en términos económicos cuando la longitud del puente es menor que 200 m. Por otro lado, es imposible adoptar el puente de vigas continuas de cajón de concreto pretensado (método de apoyo) porque se requiere la instalación de un equipo de sostenimiento (soporte total) y no se puede ejecutar las obras durante la época de lluvia. Por lo mencionado anteriormente, se seleccionan las siguientes tres propuestas para la comparación.

Propuesta No. 1: Puente de vigas continuas de placa de acero de dos claros

Propuesta No. 2: Puente de vigas continuas en T de concreto pretensado de dos claros

Propuesta No. 3: Puente de armadura simple de acero

En la Tabla 5-2-32 se muestran los resultados de la comparación. Se seleccionará la **“Propuesta No. 1: Puente de vigas continuas de placa de acero de tres claros”** por las siguientes razones.

- Es la mejor opción en términos de estructura, trabajabilidad, mantenimiento y eficiencia económica.

Tabla 5-2-30 Tipo de superestructura y longitud estándar adoptable de luces (Puentes Lisawe, Labú y Prinzapolka)

Tipo de superestructura		Longitud adoptable recomendada de claros						Adaptabilidad a la curva
		50m		100m		150m		
Acero	Viga de acero compuesta simple	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		X
	Viga de acero simple	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		X
	Viga de acero continua	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		Δ
	Viga de cajón simple	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		Δ
	Viga de cajón continua	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		O
	Armadura simple	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		X
	Armadura continua	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		Δ
	Viga Langer invertida	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		X
	Viga Lohse invertida	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		X
	Arco	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		X
Concreto pretensado	Viga pretensada	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		X
	Losa alveolar	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		X
	Viga en T simple	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		X
	Viga en T continua	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		Δ
	Viga de cajón simple	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		Δ
	Viga de cajón continua (Mé todo voladizo)	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		O
	Viga de cajón continua (Mé todo de lanzamiento de tableros o de soporte)	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		O
Marco rígido tipo π	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		X	
Concreto reforzado	Losa alveolar	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		Δ
	Arco continuo de enjuta cerrada	[Diagrama]		[Diagrama]		[Diagrama]		Δ

Fuente: Instrucciones de diseño de NEXCO, Libro 2

Tabla 5-2-31 Tabla comparativa de superestructuras para el Puente Mulukukú

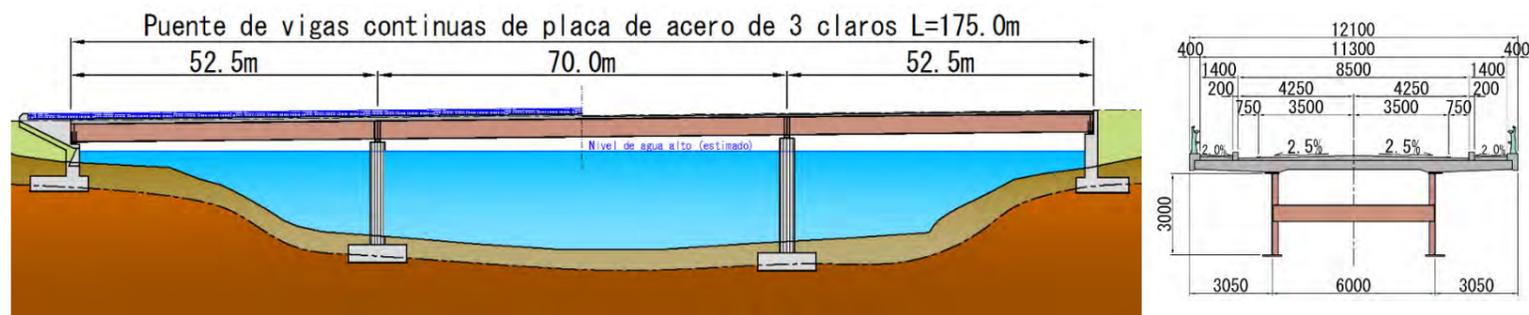
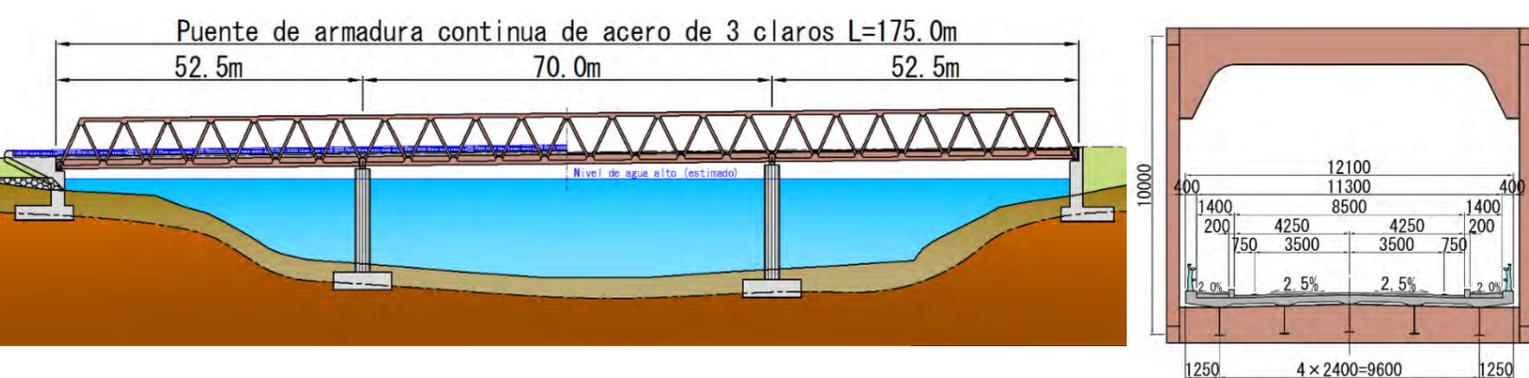
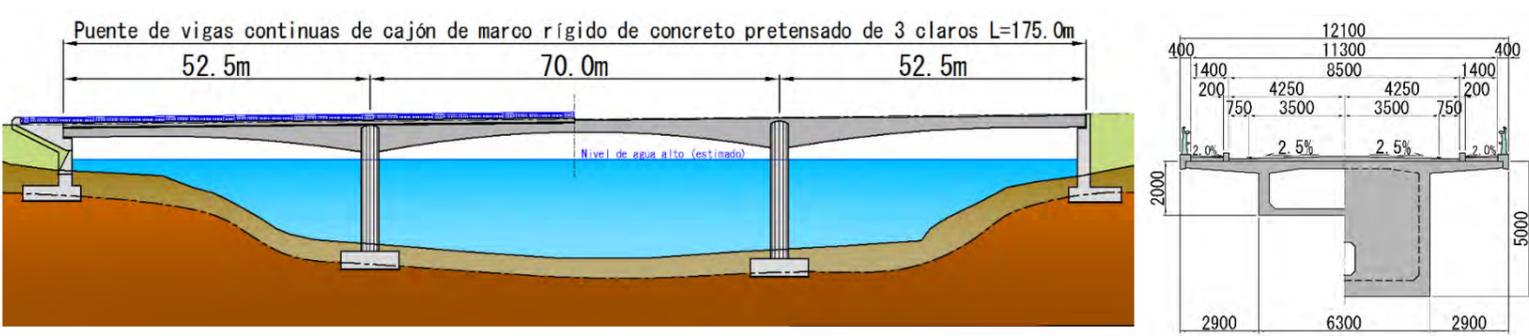
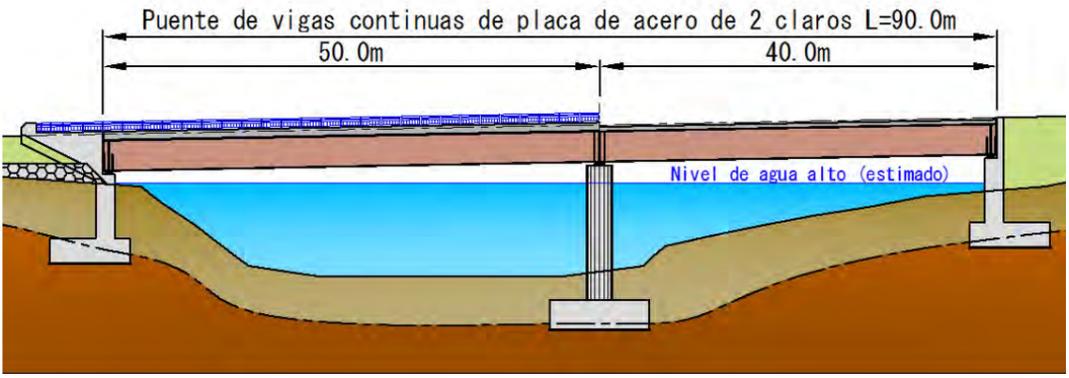
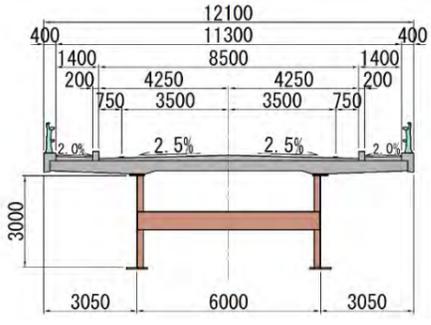
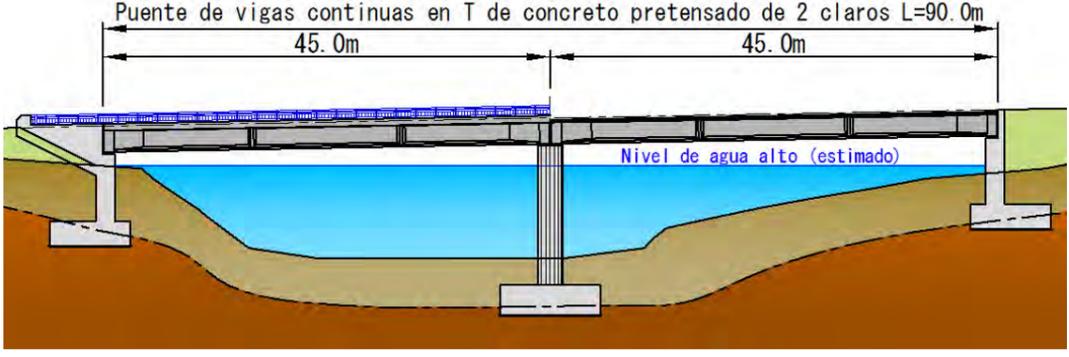
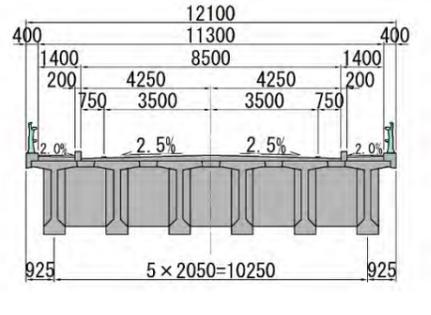
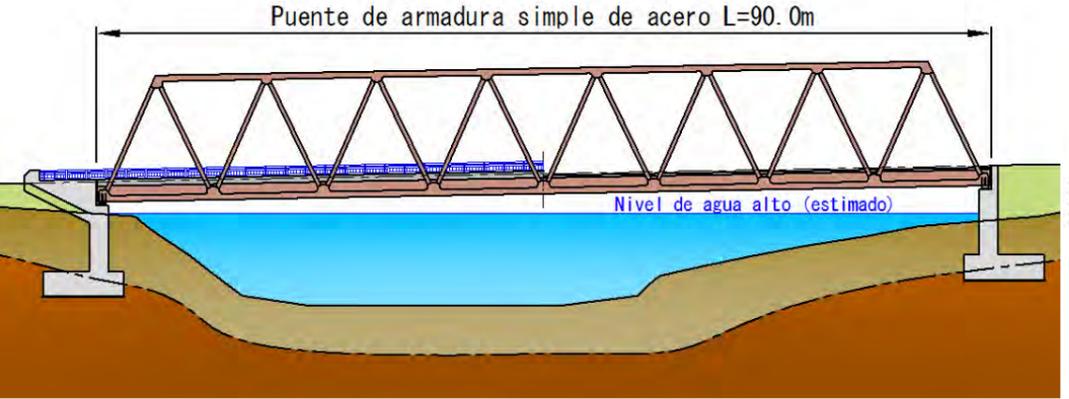
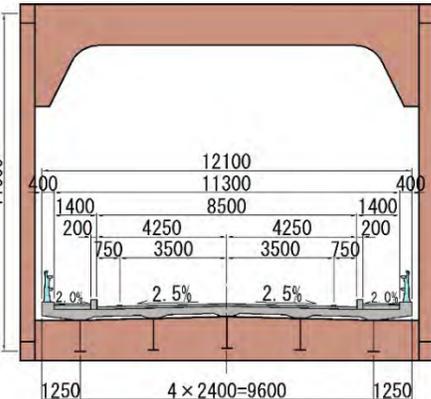
Estructura del puente		Características	
<p>Propuesta No. 1: Puente de vigas continuas de placa de acero de tres claros</p> 		<p>Eficiencia estructural</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es un puente de vigas de acero que tiene tableros premoldeados de concreto pretensado y un número reducido de vigas principales. • Es posible reducir los elementos secundarios del diafragma. También, utilizando el acero H laminado (acero H prefabricado), se puede reducir las horas hombre en la fabricación de las vigas de acero. 	
		<p>Aplicación de las tecnologías japonesas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilización del acero resistente a la intemperie con acero SBHS. • Utilización del tablero premoldeado de concreto pretensado (Tablero de alta durabilidad). • Utilización de las estructuras de soporte y prevención de caídas sismorresistentes. • Utilización de técnicas de impermeabilización de la losa. • Utilización de guardacarriles de aluminio con consideración a la conservación del paisaje. • Utilización del método de lanzamiento sincronizado de las vigas principales. 	
		<p>Trabajabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se utilizará el método de lanzamiento para el montaje de las vigas principales, de manera que será posible ejecutar las obras incluso en la época de lluvia. • Como se utilizan tableros premoldeados, es muy poco el volumen del concreto fundido en el sitio. Por lo tanto se puede reducir el período de ejecución de las obras. 	
		<p>Facilidad de mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con el uso del acero resistente al intemperie, básicamente no será necesario dar mantenimientos contra la corrosión. • Los tableros premoldeados de concreto pretensado son muy resistentes a la fatiga, de manera que no se requiere mucho mantenimiento. 	
		<p>Eficiencia económica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es la propuesta más económica en comparación con las otras. 	[1.00]
		<p>Evaluación integral</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es la mejor propuesta en términos de eficiencia estructural, trabajabilidad, facilidad de mantenimiento y eficiencia económica. 	⊙
<p>Propuesta No. 2: Puente de armadura continua de acero de tres claros</p> 		<p>Eficiencia estructural</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es el tipo de estructura que se ha construido mucho en Nicaragua. • Existe la posibilidad de sufrir daños al cuerpo del puente por árboles y otros objetos flotantes durante una inundación de gran envergadura. 	
		<p>Aplicación de las tecnologías japonesas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilización del acero resistente a la intemperie con acero SBHS. • Utilización de las estructuras de soporte y prevención de caídas sismorresistentes. • Utilización de técnicas de impermeabilización de la losa. • Utilización de guardacarriles de aluminio con consideración a la conservación del paisaje. 	
		<p>Trabajabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si se utiliza la grúa de cable para el montaje de la superestructura, se podrá ejecutar las obras incluso en la época de lluvia. • La losa se funde en el sitio por lo que el período de ejecución de las obras es más largo. 	
		<p>Facilidad de mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con el uso del acero resistente al intemperie, básicamente no será necesario dar mantenimientos contra la corrosión, pero requiere mantenimiento en aquellas partes de la armadura en donde se acumula el agua de lluvia. • Es alta la tasa de generación de daños por fatiga de la losa de concreto armado, de manera que se necesita tomar medidas contra la fatiga. 	
		<p>Eficiencia económica</p> <ul style="list-style-type: none"> • La eficiencia económica es moderada en comparación con las demás propuestas de tres claros (Propuesta No. 1 y Propuesta No. 2). 	[1.10]
		<p>Evaluación integral</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dado que la altura de la estructura es baja, el impacto sobre el entorno es bajo. Sin embargo, en comparación con las demás propuestas la eficiencia económica, la trabajabilidad y la resistencia a la fatiga de la losa es baja. 	○
<p>Propuesta No. 3: Puente de vigas continuas de cajón de concreto pretensado de tres claros</p> 		<p>Eficiencia estructural</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hay muchos puentes de vigas continuas de cajón de concreto pretensado con una estructura de marco rígido (lanzamiento). • Su sismorresistencia es excelente dado que es una estructura de marco rígido continua con la superestructura y la subestructura conectadas rigidamente. • Es muy raro que el cuerpo del puente sea dañado por árboles y otros objetos flotantes aun durante una inundación de gran envergadura. 	
		<p>Aplicación de las tecnologías japonesas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilización de técnicas de impermeabilización de la losa. • Utilización de guardacarriles de aluminio con consideración a la conservación del paisaje. 	
		<p>Trabajabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Será posible ejecutar las obras superestructurales incluso en la época de lluvia utilizando el voladizo provisional, pero se necesitará construir un muelle provisional hasta las pilas. (Se han ejecutado obras durante la época de lluvia utilizando el muelle provisional. No hay ningún problema.) 	
		<p>Facilidad de mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es un puente de concreto y básicamente no requiere mantenimiento. • Como es una estructura de concreto pretensado, es poco el impacto de daños por fatiga a la losa y el cuerpo del puente. Por lo tanto, no hay necesidad de tomar tantas medidas contra la fatiga. • Como el puente no tiene tantos apoyos, es fácil de darle mantenimiento. 	
		<p>Eficiencia económica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es la opción más costosa en comparación con las demás propuestas de puentes de tres claros (Propuesta No. 1 y Propuesta No. 2). 	[1.12]
		<p>Evaluación integral</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dado que la estructura es alta, los caminos de acceso son más largos y por ende, afecta más al entorno. 	△

Tabla 5-2-32 Tabla comparativa de superestructuras para los Puentes Lisawe, Labú y Prinzapolka

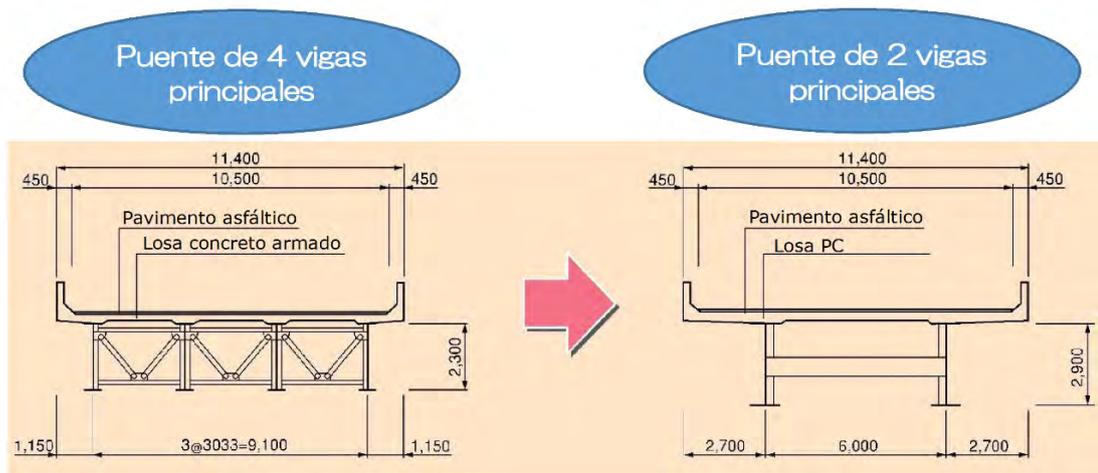
Estructura del puente		Características	
<p>Propuesta No. 1: Puente de vigas continuas de placa de acero de dos claros</p>  		<p>Eficiencia estructural</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es un puente de placa de acero con tableros premoldeados de concreto pretensado y menor número de vigas principales. • Es posible reducir los elementos secundarios del diafragma. También, utilizando el acero H laminado (acero H prefabricado), se puede reducir las horas hombre en la fabricación de las vigas de acero. 	
		<p>Aplicación de las tecnologías japonesas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilización del acero resistente a la intemperie con acero SBHS. • Utilización del tablero premoldeado de concreto pretensado (Tablero de alta durabilidad). • Utilización de las estructuras de soporte y prevención de caídas sismorresistentes. • Utilización de técnicas de impermeabilización de la losa. • Utilización de guardacarriles de aluminio con consideración a la conservación del paisaje. • Utilización del método de lanzamiento sincronizado de las vigas principales. 	
		<p>Trabajabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para el montaje de las vigas principales se utiliza el método de lanzamiento, de manera que se podrá ejecutar las obras incluso en la época de lluvia. • Dado que los tableros son prefabricados, el volumen del concreto fundido en el sitio es poco, lo que reduce bastante el período de ejecución de las obras. • Como se puede instalar las pilas evitando el eje del río, esta propuesta es mejor que la No. 2 en lo que se refiere a la desviación del flujo durante la construcción de las pilas. 	
		<p>Facilidad de mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con el uso de acero resistente al intemperie, básicamente no será necesario dar mantenimientos contra la corrosión. • Los tableros premoldeados de concreto pretensado son muy resistentes a la fatiga, de manera que no requieren mucho mantenimiento. 	
		<p>Eficiencia económica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es la propuesta más económica en comparación con las otras. 	[1.00]
		<p>Evaluación integral</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es la mejor propuesta en términos de eficiencia estructural, trabajabilidad, facilidad de mantenimiento y eficiencia económica. 	◎
<p>Propuesta No. 2: Puente de vigas continuas en T de concreto pretensado de dos claros</p>  		<p>Eficiencia estructural</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es el tipo de estructura de vigas de concreto pretensado que se ha construido mucho en Nicaragua. • Dado que las vigas principales tienen la forma de T, el volumen de concreto fundido en el sitio será menor que el caso de las vigas I, la cual es muy usada en Centroamérica. 	
		<p>Aplicación de las tecnologías japonesas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilización de las estructuras de soporte y prevención de caídas sismorresistentes. • Utilización de técnicas de impermeabilización de la losa. • Utilización de guardacarriles de aluminio con consideración a la conservación del paisaje. 	
		<p>Trabajabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las obras superestructurales consisten en el montaje de vigas armadas, por lo que no depende de las condiciones del río. (Se puede llevar a cabo el montaje incluso en la época de lluvia.) • En el caso de que sea difícil asegurar el terreno para el plantel de fabricación de las vigas, se puede utilizar las vigas de bloque. • Como las vigas se ubican a una altura considerable y son pesadas, la trabajabilidad en el proceso de montaje es inferior a las otras propuestas. 	
		<p>Facilidad de mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es un puente de concreto y básicamente no requiere mantenimiento. • Como es una estructura de concreto pretensado, es poco el impacto de daños por fatiga a la losa y el cuerpo del puente. Por lo tanto, no hay necesidad de tomar tantas medidas contra la fatiga. 	
		<p>Eficiencia económica</p> <ul style="list-style-type: none"> • La eficiencia económica es moderada en comparación con las demás propuestas. 	[1.03]
		<p>Evaluación integral</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con respecto a la eficiencia estructural y la facilidad de mantenimiento, el presente puente está al mismo nivel que la Propuesta No. 1. Sin embargo, es inferior en cuanto a la trabajabilidad y la eficiencia económica. 	○
<p>Propuesta No. 3: Puente de armadura simple de acero</p>  		<p>Eficiencia estructural</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es el tipo de estructura que se ha construido mucho en Nicaragua. • Existe la posibilidad de sufrir daños al cuerpo del puente por árboles y otros objetos flotantes durante una inundación de gran envergadura. 	
		<p>Aplicación de las tecnologías japonesas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilización del acero resistente a la intemperie con acero SBHS. • Utilización de las estructuras de soporte y prevención de caídas sismorresistentes. • Utilización de técnicas de impermeabilización de la losa. • Utilización de guardacarriles de aluminio con consideración a la conservación del paisaje. 	
		<p>Trabajabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si se utiliza la grúa de cable para el montaje de la superestructura, se podrá ejecutar las obras incluso en la época de lluvia. • La losa se funde en el sitio por lo que el período de ejecución de las obras es más largo. 	
		<p>Facilidad de mantenimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con el uso del acero resistente al intemperie, básicamente no será necesario dar mantenimientos contra la corrosión, pero requiere mantenimiento en aquellas partes de la armadura en donde se acumula el agua de lluvia. • Es alta la tasa de generación de daños por fatiga de la losa de concreto armado, de manera que se necesita tomar medidas contra la fatiga. 	
		<p>Eficiencia económica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es la opción más costosa en comparación con las demás propuestas. 	[1.35]
		<p>Evaluación integral</p> <ul style="list-style-type: none"> • La trabajabilidad es excelente y el impacto al río menor. Sin embargo, es inferior a las demás propuestas en la eficiencia económica y resistencia a la fatiga de la losa. 	△

(2) Segunda revisión comparativa del tipo de superestructura (Comparación de detalles estructurales)

1) Comparación de la estructura de la viga principal

Con respecto al puente de vigas de placa de acero seleccionado en la primera revisión comparativa, como se muestra en el Figura 5-2-27, existen dos tipos de puente: uno con múltiples vigas y el otro con menor número de vigas, siendo este último desarrollado y puesto en práctica en los años recientes. Por lo tanto, a continuación se comparan los dos tipos.

Se muestran los resultados de la revisión comparativa en la Tabla 5-2-34. Se seleccionará la “**Propuesta No. 2: Puente con menor número de vigas principales de acero**” por su destacada eficiencia económica, eficiencia estructural y trabajabilidad.



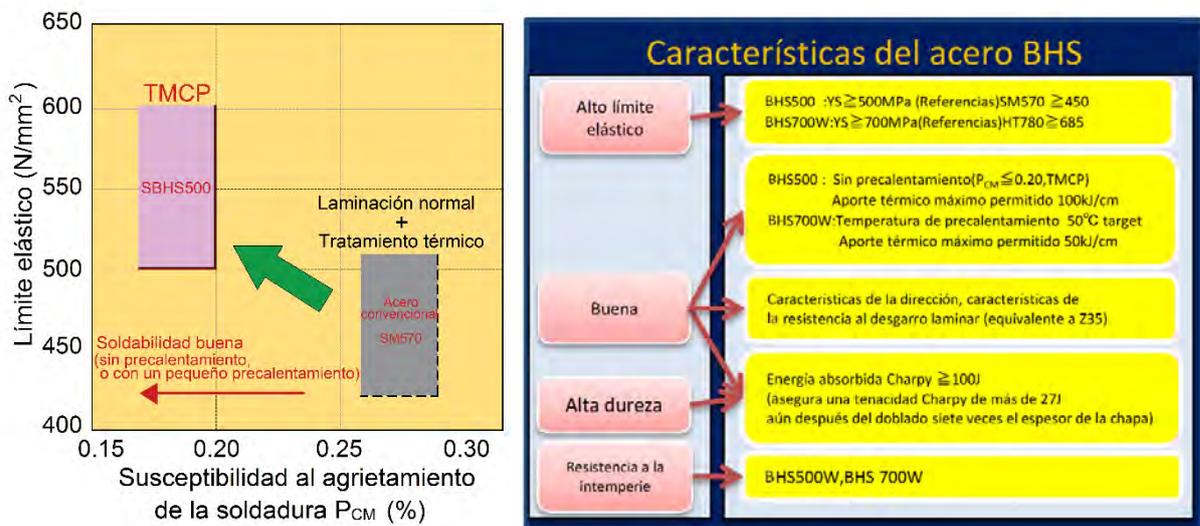
Fuente: Página Web de Japan Bridge Association Inc.

Figura 5-2-27 Estructuras con múltiples y con menor número de vigas principales de acero

2) Comparación de material de acero para las vigas principales

Como se muestra en el Figura 5-2-28, recientemente para las vigas principales se ha desarrollado el acero SBHS que se caracteriza por su solidez y la facilidad de soldadura, por lo que se decidió compararlo con el acero convencional.

Se muestran los resultados en la Tabla 5-2-35. Se seleccionará la “**Propuesta No. 2: Nuevo tipo acero (SBHS500W)**” por su destacada eficiencia económica y facilidad de soldadura.



Fuente: Catalogo de Japan Iron and Steel Federation

Figura 5-2-28 Acero convencional y acero SBHS

3) Comparación de la estructura de la losa

Para el puente de pocas vigas principales se utilizarán losa de alta durabilidad cuya resistencia a la fatiga es de más de 100 años. Existen tres tipos de losa de alta durabilidad por la combinación de su estructura y el método de fabricación. A continuación se comparan los tres tipos.

Propuesta No. 1: Losa premoldeada de concreto pretensado

Propuesta No. 2: Losa de concreto pretensado fundido en el sitio

Propuesta No. 3: Losa compuesta de acero y concreto

En la Tabla 5-2-36 se muestran los resultados del análisis comparativo y se adopta la **“Propuesta No. 1: Losa prefabricada de concreto pretensado”** por su eficiencia económica, trabajabilidad y efectividad de la transferencia tecnológica

Para la fabricación de losas de concreto pretensado, se construirá una planta sencilla de pretensado con un soporte sencillo para tensar los cables pretensados uno por uno, con el fin de simplificar el equipamiento de fabricación.

Para la fabricación en la planta sencilla de pretensado, el herraje metálico para la junta de los cables será adquirido en Japón y los demás materiales serán de adquisición local, lo que facilitará a la parte nicaragüense la construcción de las obras posteriores a la presente obra y el reuso de la tecnología. El trabajo de fabricación en sí consiste en repetir un mismo proceso bajo el asesoramiento de técnicos especializados, lo que conducirá a una sólida transferencia técnica.

4) Análisis de métodos de instalación de vigas de acero

De acuerdo con la forma y las dimensiones del puente y las condiciones topográficas correspondientes se han considerado los 3 siguientes métodos de instalación de vigas de acero, que se someterán a un análisis comparativo.

Alternativa 1: Instalación con pilares provisionales de acero doblado con el uso de camión grúa

Alternativa 2: Instalación por extrusión

Alternativa 3: Instalación con cables de conducto y losas compuestas de cables de acero y hormigón armado

Los resultados del análisis comparativo vienen en la Tabla 5-2-33 y según el nivel de seguridad y economía para una ejecución en la temporada de lluvias, se ha escogido la alternativa 2: Instalación por extrusión.

Tabla 5-2-33 Análisis comparativo de métodos de instalación de vigas de acero

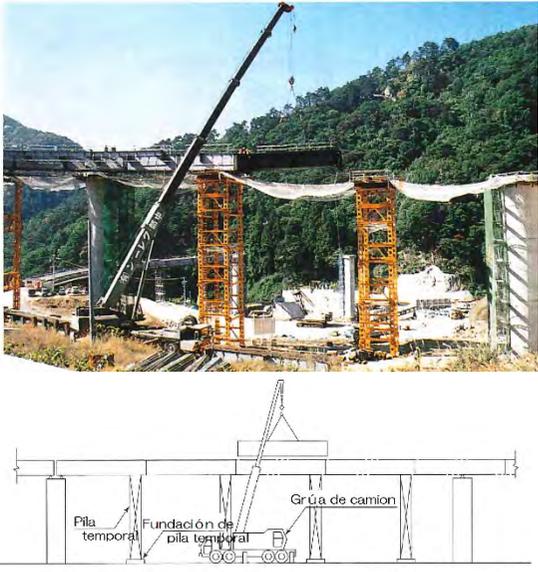
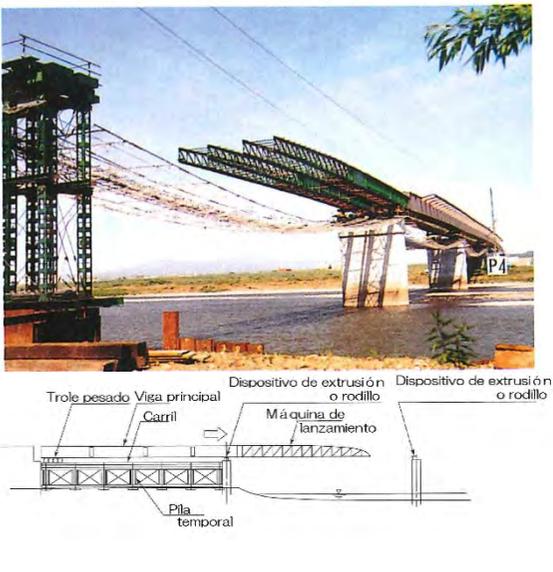
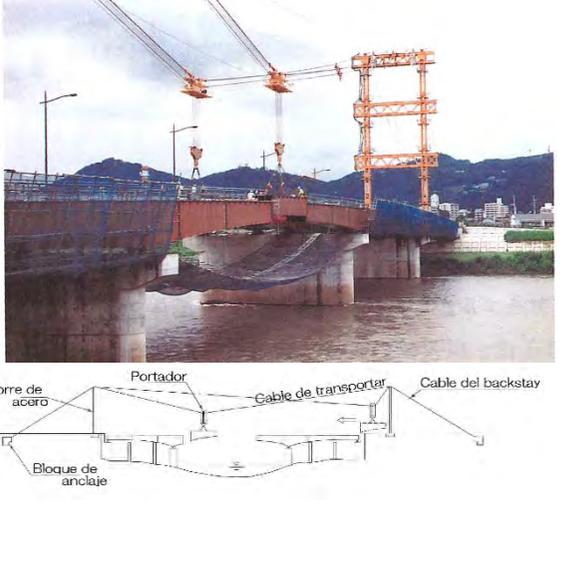
	Alternativa 1: Instalación con pilares provisionales de acero doblado con el uso de camión grúa	Alternativa 2: Instalación por extrusión	Alternativa 3: Instalación con cables de conducto
Esquemático			
Resumen del método	<p>Colocar en la subestructura pilares provisionales de acero doblad para sostener temporalmente los materiales de aceroo e instalar todas las vigas de acero entre estos puntos de soporte provisionales fijándolas con pernos.</p>	<p>Montar vigas de acero detrás de los estribos e instalar todas las vigas de acero moviéndolas hasta sus posiciones predeterminadas con un dispositivo de extrusión colocado sobre los puntos de soporte en la subestructura.</p>	<p>Tender cables sobre la torre de acero construida detrás de los estribos e instalar todas las vigas de acero utilizando estos cables. Como puntos de soporte provisional se pueden aprovechar los pilares provisionales o un cable tendido a tal efecto.</p>
Adaptabilidad al puente	<p>La obra de instalación de superestructura coincide con la temporada de lluvias, lo que requiere construir un muelle donde instalar grúa y tomas las medidas contra el arrastre de los plares provisionales y es menos favorable tanto en el costo como en la seguridad que la alternativa 2.</p>	<p>No requiere el trabajo debajo de las vigas, lo que facilita la instalación en la temporada de lluvias. En un puente con reducido número de losas-vigas, presenta alta rigidez sus vigas pricnpales y siendo posible reducir el tamaño del dispositivo de extrusión, es altamente adaptable al puente.</p>	<p>No requiere el trabajo debajo de las vigas, lo que facilita la instalación en la temporada de lluvias. Sin embargo, el dispositivo de instalación es grande y requiere un alto nivel técnico, es menos favorable tanto en el costo como en la seguridad que la alternativa 2.</p>
Evaluación	△	○	×

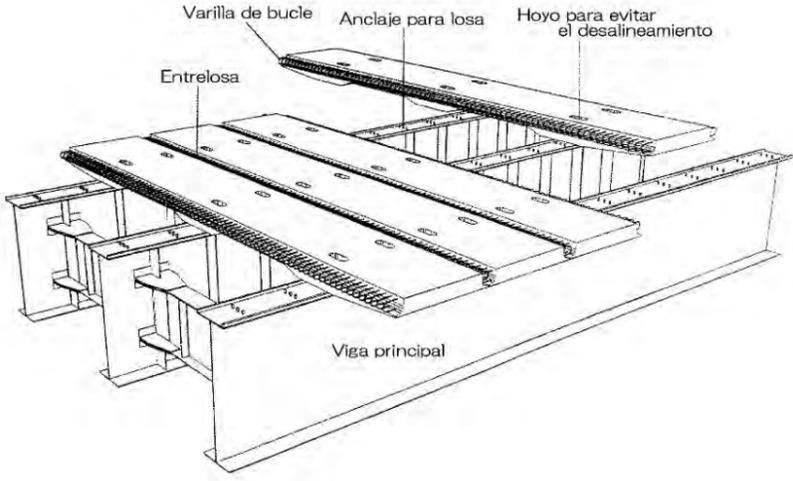
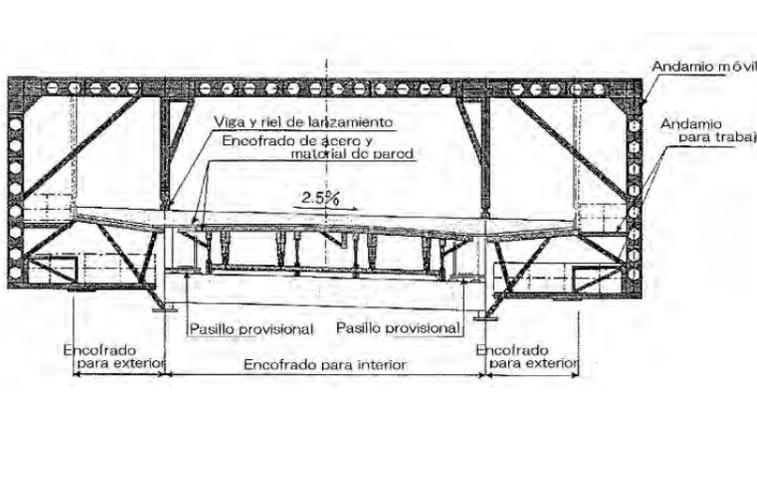
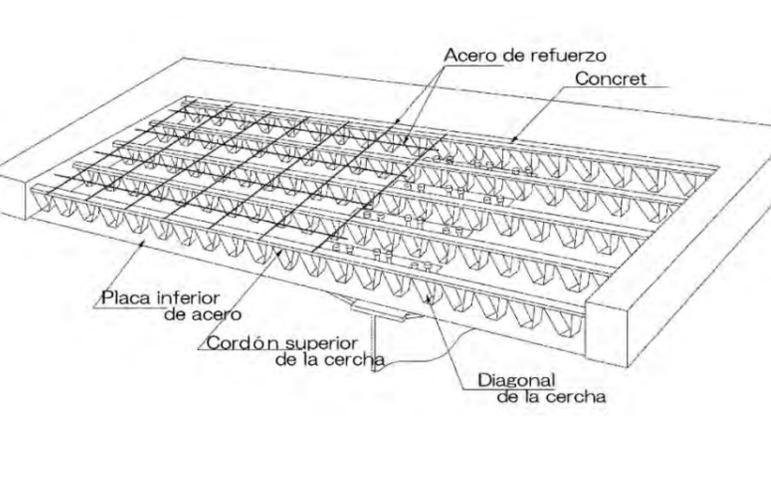
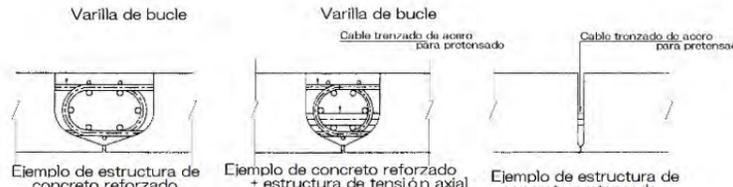
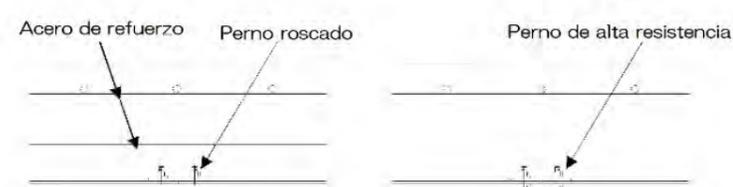
Tabla 5-2-34 Comparación de la estructura de las vigas principales

		Propuesta No. 1: Puente de múltiples vigas principales (Acero convencional: SMA570W)		Propuesta No. 2: Puente de pocas vigas principales (Acero de nuevo tipo: SBHS500)	
Plano de sección típica					
Resumen de resultados del cálculo de diseño esquemático	Longitud	50+40 = 90 m	52.5+80+52.5 = 175 m	50+40 = 90 m	52.5+80+52.5 = 175 m
	Peso del acero	237.9t (1.000)	462.50t (1.000)	170.8t (0.958)	380.3t (0.938)
	Costo del acero	(1.000)	(1.000)	(1.031)	(1.003)
	Hora-persona	(1.000)	(1.000)	(0.786)	(0.757)
	Costo de manufactura en la fábrica (Incluyendo gastos generales)	(1.000)	(1.000)	(0.939)	(0.922)
	Costo de construcción de la losa	(1.000)	(1.000)	(1.750)	(1.750)
	Costo total de transporte y montaje de vigas	(1.000)	(1.000)	(0.719)	(0.754)
	Costo de transporte de vigas de acero	(1.000)	(1.000)	(0.643)	(0.667)
	Costo de montaje de vigas (Incluyendo gastos generales)	(1.000)	(1.000)	(1.027)	(1.045)
	Costo de construcción de la superestructura (Incluyendo gastos administrativos generales)	(1.000)	(1.000)	(0.960)	(0.966)
Costo de reemplazo de la losa	(1.000)	(1.000)	----	----	
Costo del ciclo de vida (CCV) (100 años)	(1.000)	(1.000)	(0.809)	(0.802)	
Eficiencia estructural	<ul style="list-style-type: none"> Se supone que la durabilidad de la losa de concreto reforzado es de aproximadamente 50 años. Si se considera que la vida en servicio del puente es de 100 años, se deberá reemplazar la losa una vez durante dicho período, por lo que la opción es sumamente desventajosa en términos de coste de ciclo de vida Con respecto a la resistencia a la fatiga, esta propuesta es menos ventajosa que la Propuesta No. 2 debido a que el puente tiene muchos elementos instalados cerca de los patines superior e inferior que experimentan un alto nivel de tensión mecánica y la proporción de la carga viva es mayor comparada con la de la carga muerta. 		<ul style="list-style-type: none"> Se supone que la durabilidad de la losa de concreto pretensado es más de 100 años. Si se considera que la vida en servicio del puente es de 100 años, no se necesita reemplazar la losa, por lo que la opción es sumamente ventajosa en términos de coste de ciclo de vida Con respecto a la resistencia a la fatiga, esta propuesta es más ventajosa que la Propuesta No. 1 debido a que la cantidad de elementos instalados cerca de los patines, superior e inferior, que experimentan un alto nivel de tensión mecánica es reducida y la proporción de la carga viva es menor comparada con la de la carga muerta. 		
Trabajabilidad	<ul style="list-style-type: none"> El proceso de construcción de la losa se lleva a cabo en su totalidad en lugares altos sobre el puente e incluye trabajos de carpintería utilizando contrachapados como la fabricación de formaletas, por lo que es menos ventajosa que el de la Propuesta No. 2 en términos de trabajabilidad, seguridad y aseguramiento de la calidad. En el montaje de las vigas de acero, se debe realizar el lanzamiento de las cuatro (4) vigas a la vez, de manera que se requiere un alto nivel de control de las obras (control de fuerza de reacción para la prevención del pandeo del alma, etc.), de manera que es una opción menos ventajosa que la Propuesta No. 2 en términos de trabajabilidad. 		<ul style="list-style-type: none"> El proceso de construcción de la losa es más ventajoso que el de la Propuesta No. 1 en términos de trabajabilidad, seguridad y aseguramiento de la calidad, ya que se trabaja con formaletas de acero en la fábrica provisional, se fabrican los tableros premoldeados mediante una serie de tareas sencillas y repetitivas utilizando una mesa de armado de acero, se montan los tableros utilizando grúas y la fundición del concreto de la entrelosa se realiza sin formaletas. En el montaje de las vigas de acero, se debe realizar el lanzamiento de las dos vigas a la vez. La estabilidad durante la obra es alta y es una opción más ventajosa que la Propuesta No. 1 en términos de trabajabilidad. 		
Evaluación integral	Es menos ventajosa que la Opción No. 2 en términos de eficiencia económica, eficiencia estructural y trabajabilidad.		Es más ventajosa que la Opción No. 1 en términos de eficiencia económica, eficiencia estructural y trabajabilidad.		
Decisión	△		○		

Tabla 5-2-35 Comparación del acero para las vigas principales

		Propuesta No. 1: Acero convencional (SMA570W)		Propuesta No. 2: Acero de nuevo tipo (SBHS500W)	
Plano de sección típica		<p>Dos claros (Lisawe, Labú y Prinzapolka)</p>	<p>Tres claros (Mulukukú)</p>	<p>Dos claros (Lisawe, Labú y Prinzapolka)</p>	<p>Tres claros (Mulukukú)</p>
Resumen de resultados del cálculo de diseño	Longitud	50+40 = 90 m		52.5+80+52.5 = 175 m	
	Área máxima de corte	Patín superior 800x53 mm Alma 2800x16 mm Patín inferior 800x52 mm		Patín superior 1000x68 mm Alma 3000x16 mm Patín inferior 1000x68 mm	
	Peso del acero	176.8t (1.000)		417.2t (1.000)	
	Costo del acero	(1.000)		(1.000)	
	Hora-persona	(1.000)		(1.000)	
Facilidad de soldadura	Costo de manufactura en la fábrica (Incluyendo costo de acero)	(1.000)		(1.000)	
	Condiciones de soldadura	Valor P _{CM} (Composición de sensibilidad a la fisura de soldadura): menor o igual que 0.29; temperatura de precalentamiento: 80°C; calor aplicado máximo: 7,000J/mm; temperatura entre pasos: 230°C; longitud mínima de la unión de soldadura de armado: 80 mm.		Valor P _{CM} (Composición de sensibilidad a la fisura de soldadura): menor o igual que 0.20; temperatura de precalentamiento: no hay necesidad; calor aplicado máximo: 10,000J/mm; temperatura entre pasos: 300°C; longitud mínima de la unión de soldadura de armado: 50 mm.	
Evaluación integral	Evaluación de la facilidad de soldadura	Por las condiciones de soldadura arriba mencionadas, el material requiere precalentamiento al soldarse, el bajo calor aplicado máximo aumenta la cantidad de pasos de soldadura, la baja temperatura entre pasos aumenta el tiempo de espera y la larga longitud de la unión de armado reduce la trabajabilidad en el armado. Todo esto aumenta el costo de fabricación. Además el precalentamiento empeora el ambiente laboral y el material es propenso a producir fisuras en la soldadura, lo que aumenta la tasa de generación de defectos y, por ende, disminuye la calidad de la soldadura.		Por las condiciones de soldadura arriba mencionadas, el material no requiere precalentamiento al soldar, el alto calor aplicado máximo reduce la cantidad de pasos de soldadura, la alta temperatura entre pasos reduce el tiempo de espera y la corta longitud de la unión de armado mejora la trabajabilidad en el armado. Todo esto reduce el costo de fabricación. Además, la innecesidad del precalentamiento mejora el ambiente laboral y el material es difícil de producir fisuras en la soldadura, lo que reduce la tasa de generación de defectos y, por ende, mejora la calidad de la soldadura.	
	Decisión	Es menos ventajosa que la Propuesta No. 2 en términos de eficiencia económica y facilidad de soldadura. Cabe destacar que el uso del acero SMA570W de más de 50 mm de espesor fue permitido en las Especificaciones para Puentes Carreteros del 2002. Entre las láminas de acero de dicho espesor, el material ha sido utilizado con igual frecuencia que la Propuesta No. 2.		Es más ventajosa que la Propuesta No. 1 en términos de eficiencia económica y facilidad de soldadura.	
		△		○	

Tabla 5-2-36 Comparación de la estructura de la losa

	Losa premoldeada de concreto pretensado (Elaborado en el sitio del proyecto)	Losa de concreto pretensado fundido en el sitio	Losa compuesta de acero y concreto (Elaborada en Japón)
Diagrama esquemático			
Estructura de la junta en dirección del eje		<p>❖ Como el concreto se funde en el sitio, básicamente no hay junta en dirección del eje y es continua.</p>	
Descripción de la estructura	<p>La losa premoldeada de concreto pretensado es pretensada en dirección perpendicular al eje del puente, luego colocada sobre las vigas principales y unida en dirección de eje del puente. La introducción del pretensado reduce en gran medida la generación de fisuras y hace que la losa sea de alta durabilidad. Hay diferentes tipos de estructuras y se puede seleccionar por su funcionamiento y el nivel de durabilidad considerando las condiciones ambientales, la trabajabilidad y la eficiencia económica: concreto reforzado con juntas de bucle para el acoplamiento en dirección del eje del puente; concreto reforzado + tensión axial (estructura de concreto reforzado pretensado); concreto pretensado.</p>	<p>La losa de concreto pretensado fundido en el sitio es una estructura pretensada en dirección perpendicular al eje del puente en el sitio. La introducción del pretensado reduce en gran medida la generación de fisuras y hace que la losa sea de alta durabilidad. Como el concreto es fundido en el sitio, es fácilmente aplicable a puentes inclinados o curvos.</p>	<p>La losa compuesta de acero y concreto está diseñada como una estructura compuesta de tal manera que los elementos de acero (lámina, barra, etc.) resista la carga junto con el concreto. Fue desarrollada para los puentes de acero de pocas vigas principales con el fin de asegurar una durabilidad a largo plazo. La lámina de acero inferior de la losa compuesta es una estructura unida con el concreto mediante un elemento antideslizante como la armadura perforada y la estructura compuesta difiere según el fabricante.</p>
Trabajabilidad en el sitio del proyecto	<p>El peso de traslado (peso de instalación de un panel) es mayor comparado con la losa de acero o concreto. El volumen del concreto fundido en el sitio es menor comparado con las demás propuestas, de manera que el tiempo de ejecución de las obras en el sitio es más corto.</p>	<p>El concreto es totalmente fundido en el sitio, de manera que el período de ejecución de las obras será más largo. Será necesario administrar la calidad del concreto fundido en el sitio. Asimismo, se deberá realizar un control exhaustivo en el sitio del montaje y desmontaje de los soportes, así como del tensado de acero para el concreto pretensado que es un trabajo bien especial. Se necesitará el carro de avance especial Wagen.</p>	<p>Aunque el peso de traslado (peso de instalación de un panel) es menor comparado con la losa premoldeada de concreto pretensado, se necesita fundir el concreto en toda la superficie, por lo que el avance dependerá mucho del clima y el período de ejecución de las obras en el sitio será más largo. Será necesario administrar la calidad del concreto fundido en el sitio. La losa compuesta está destinada a racionalizar la ejecución de las obras en el sitio en lo relativo a las formaletas, pero por otro lado requiere un control exhaustivo en el sitio.</p>
Calidad y durabilidad	<p>La losa premoldeada de concreto pretensado se fabrica en la planta y es un producto de alta calidad y durabilidad. (La entrelosa es fundida en el sitio.)</p>	<p>Siendo una estructura de concreto pretensado, la durabilidad es alta. Sin embargo, como es fundida en el sitio, su calidad es un poco inferior a la de la losa premoldeada de concreto pretensado.</p>	<p>El panel de acero se produce en una fábrica, por lo que su calidad es uniforme. El concreto es fundido en el sitio y es afectado por las condiciones locales como el clima.</p>
Facilidad de mantenimiento	<p>Se puede ver directamente las fallas como fisuras por sobrecarga en toda la superficie, de manera que es fácil de verificar la calidad y dar mantenimiento.</p>	<p>Se puede ver directamente las fallas como fisuras por sobrecarga en toda la superficie, de manera que es fácil de verificar la calidad y dar mantenimiento.</p>	<p>Como está cubierta por la lámina inferior de acero, no se puede verificar directamente las fallas como fisuras por sobrecarga en la superficie inferior del concreto de la losa.</p>
Posibilidad de transferencia tecnológica	<p>Es alta la posibilidad de lograr la transferencia tecnológica, ya que se puede aplicar la tecnología del pretensado a otras estructuras.</p>	<p>Es una estructura de concreto pretensado común y no es alta la posibilidad de materializar la transferencia tecnológica.</p>	<p>La posibilidad de materializar la transferencia tecnológica es casi inexistente, ya que una gran parte de los elementos serán fabricados en Japón.</p>
Lugar de fabricación	<p>Se construirá una planta cerca del sitio de ubicación del puente para la fabricación de la losa.</p>	<p>Todo el trabajo se llevará a cabo en el sitio de construcción.</p>	<p>Se fabricarán los productos de acero como la lámina inferior y los elementos de la cercha en Japón o en terceros países y se los trasladarán hasta Nicaragua en barco.</p>
Eficiencia económica	<p>1.00</p>	<p>1.07</p>	<p>1.81</p>
Evaluación	<p>En comparación con las demás propuestas, se destaca por su eficiencia estructural, trabajabilidad y eficiencia económica.</p> <p>⊙</p>	<p>En comparación con la losa premoldeada de concreto pretensado, es inferior en la trabajabilidad y la eficiencia económica.</p> <p>△</p>	<p>En comparación con la losa premoldeada de concreto pretensado, es inferior en la trabajabilidad, la facilidad de mantenimiento y la eficiencia económica.</p> <p>△</p>

(3) Revisión del tipo de subestructura

Dado que la altura planificada de los estribos de los puentes oscilan entre 7.5 m y 12.0 m, se seleccionará, de la tabla de tipo de subestructura (Tabla 5-2-37) que se muestra a continuación, el estribo T invertida.

Con respecto a las pilas, como todas estarán ubicadas dentro del río, se seleccionará el tipo ovalado por su menor resistencia al agua menor impacto al flujo de agua.

Tabla 5-2-37 Tabla para la selección del tipo de subestructura

Estructura	Tipo	Altura adecuada (m)			Condiciones adecuadas
		10	20	30	
Estribo	1. Gravedad				Es adecuado cuando la capa del suelo de soporte no es profunda y la cimentación es directa.
	2. T invertida				Es el tipo de estribo muy utilizado y es adecuado para la cimentación directa y de pilotes.
	3. Contrafuerte				Es adecuado cuando el estribo es alto. No se utilizan muchos materiales pero el periodo de ejecución de las obras es largo.
	4. Caja				Fue desarrollado para estribos altos. El periodo de ejecución de las obras es un poco largo.
Pila	1. Columna				Es adecuado cuando la altura de la pila es menor, la condición de la intersección es severa o las pilas se ubican dentro del río.
	2. Marco rígido				Es adecuado para puentes anchos con pilas relativamente altas. Si las pilas se ubican dentro del río, puede ser que impidan el flujo de agua en caso de una inundación.
	3. Pile Bent				Es el más económico pero no es adecuado para puentes propensos a gran fuerza horizontal. Si las pilas se ubican dentro del río, impiden el flujo de agua en caso de una inundación.
	4. Ovalado o rectangular				Es adecuado para puentes con pilas altas propensas a fuerza externa. En particular, el ovalado es adecuado para pilas que se ubican dentro del río.

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

(4) Selección del tipo de cimentación

La aplicación de la cimentación directa es la opción más económica. Como se demuestra en la Tabla 5-2-38, se decidió seleccionar la cimentación directa cuando la profundidad desde la superficie del suelo hasta la capa de soporte es menor o igual que 5 m, tomando como referencia la Tabla 5-2-39.

Con respecto a la cimentación de pilotes, se decidió optar por el método de perforación rotativa encamisada por su alta capacidad de perforación debido a que en algunos lugares la capa de soporte consiste de roca o hay gravas sólidas en la capa intermedia.

Tabla 5-2-38 Selección de tipo de cimentación

		Profundidad de la capa de soporte	Tipo de cimentación a adoptar
Puente Mulukukú	Estribo A1	8.2m	Cimentación de pilotes
	Pila P1	0m	Cimentación directa
	Pila P2	0m	Cimentación directa
	Estribo A2	3.3m	Cimentación directa
Puente Lisawe	Estribo A1	7.7m	Cimentación de pilotes
	Pila P1	2.6m	Cimentación directa
	Estribo A2	2.8m	Cimentación directa
Puente Labú	Estribo A1	1.1m	Cimentación directa
	Pila P1	0m	Cimentación directa
	Estribo A2	11.4m	Cimentación de pilotes
Puente Prinzapolka	Estribo A1	6.3m	Cimentación de pilotes
	Pila P1	0.9m	Cimentación directa
	Estribo A2	10.5m	Cimentación de pilotes

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Tabla 5-2-39 Selección de tipo de cimentación de pilotes

Condiciones de selección		Tipo de cimentación	Cimentación directa	Cimentación de pilotes hincados		Cimentación de pilotes por perforación interior						Cimentación de pilote fundido en el sitio			Cimentación de cañón hidráulico		Cimentación de muro continuo subterráneo	Cimentación de muro continuo subterráneo					
				Pilote de concreto reforzado	Pilote de concreto pretensado de alta resistencia (PHC)	Pilote PHC			Pilote de tubo de acero			Perforación rotativa encamisada	Barrado sin intubación	Barrado	Perforación manual	Neumático			Abierto				
						Método de golpe final	Método de rociado y mezclado	Método de golpe de concreto	Método de golpe final	Método de rociado y mezclado	Método de golpe de concreto												
Hasta la capa de soporte	Suelo blando en la capa intermedia	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
	Suelo sumamente sólido en la capa intermedia	○	×	Δ	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
	Grava en la capa intermedia	Diámetro: 5 cm o menor	○	Δ	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		Diámetro: 5-10 cm	○	×	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		Diámetro: 10-50 cm	○	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○		
	Existencia de suelo propenso a licuación	Δ	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	Capa de soporte	Profundidad de la capa de soporte	Menos de 5 m	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
			5-15 m	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			15-25 m	×	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			25-40 m	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
40-60 m			×	×	Δ	○	Δ	Δ	Δ	○	○	○	Δ	○	×	×	Δ	○	○	○	○	○	
60 m o mayor			×	×	×	Δ	×	×	×	×	×	×	×	Δ	×	×	×	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	
Características del suelo de la capa de soporte		Suelo viscoso (20 ≤ N)	○	○	○	○	○	×	Δ	○	×	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		Arena y grava arenosa (30 ≤ N)	○	○	○	○	○	○	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
Roca	○	×	×	×	×	×	Δ	×	×	Δ	○	Δ	×	○	○	○	○	○	○	○			
Gran inclinación (30° o mayor)	○	×	Δ	○	Δ	Δ	Δ	○	○	○	○	○	Δ	Δ	○	○	○	○	○	○			
Superficie de la capa de soporte sumamente irregular	○	Δ	Δ	○	Δ	Δ	Δ	○	Δ	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
Agua subterránea	Nivel freático cerca de la superficie	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Δ	Δ	○	○	○	○	○			
	Volumen del agua de manantial sumamente abundante	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Δ	×	○	○	○	○	○			
	Acuífero confinado a 2 m o más de la superficie	×	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	Δ	Δ	○	×	×			
	Velocidad del agua subterránea: 3 m/min	×	○	○	○	○	×	×	○	×	×	×	×	×	×	○	Δ	○	×	×			
Intensidad de carga	Pequeña carga vertical (Distancia entre luces: menor o igual que 20 m)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
	Carga vertical regular (Distancia entre luces: 20 m-50 m)	○	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
	Gran carga vertical (Distancia entre luces: 50 m)	○	×	Δ	○	Δ	Δ	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
	Carga horizontal menor que carga vertical	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	Carga horizontal mayor que carga vertical	○	×	Δ	○	Δ	Δ	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	Tipo de soporte	Pilote de soporte	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
Pilote de fricción		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
Condiciones de ejecución	Obras desde la superficie del agua	Profundidad de agua: menos de 5 m	○	○	○	○	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	×	○	Δ	×	Δ	Δ	○	×			
		Profundidad de agua: 5 m o mayor	×	Δ	Δ	○	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	×	Δ	×	×	Δ	Δ	○	×	×		
	Pequeño espacio de trabajo	○	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	○	Δ	Δ	×	Δ	Δ			
	Hincado de pilotes inclinados	○	Δ	○	○	×	×	×	Δ	Δ	Δ	Δ	×	×	×	○	○	○	○	○			
	Afectaciones por el gas tóxico	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○	○			
	Ambiente en los alrededores	Medidas contra vibración y ruido	○	×	×	×	Δ	○	○	Δ	○	○	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○		
Impacto en las estructuras adyacentes		○	×	×	Δ	Δ	○	○	Δ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			

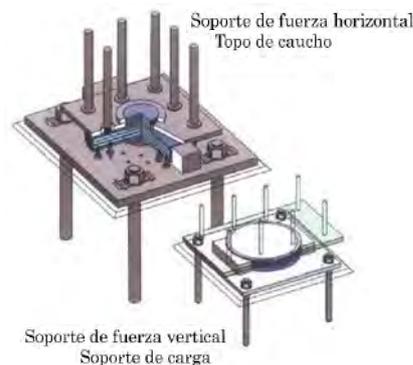
5-2-2-7 Revisión de la estructura de antisísmico

Tal como se indica en las condiciones de diseño antisísmico en la 5-2-2-3(4), los puentes pueden recibir una fuerza sísmica relativamente grande y tienen pilas relativamente altas, por lo que se adoptan las siguientes medidas para mejorar la resistencia antisísmica.

(1) Soporte antisísmico

El soporte antisísmico es la medida más efectiva y utilizada para reducir la fuerza sísmica. El soporte antisísmico tiene los 3 siguientes tipos principales. En los últimos años ha avanzado el desarrollo para el uso práctico y bajo las condiciones normalmente aplicables, se propone un soporte corredero tipo aislamiento sísmico, mostrado en la Figura 5-2-29.

- Soporte corredero tipo aislamiento sísmico
- Soporte con tipo aislamiento sísmico con núcleo de plomo
- Soporte de caucho de elevado amortiguamiento sísmico

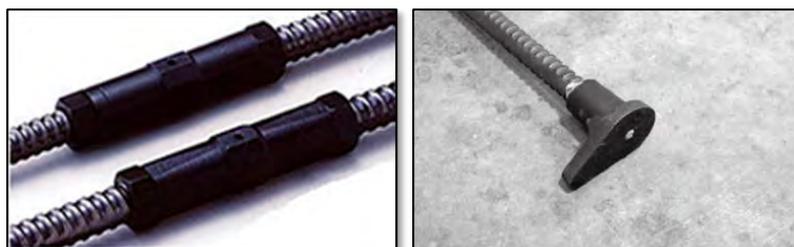


Fuente: Página Web de BBM

Figura 5-2-29 Ejemplo de aislamiento sísmico de base

(2) Varillas de acero con nudos y ganchos cuneiformes

Para resistir a las acciones de grandes fuerzas sísmicas, las varillas de acero de las pilas necesitan un diámetro grande, por tanto, se requiere evitar un insuficiente relleno de concreto a causa de una colocación de varillas demasiado densa y tratar de mejorar la calidad y la trabajabilidad. Las varillas de acero con nudos indicadas en la Figura 5-2-33 es para simplificar el trabajo de unión de las juntas mecánicas utilizadas en varillas de gran diámetro grande y tiene mérito de agrandar el espesor del recubrimiento mediante la seguridad del trabajo en la junta y la reducción del tamaño de juntas, y sobre todo, presenta una estructura muy favorable en los países en vías de desarrollo donde sea difícil dar una supervisión de ejecución. Asimismo, los ganchos cuneiformes utilizados en la junta de las varillas de acero son útiles en el sentido de evitar el relleno insuficiente de hormigón, por lo que se adoptarán junto con varillas de acero con nudos. Las varillas de acero con nudos tienen establecido un precio similar al de varillas de acero corriente.



Fuente: Página Web de Tokyo Tekko Co., Ltd.

Figura 5-2-30 Redondo de acero con nudos y gancho cuneiforme

5-2-2-8 Análisis de la estructura de vallas de seguridad

Las vallas de seguridad de aluminio con consideración a la apariencia, indicadas en la Fig. 5-2-31, tienen un diseño bonito con consideración a la apariencia y son excelentes productos que garantizan la seguridad contra caída de vehículos a través de experimentos de choques, la larga durabilidad con el uso de materiales de aluminio libre de deterioro con la corrosión y la consecuente reducción del costo de mantenimiento, por lo que se adoptarán como vallas de seguridad para los presentes puentes.



Fuente: Página Web de Sumikei-Nikkei Engineering Co., Ltd.

Figura 5-2-31 Vallas de seguridad de aluminio con consideración a la apariencia

5-2-2-9 Análisis de la estructura de protección de concreto

El deterioro y daños causados por la sal y la neutralización, producidos en las losas y la subestructura perjudican la durabilidad de la estructura, por lo que es necesario prestar suficiente atención. Según “Especificaciones de puentes carreteros”, se establece el uso de pintado de varillas de acero o de concreto en las áreas con posibles daños por la sal, pero, los puentes en cuestión están ubicados en una zona montañosa distante de la costa, clasificada como área sin necesidad del uso de anticongelante y sin posibilidad de daño por la sal, por lo que no se adoptará el pintado de varillas de acero o de concreto. No obstante, teniendo en cuenta un posible deterioro por la neutralización, se garantizará un espesor apropiado del recubrimiento de concreto. En las juntas de las losas prefabricadas de concreto pretensado, se teme el deterioro de las varillas de acero por posibles fugas, por lo que se instalará una capa impermeable adecuada.

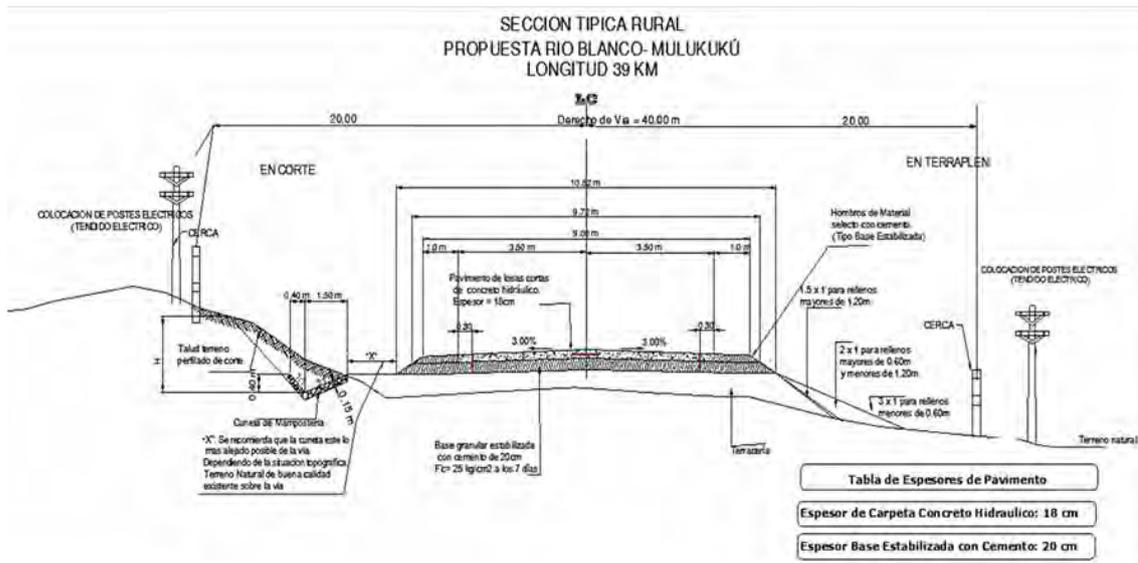
5-2-2-10 Revisión de la estructura de los caminos de acceso

Los caminos de acceso antes y después del puente estarán acorde con la estructura adoptada en el proyecto de construcción de la Carretera Río Blanco-Siuna que el MTI está ejecutando con la ayuda del Banco Mundial, BID y BCIE y se mantendrá básicamente la coherencia en toda la carretera.

En el proyecto de carretera entre Río Blanco- Siuna, se ha adoptado el método AASTH para el diseño de pavimentación.

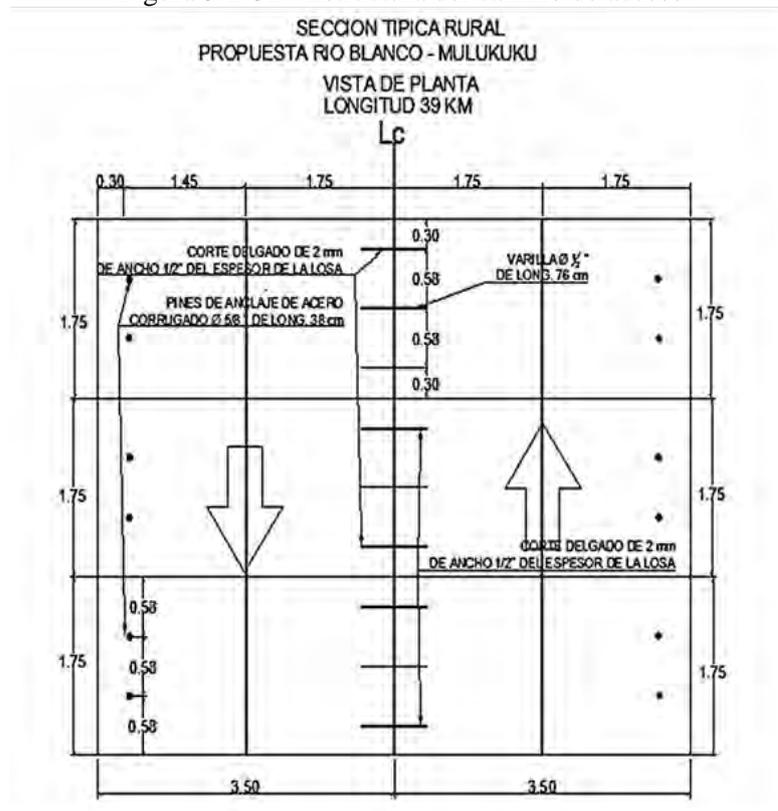
En el tramo objeto del Proyecto, mediante un examen de CBR y en vista de las condiciones del diseño del tramo vial, se ha comprobado que tienen las mismas condiciones de superficie vial. Las condiciones de tráfico pretenden mantener coherencia con las del proyecto vial, por lo que no habrá problema en adoptar una misma composición de pavimento.

Al igual que los tramos antes y después del puente, la pavimentación será de concreto hidráulico.



Fuente: Informe de Santa Fe

Figura 5-2-32 Estructura del camino de acceso



Fuente: Informe de Santa Fe

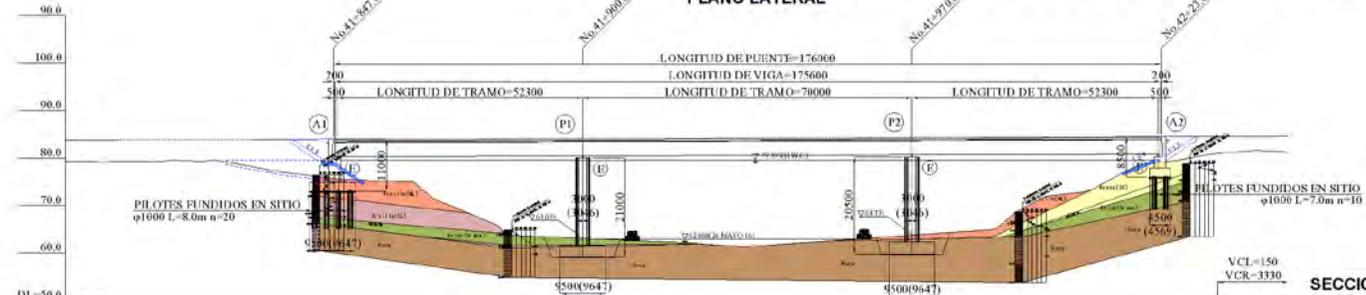
Figura 5-2-33 Detalle de la pavimentación de concreto hidráulico

5-2-3 Plano de diseño esquemático

A continuación se adjuntan los planos de diseño esquemático que se elaboraron con base en el plan básico mencionado anteriormente.

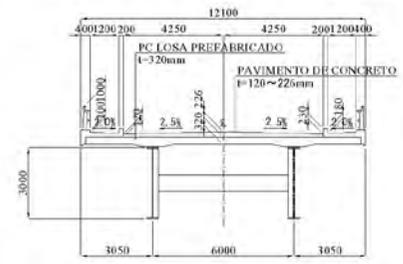
PLANO GENERAL DE PUENTE MULUKUKU(1) S=1:500

PLANO LATERAL

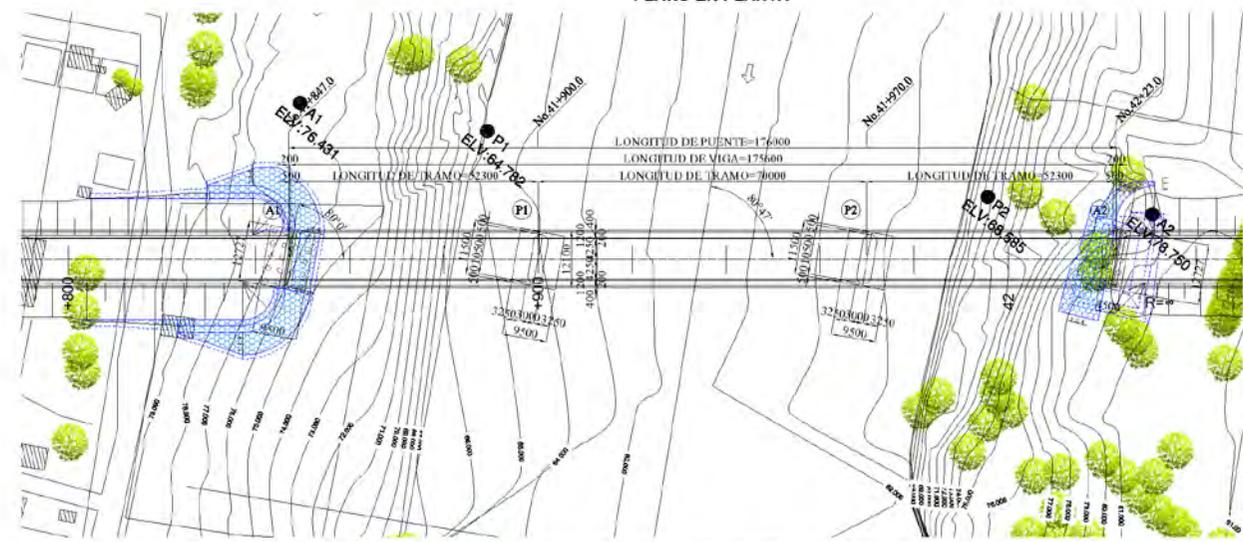


Gradiente Longitudinal													
Nivel Propuesta	83.825	83.885	83.945	84.005	84.065	84.125	84.185	84.245	84.305	84.365	84.425	84.485	84.548
Nivel Terreno	79.000	79.000	79.226	75.189	66.609	63.026	62.174	62.000	63.048	64.450	72.131	78.611	81.000
Estación	+800	+028	+840	+860	+880	+900	+920	+940	+960	+980	+02	+20	+40
Curvatura	R=∞ L=553.699										42		
Superelevación	2.5%												

SECCION TRANSVERSAL DE LA SUPERESTRUCTURA S=1:100



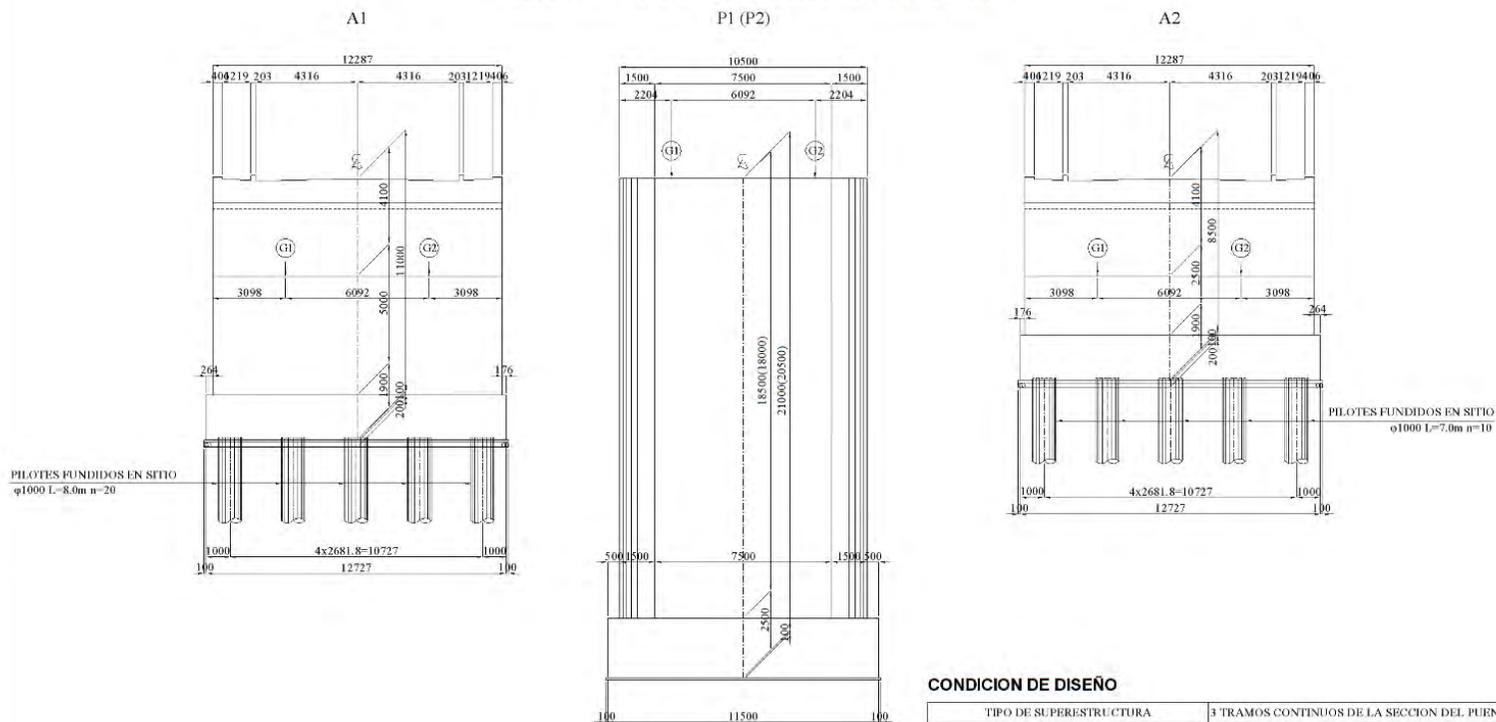
PLANO EN PLANTA



PNOMBRE DE PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	PREPARADO POR	REVISADO POR	AFROBADO POR	TITULO DE DIBUJO	ESCALA	PLANO No.
Estudio Preparatorio para el Proyecto de Construcción de Puentes en la Carretera entre Rio Blanco y Siuna	MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA	CENTRAL CONSULTANT INC.				PLANO GENERAL DE PUENTE MULUKUKU(1)		

PLANO GENERAL DE PUENTE MULUKUKU(2) S=1:100

SECCION TRANSVERSAL DE LA SUBESTRUCTURA S=1:100



CONDICION DE DISEÑO

TIPO DE SUPERESTRUCTURA	3 TRAMOS CONTINUOS DE LA SECCION DEL PUENTE DE VIGA DE ACERO (DE 2 VIGAS PRINCIPALES)	
CARGA VIVA	CARGA VIVA TIPO-B	
LONGITUD DE PUENTE	176.000m	
LONGITUD DE TRAMO	52.300m+70.000m+52.300m	
ANCHO	0.400m+1.200m(ACERA)+0.200m+8.500m(CALZADA)+0.200m+1.200m(ACERA)+0.400m	
ANGULO DE INCLINACION	0=80°	
PAVIMENTO	PAVIMENTO DE CONCRETO (MÍNIMO $\geq 120\text{mm}$)	
GRADO DEL MATERIAL	PC LOSA PREFABRICADO	RESISTENCIA DE DISEÑO ESTANDAR $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$
	SUPERESTRUCTURA	CABLE DE PC IS15.2 ACERO CORTEN SIN PINTAR SBHS400W SBHS500W
	SUBESTRUCTURA	RESISTENCIA DE DISEÑO ESTANDAR $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ BARRA DE REFUERZO SD345
	PILOTES FUNDIDOS EN SITIO	RESISTENCIA DE DISEÑO ESTANDAR $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ (RESISTENCIA NOMINAL $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$) BARRA DE REFUERZO SD345
COEFICIENTE SISMICO	NIVEL I $k_h=0.14$ (CLASIFICACION DEL SUELO I) $k_h=0.16$ (CLASIFICACION DEL SUELO II) NIVEL 2 TIPO2 $k_h=1.35$ (CLASIFICACION DEL SUELO I) $k_h=1.12$ (CLASIFICACION DEL SUELO II)	
ESTANDAR DE DISEÑO	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO PARA PUENTES EN CARRETERA (MARZO,2012,ASOCIACION DE CARRETERAS EN JAPON)	

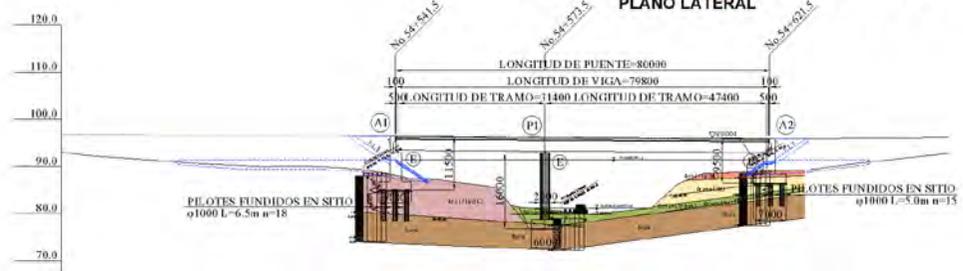
S-91

Capítulo 5 Contenido del Proyecto

PNOMBRE DE PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	PREPARADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	TITULO DE DIBUJO	ESCALA	PLANO No.
Estudio Preparatorio para el Proyecto de Construcción de Puentes en la Carretera entre Rio Blanco y Siuna	MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA	CENTRAL CONSULTANT INC.				PLANO GENERAL DE PUENTE MULUKUKU(2)		

PLANO GENERAL DE PUENTE LISAWÉ(1)

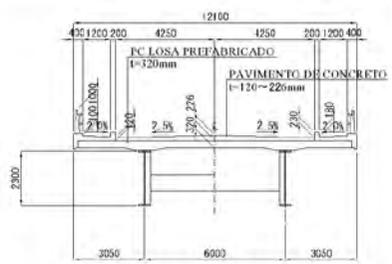
S=1:500



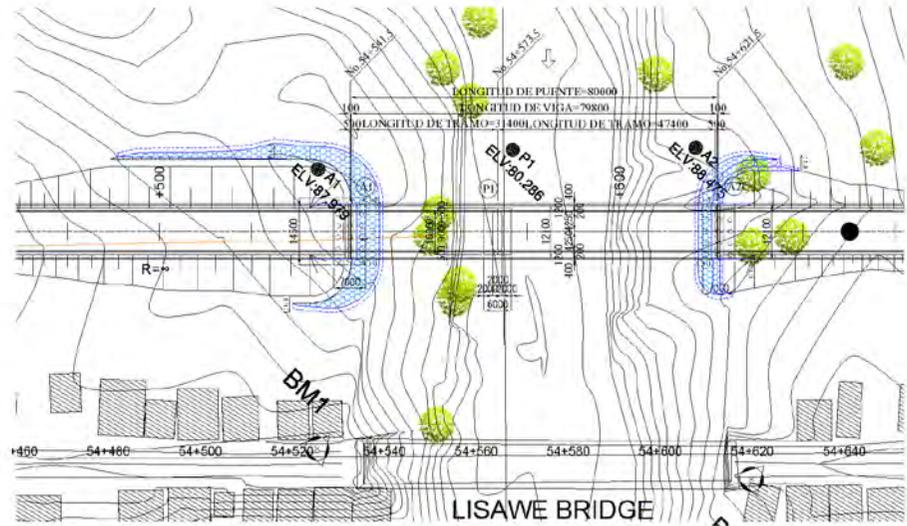
DI=60.0		VCL=150 VCR=2680									
Gradiente Longitudinal		-0.600% L=300.000									
Nivel Propuesta		96.768	96.648	96.528	96.408	96.288	96.168	96.048	95.927	95.807	95.688
Nivel Terreno		92.020	91.889	90.000	88.463	85.979	80.150	77.074	89.005	90.995	91.737
Estación		+480	+500	+520	+540	+560	+580	+600	+620	+640	K.A.2.3 (0.650)
Curvatura		R=∞ L=301.576									
Superelevación		2.5% +2.14									

SECCION TRANSVERSAL DE LA SUPERESTRUCTURA

S=1:100



PLANO EN PLANTA

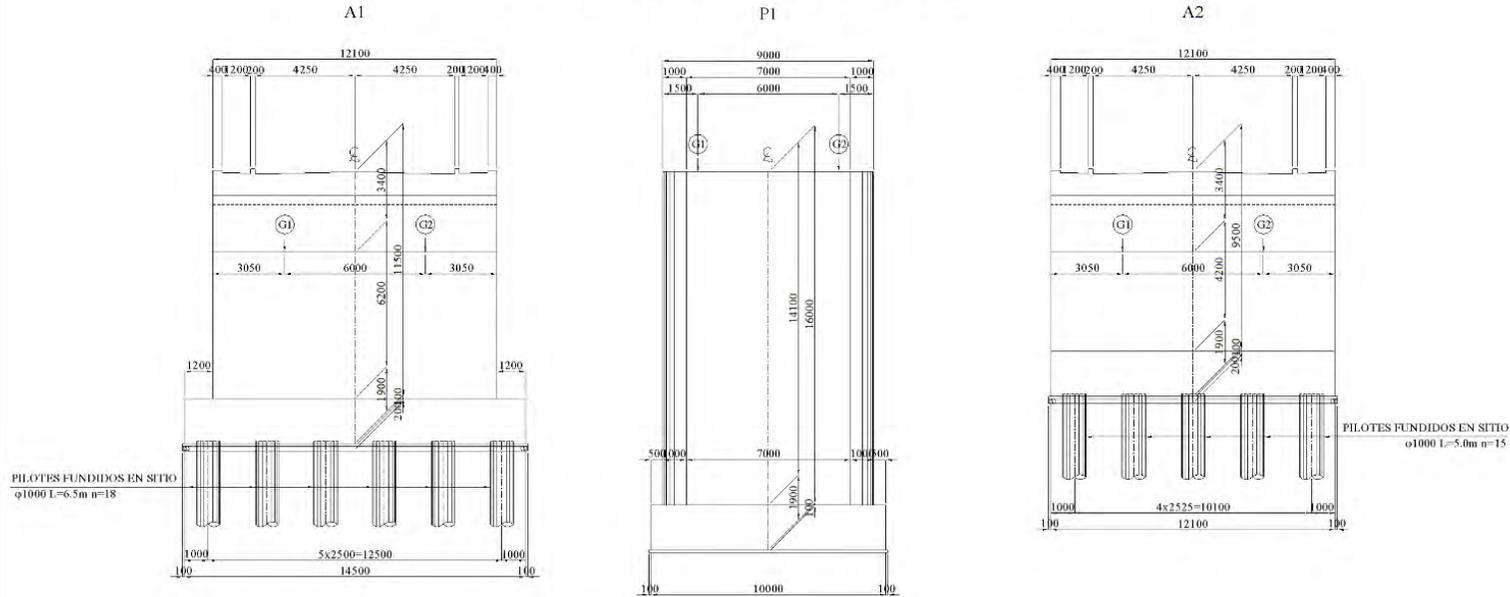


PNOMBRE DE PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	PREPARADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	TITULO DE DIBUJO	ESCALA	PLANO No.
Estudio Preparatorio para el Proyecto de Construcción de Puentes en la Carretera entre Río Blanco y Siuna	MINISTERIO DE TRANSPORT E INFRAESTRUCTURA	CENTRAL CONSULTANT INC.				PLANO GENERAL DE PUENTE LISAWÉ(1)		

PLANO GENERAL DE PUENTE LISAWE(2)

S=1:500

SECCION TRANSVERSAL DE LA SUBESTRUCTURA S=1:100



CONDICION DE DISEÑO

TIPO DE SUPERESTRUCTURA	2 TRAMOS CONTINUOS DE LA SECCION DEL PUENTE DE VIGA DE ACERO (DE 2 VIGAS PRINCIPALES)	
CARGA VIVA	CARGA VIVA TIPO-B	
LONGITUD DE PUENTE	80.000m	
LONGITUD DE TRAMO	31.400m+47.400m	
ANCHO	0.400m + 1.200m (ACERA) + 0.200m + 8.500m (CALZADA) + 0.200m + 1.200m (ACERA) + 0.400m	
ANGULO DE INCLINACION	θ=90°	
PAVIMENTO	PAVIMENTO DE CONCRETO (MÍNIMO t=120mm)	
GRADO DEL MATERIAL	PC LOSA PREFABRICADO	RESISTENCIA DE DISEÑO ESTANDAR cck=50N/mm ² CABLE DE PC 1S15.2
	SUPERESTRUCTURA	ACERO CORTEN SIN PINTAR SBIS400W SBIS500W
	SUBESTRUCTURA	RESISTENCIA DE DISEÑO ESTANDAR cck=24N/mm ² BARRA DE REFUERZO SD345
	PILOTES FUNDIDOS EN SITIO	RESISTENCIA DE DISEÑO ESTANDAR cck=24N/mm ² (RESISTENCIA NOMINAL cck=30N/mm ²) BARRA DE REFUERZO SD345
COEFICIENTE SISMICO	NIVEL I k _{h0} =0.14 (CLASIFICACION DEL SUELO I) k _{h0} =0.16 (CLASIFICACION DEL SUELO II) NIVEL 2 TIPO2 k _{h0} =1.35 (CLASIFICACION DEL SUELO I) k _{h0} =1.12 (CLASIFICACION DEL SUELO II)	
ESTANDAR DE DISEÑO	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO PARA PUENTES EN CARRETERA (MARZO,2012,ASOCIACION DE CARRETERAS EN JAPON)	

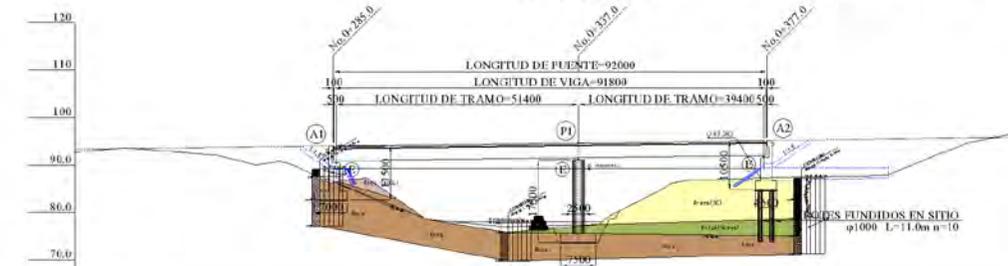
5-93

PNOMBRE DE PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	PREPARADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	TITULO DE DIBUJO	ESCALA	PLANO No.
Estudio Preparatorio para el Proyecto de Construcción de Puentes en la Carretera entre Rio Blanco y Siuna	MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA	CENTRAL CONSULTANT INC.				PLANO GENERAL DE PUENTE LISAWE(2)		

PLANO GENERAL DE PUENTE LABU(1)

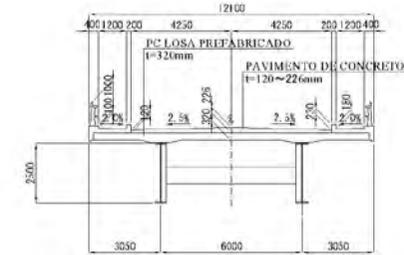
S=1:500

PLANO LATERAL

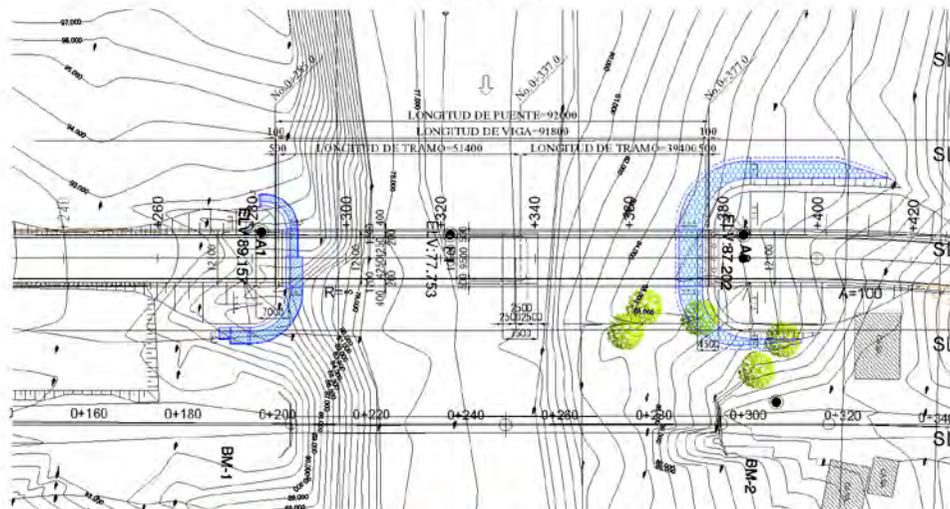


Gradiente Longitudinal	[Diagrammatic representation of the longitudinal profile]									
Nivel Propuesta	+240+	+260+	+280+	+300+	+320+	+340+	+360+	+380+	+400+	+420+
Nivel Terreno	93.500	92.045	88.292	82.071	77.493	77.493	86.709	87.432	87.997	94.755
Estación	+240+	+260+	+280+	+300+	+320+	+340+	+360+	+380+	+400+	+420+
Curvatura	R=171.675									
Superelevación	[Superelevation diagram showing 2.5% and 1/168 slopes]									

SECCION TRANSVERSAL DE LA SUPERESTRUCTURA
S=1:100



PLANO EN PLANTA

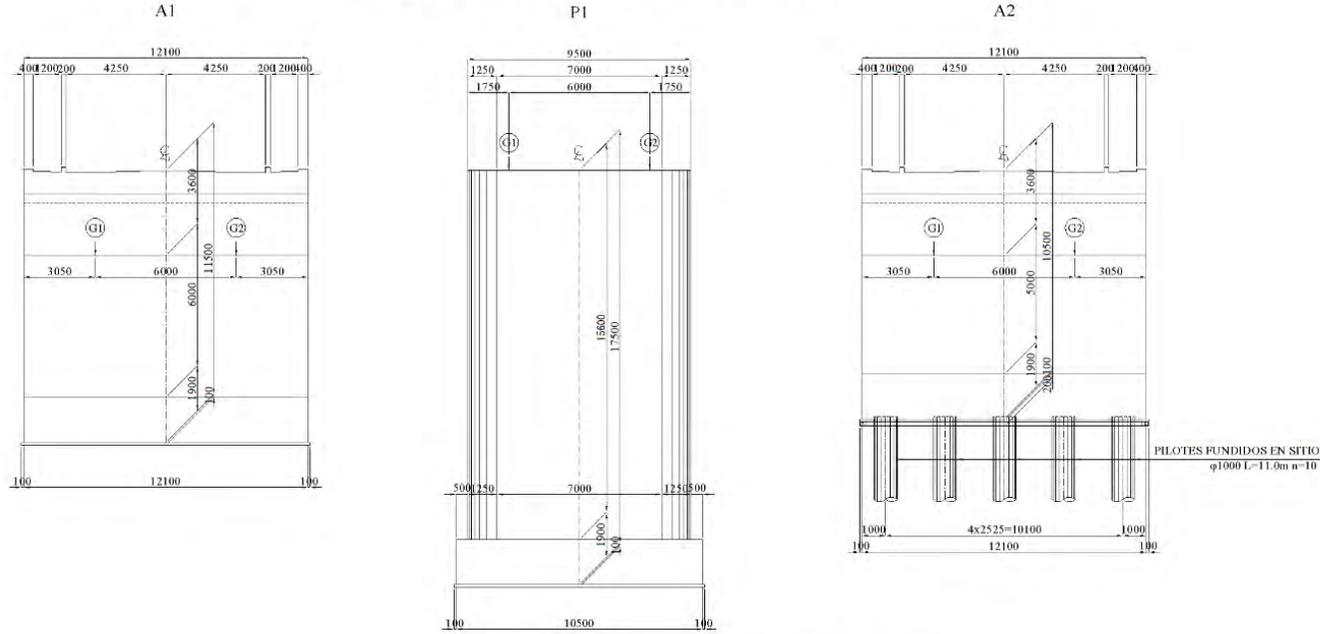


PNOMBRE DE PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	PREPARADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	TITULO DE DIBUJO	ESCALA	PLANO No.
Estudio Preparatorio para el Proyecto de Construcción de Puentes en la Carretera entre Rio Blanco y Siuna	MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA	CENTRAL CONSULTANT INC.				PLANO GENERAL DE PUENTE LABU(1)		

PLANO GENERAL DE PUENTE LABU(2)

S=1:500

SECCION TRANSVERSAL DE LA SUBESTRUCTURA S=1:100



CONDICION DE DISEÑO

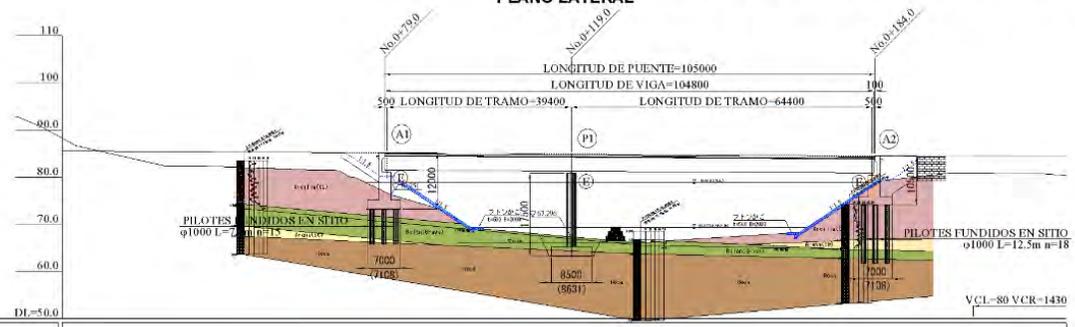
TIPO DE SUPERESTRUCTURA	2 TRAMOS CONTINUOS DE LA SECCION DEL PUENTE DE VIGA DE ACERO (DE 2 VIGAS PRINCIPALES)	
CARGA VIVA	CARGA VIVA TIPO-B	
LONGITUD DE PUENTE	92.000m	
LONGITUD DE TRAMO	51.400m+39.400m	
ANCHO	0.400m + 1.200m(ACERA) + 0.200m + 8.500m(CALZADA) + 0.200m + 1.200m(ACERA) + 0.400m	
ANGULO DE INCLINACION	θ=90°	
PAVIMENTO	PAVIMENTO DE CONCRETO (MÍNIMO t=120mm)	
GRADO DEL MATERIAL	PC LOSA PREFABRICADO	RESISTENCIA DE DISEÑO ESTANDAR $c_{ck}=50N/mm^2$ CABLE DE PC IS15.2
	SUPERESTRUCTURA	ACERO CORTEN SIN PINTAR SBHS400W SBHS500W
	SUBESTRUCTURA	RESISTENCIA DE DISEÑO ESTANDAR $c_{ck}=24N/mm^2$ BARRA DE REFUERZO SD345
	PILOTES FUNDIDOS EN SITIO	RESISTENCIA DE DISEÑO ESTANDAR $c_{ck}=24N/mm^2$ (RESISTENCIA NOMINAL $c_{ck}=30N/mm^2$) BARRA DE REFUERZO SD345
COPICIENTE SISMICO	NIVEL1 $k_{h0}=0.14$ (CLASIFICACIÓN DEL SUELO I) $k_{h0}=0.16$ (CLASIFICACIÓN DEL SUELO II) NIVEL2 TIPO2 $k_{h0}=1.35$ (CLASIFICACIÓN DEL SUELO I) $k_{h0}=1.12$ (CLASIFICACIÓN DEL SUELO II)	
ESTANDAR DE DISEÑO	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO PARA PUENTES EN CARRETERA (MARZO,2012,ASOCIACION DE CARRETERAS EN JAPON)	

5-95

PNOMBRE DE PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	PREPARADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	TITULO DE DIBUJO	ESCALA	PLANO No.
Estudio Preparatorio para el Proyecto de Construcción de Puentes en la Carretera entre Río Blanco y Siuna	MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA	CENTRAL CONSULTANT INC.				PLANO GENERAL DE PUENTE LABU(2)		

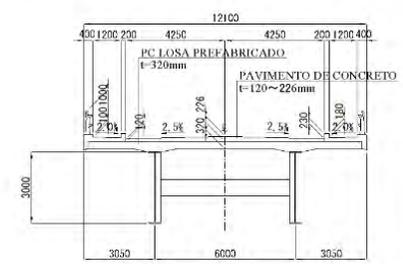
PLANO GENERAL DE PUENTE PRINZAPOLKA(1) S=1:500

PLANO LATERAL

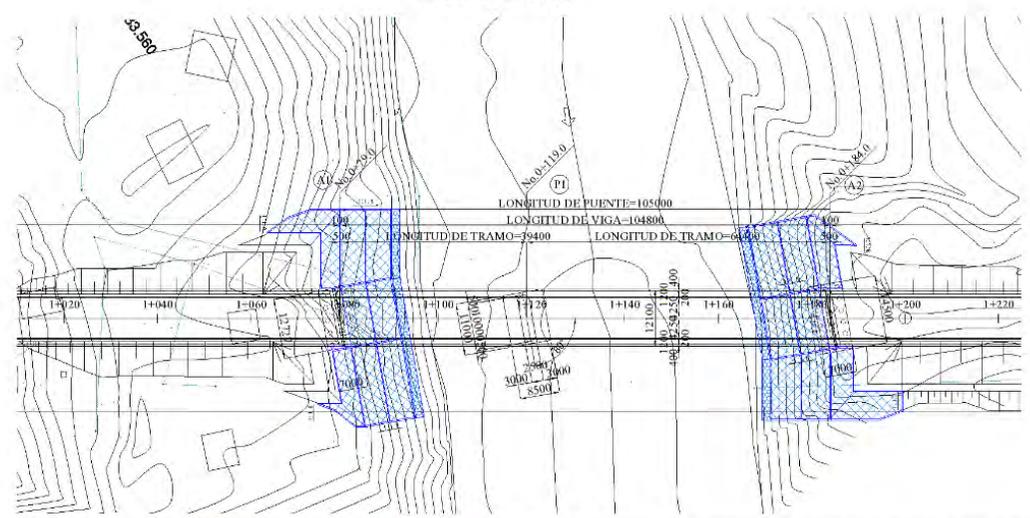


Gradiente Longitudinal											
Nivel Propuesta	85.493	85.573	85.253	85.133	85.013	84.893	84.773	84.653	84.533	84.413	84.372
Nivel Terreno	85.079	82.388	81.432	76.504	68.977	67.195	67.060	67.739	76.259	80.115	80.443
Estación	+20	+40	+60	+80	+100	+120	+140	+160	+180	+200	+220
Curvatura	R= L=649.355										
Superelevación	-1.5%										

SECCION TRANSVERSAL DE LA SUPERESTRUCTURA S=1:100



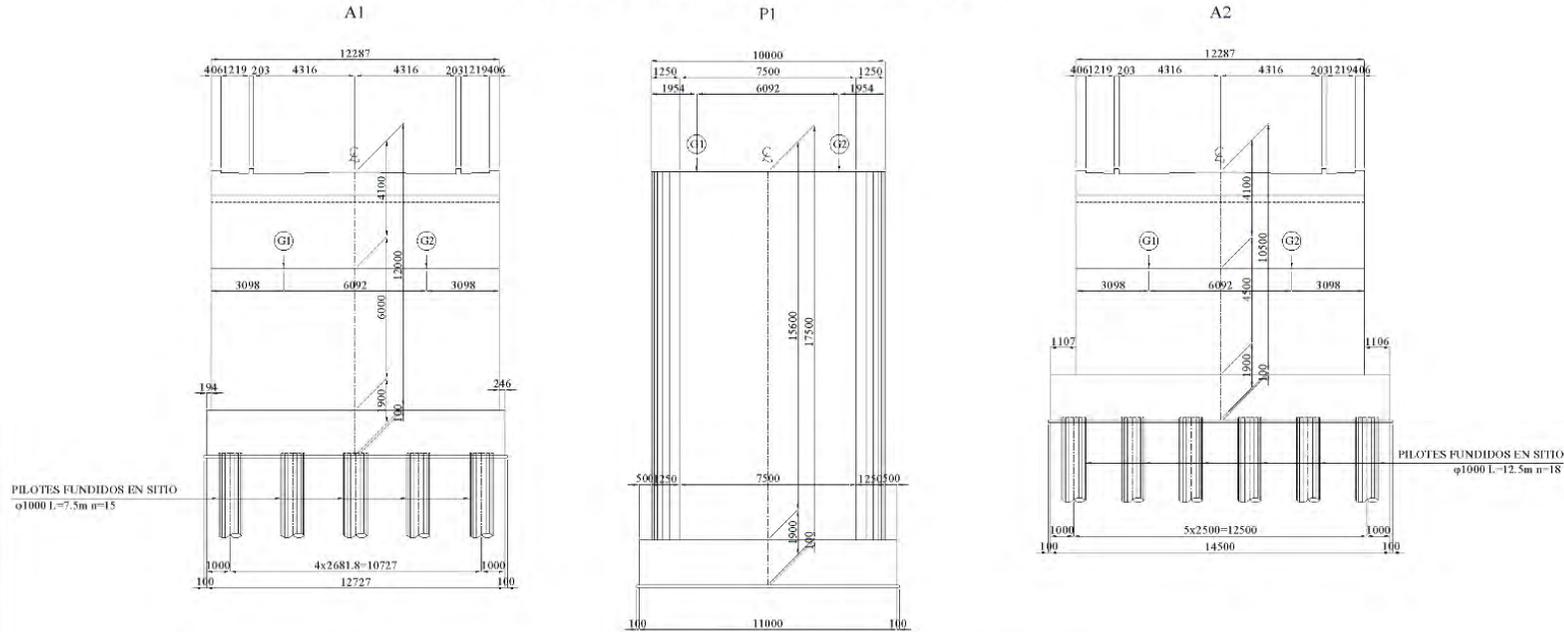
PLANO EN PLANTA



PNOMBRE DE PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	PREPARADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	TITULO DE DIBUJO	ESCALA	PLANO No.
Estudio Preparatorio para el Proyecto de Construcción de Puentes en la Carretera entre Río Blanco y Siuna	MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA	CENTRAL CONSULTANT INC.				PLANO GENERAL DE PUENTE PRINZAPOLKA(1)		

PLANO GENERAL DE PUENTE PRINZAPOLKA(2) S=1:500

SECCION TRANSVERSAL DE LA SUBESTRUCTURA S=1:100



CONDICION DE DISEÑO

TIPO DE SUPERESTRUCTURA	2 TRAMOS CONTINUOS DE LA SECCION DEL PUENTE DE VIGA DE ACERO (DE 2 VIGAS PRINCIPALES)	
CARGA VIVA	CARGA VIVA TIPO-B	
LONGITUD DE PUENTE	105.000m	
LONGITUD DE TRAMO	39.400m=64.400m	
ANCHO	0.400m + 1.200m(ACERA) + 0.200m + 8.500m(CALZADA) + 0.200m + 1.200m(ACERA) + 0.400m	
ANGULO DE INCLINACION	$\theta=80^\circ$	
PAVIMENTO	PAVIMENTO DE CONCRETO (MÍNIMO E=120mm)	
GRADO DEL MATERIAL	PC LISA PREFABRICADO	RESISTENCIA DE DISEÑO ESTANDAR $\sigma_{ck}=50N/mm^2$
	SUPERESTRUCTURA	CABLE DE PC IS15.2 ACERO CORTEN SIN PINTAR SBH15400W SBH15500W
	SUBESTRUCTURA	RESISTENCIA DE DISEÑO ESTANDAR $\sigma_{ck}=24N/mm^2$ BARRA DE REFUERZO SD345
	PILOTES FUNDIDOS EN SITIO	RESISTENCIA DE DISEÑO ESTANDAR $\sigma_{ck}=24N/mm^2$ (RESISTENCIA NOMINAL $\sigma_{ck}=30N/mm^2$) BARRA DE REFUERZO SD345
COEFICIENTE SISMICO	NIVEL.1 $k_h=0.14$ (CLASIFICACIÓN DEL SUELO I) $k_h=0.16$ (CLASIFICACIÓN DEL SUELO II) NIVEL.2 TIPO2 $k_h=1.35$ (CLASIFICACIÓN DEL SUELO I) $k_h=1.12$ (CLASIFICACIÓN DEL SUELO II)	
ESTANDAR DE DISEÑO	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO PARA PUENTES EN CARRETERA (MARZO,2012,ASOCIACION DE CARRETERAS EN JAPON)	

S-97

Capítulo 5 Contenido del Proyecto

PNOMBRE DE PROYECTO	CLIENTE	CONSULTOR	PREPARADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	TITULO DE DIBUJO	ESCALA	PLANO No.
Estudio Preparatorio para el Proyecto de Construcción de Puentes en la Carretera entre Río Blanco y Siuna	MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA	CENTRAL CONSULTANT INC.				PLANO GENERAL DE PUENTE PRINZAPOLKA(2)		

5-2-4 Plan de ejecución de las obras

5-2-4-1 Lineamientos de ejecución de las obras

Suponiendo que el Proyecto se ejecuta en el marco de la Cooperación Financiera Reembolsable de Japón, se considerarán los siguientes puntos como lineamientos de ejecución de las obras.

- ① Con el fin de contribuir a la activación de la economía local, la creación del empleo y el fomento de la transferencia tecnológica, se aprovecharán al máximo los técnicos y los trabajadores locales, así como los equipos y materiales disponibles en Nicaragua, en la ejecución del presente proyecto.
- ② Se solicitará al Gobierno de Nicaragua el aseguramiento de los terrenos necesarios para la ejecución del Proyecto (traslado de viviendas y adquisición de terrenos) antes del inicio del mismo.
- ③ Se solicitará al Gobierno de Nicaragua la ayuda para efectuar los trámites relativos a la entrada y la salida del país de las personas involucradas en el proyecto.
- ④ Considerando la geología, las precipitaciones y las inundaciones históricas, se adoptará el método adecuado de ejecución de las obras y se elaborará un plan correspondiente realista. Sobre todo, las pilas serán instaladas en los 4 meses de la temporada seca y la instalación de pilas en los 4 puentes será ejecutada en la primera temporada seca luego de iniciada la obra.
- ⑤ Se solicitará al Gobierno de Nicaragua el aseguramiento a su propio costo de los terrenos necesarios para el Proyecto antes de su inicio (terreno para caminos y eliminación de obstáculos). Asimismo, se solicitará el aseguramiento de los terrenos necesarios para la ejecución de las obras (plantel, camino para las obras, banco de tierra, planta trituradora, etc.).

5-2-4-2 Puntos a considerar en la ejecución de las obras

A continuación se mencionan los puntos a considerar en la ejecución del plan de construcción.

(1) Aseguramiento de la seguridad durante la ejecución de las obras

Se tomará principalmente en cuenta lo siguiente para garantizar la seguridad durante la ejecución de las obras.

- Dado que los cuatro puentes se construyen en lugares diferentes a los existentes, la afectación al tráfico general será relativamente insignificante. Sin embargo, se trasladarán materiales y equipos pesados entre los cuatro puentes, por lo que hay que poner suficiente atención a la prevención de accidentes de tráfico, colocando rótulos y asignando vigilantes en donde el terreno del proyecto da a la carretera para el tráfico general, así como por las entradas y salidas para los vehículos relacionados a las obras.
- Durante la época de lluvia, se ejecutará un plan con una atención especial a la inundación repentina. La construcción de las pilas que tienen que ver con la excavación del cauce del río se realizarán básicamente en la época seca para (de enero a abril), mediante un cierre provisional con grandes sacos de arena y una excavación abierta. En caso de entrar el agua en el cierre, será evacuada adecuadamente por bombeo para garantizar la seguridad y la fluidez del trabajo.

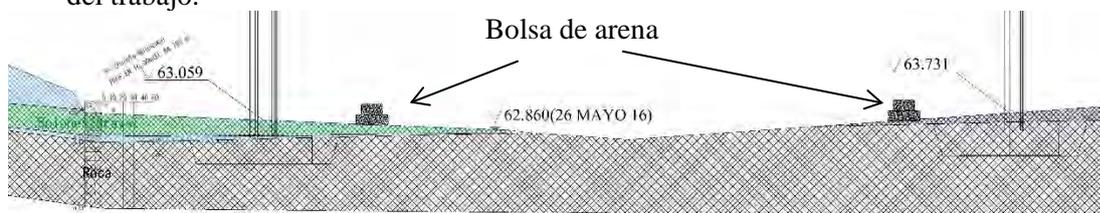


Figura 5-2-34 Cierre provisional con sacos de arena

(2) Conservación del medio ambiente durante la ejecución de las obras

Se tomará principalmente en cuenta lo siguiente para conservar el medio ambiente durante la ejecución de las obras.

- Se contendrá la generación del polvo mediante irrigación y regulación de la velocidad.

- Se prestará atención para que no haya drenaje de aguas contaminadas del banco de materiales y el botadero. Cuando el ruido cause problema, se tomarán las medidas con un cerco provisional.
- En caso de que haya viviendas en la cercanía, se prestará atención para que no haya ruido y vibraciones de la maquinaria de construcción, evitando las obras en las horas tempranas y nocturnas. Cuando el ruido cause problema, se tomarán las medidas con un cerco provisional.
- La excavación de roca para la infraestructura de pilas se hará con una trituradora grande, teniendo en consideración el medio ambiente de alrededor (no utilizar pólvora en la excavación).

(3) Cumplimiento del Código de Trabajo

El contratista cumplirá las leyes vigentes nicaragüenses relacionadas a la construcción, respetará las condiciones laborales adecuadas y las costumbres que tienen que ver con la contratación, evitará los conflictos con los trabajadores y garantizará la seguridad.

(4) Desaduanaje

Todos los materiales y equipos de construcción que se adquieren en Japón o en terceros países serán trasladados en barco al Puerto Corinto donde se realizará el desembarque. Se elaborará un plan adecuado de transporte considerando los trámites aduaneros y los días necesarios para el transporte terrestre.

5-2-4-3 División de actividades

(1) Trabajos asignados a la parte japonesa y al gobierno de Nicaragua

Ante la ejecución de la obra, los trabajos asignados al contratista y al gobierno nicaragüense se resumen a continuación.

Tabla 5-2-40 Trabajos asignados al gobierno japonés y al gobierno nicaragüense

Trabajos asignados al contratista	Trabajos asignados a la parte nicaragüense
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Construcción de los cuatro puentes. ▪ Construcción de las vías de acceso antes y después del puente ▪ Montaje y desmontaje del plantel (oficina, planta, etc.). ▪ Medidas para la prevención de la contaminación del medio ambiente durante el período de ejecución de las obras. ▪ Aseguramiento de la seguridad del tráfico y los peatones en general durante el período de ejecución de las obras. ▪ Adquisición, importación y traslado de los materiales y equipos de construcción mencionados en el Plan de Adquisición de Materiales y Equipos; reexportación al país de adquisición de los equipos importados. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adquisición de los terrenos necesarios para el proyecto y desmontaje de las instalaciones y viviendas que serán afectadas. ▪ Otorgamiento sin costo de los terrenos para el plantel y los desvíos necesarios para el proyecto de cooperación. ▪ Traslado de instalaciones (postes eléctricos y agua potable) ▪ Retirado de los puentes actuales (4 puentes) ▪ Suministro de botaderos de tierra y materiales residuales necesarios para las obras del proyecto de cooperación. ▪ Supervisión de las obras por el personal del MTI durante el período de ejecución de las obras. ▪ Exoneración de aranceles, impuestos y cualquier otro cargo tributario. ▪ Asistencia para la entrada y la permanencia en el país de las personas japonesas y de terceros países relacionadas al proyecto de cooperación.

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

(2) Obra provisional

Se establecen las siguientes obras provisionales.

① Mulukuku



Figura 5-2-35 Obras provisionales en Mulukuku

② Lisawe

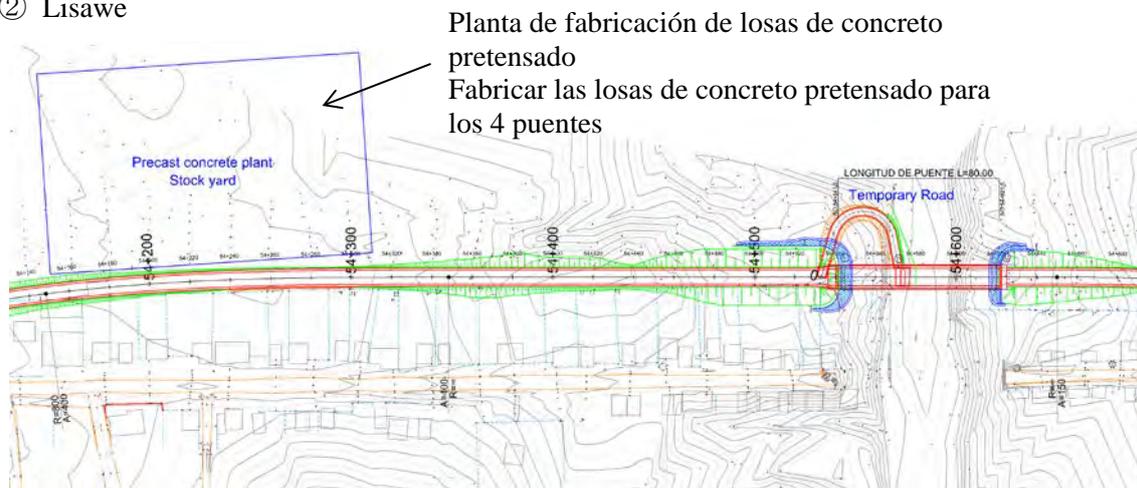


Figura 5-2-36 Obras provisionales en Lisawe

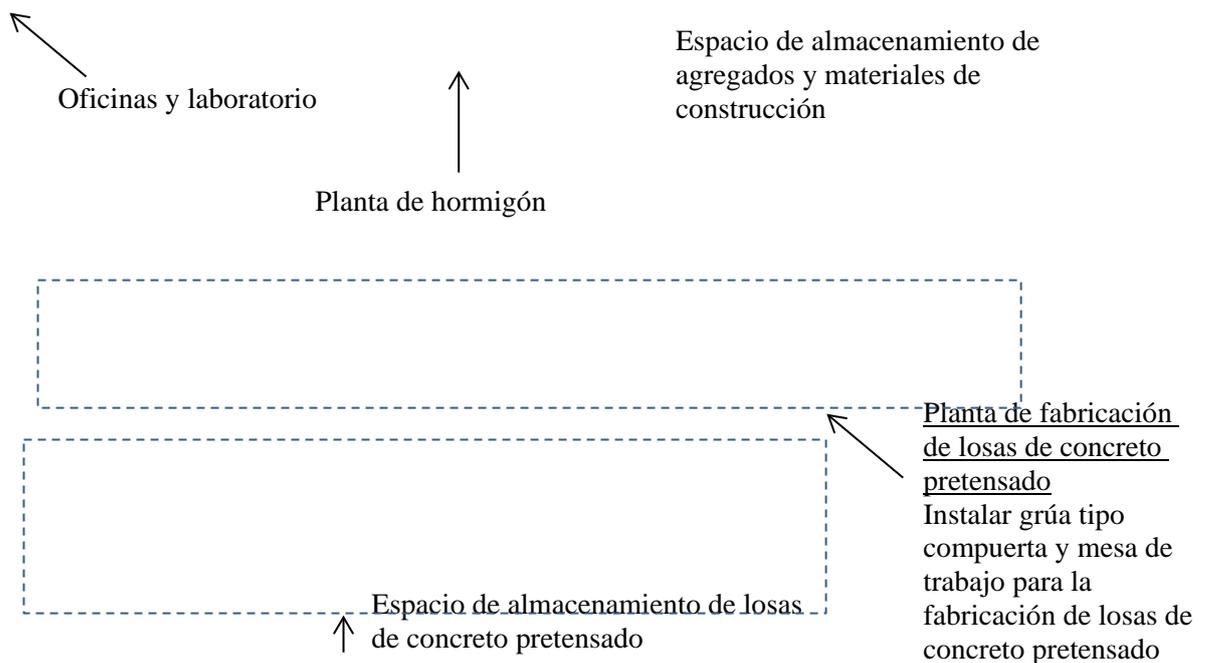


Figura 5-2-37 Esquema de la planta de fabricación de losas de concreto pretensado en Lisawe

③ Labú

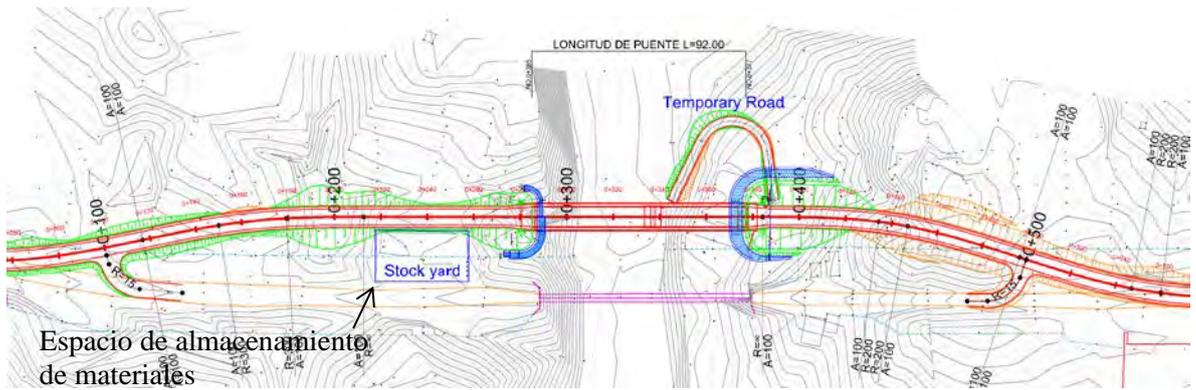


Figura 5-2-38 Esquema de la planta de fabricación de losas de concreto pretensado en Labú

④ Prinzapolka

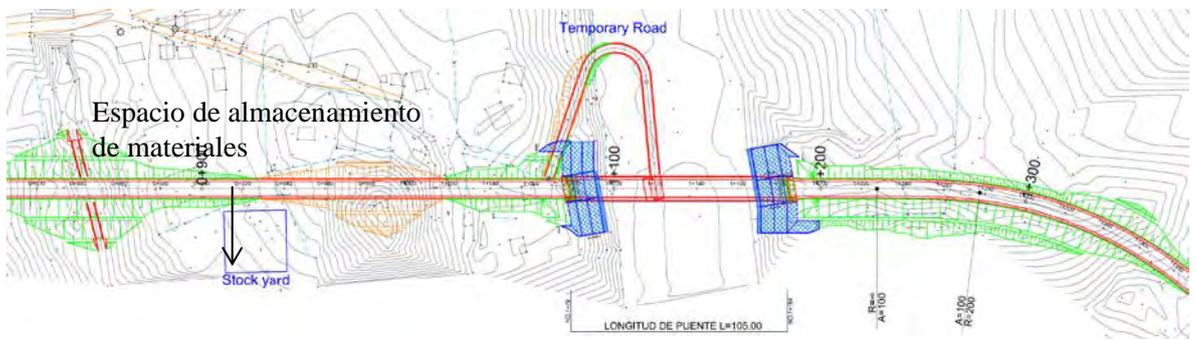


Figura 5-2-39 Obras provisionales en Labú

(3) Instalaciones

A continuación, se muestran instalaciones existentes. Será necesario trasladar las instalaciones abajo mostradas del servicio de agua potable de (ENACAL(Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados) y del servicio de electricidad de ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad) , después de consturidos los nuevos puentes y antes del retirado de los existentes.

① Mulukuku



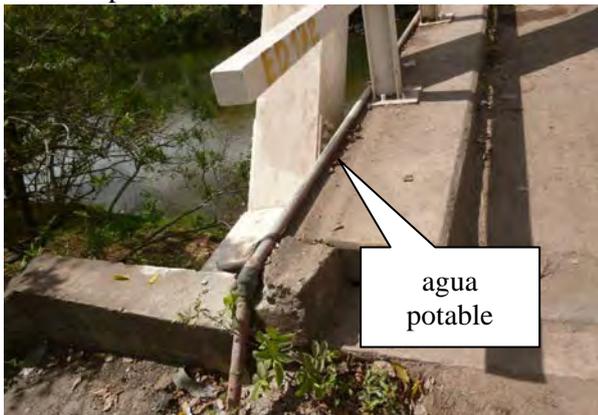
② Lisawe



③ Labú – sin instalaciones



④ Prinzapolka



5-2-4-4 Plan de supervisión

(1) Lineamientos básicos de supervisión

A continuación se mencionan los lineamientos de supervisión del presente proyecto.

- Se realizarán las actividades de supervisión priorizando la supervisión de calidad, ya que la calidad de las obras influye en gran medida en la vida útil y la durabilidad de las instalaciones terminadas.
- Se pondrá énfasis en la supervisión del avance, seguridad y pago después de la supervisión de calidad.
- A fin de lograr las tareas mencionadas, se llevará a cabo una inspección in situ y una reunión ordinaria entre el contratista y el consultor una vez a la semana donde se confirmarán los problemas y se discutirán las medidas.
- Adicionalmente, se celebrará una reunión ordinaria mensual entre el dueño MTI, el contratista y el consultor para confirmar los problemas y discutir las medidas.
- Se contratará a un ingeniero local como inspector y se harán los esfuerzos para transferirle las técnicas de supervisión, como son los métodos de control de calidad, avance y seguridad.
- Las instrucciones al contratista se darán por escrito y se elaborarán actas de las reuniones e informes para el cliente. Cualquier información será presentada en forma escrita.

(2) Supervisión por parte del consultor

A continuación se mencionan las principales actividades definidas en el contrato de consultor.

1) Etapa de elaboración de los documentos de licitación

De acuerdo con los resultados presentados en el informe de estudio de diseño esquemático, se realizará el diseño de detallado de las instalaciones. Seguidamente, se elaborarán los documentos para el contrato de las obras de construcción y se obtendrá la aprobación del MTI a los siguientes productos.

- Informe de diseño
- Planos de diseño
- Documentos de licitación

2) Etapa de licitación de las obras de construcción

Con la ayuda del consultor, el MTI seleccionará el contratista de nacionalidad japonesa a través de una licitación pública. El representante seleccionado por el Gobierno de Nicaragua para participar en la licitación pública y la posterior firma del contrato de las obras de construcción deberá tener la facultad de aprobar todo lo relacionado a dicho contrato. El consultor asistirá al MTI en las siguientes actividades.

- Aviso de la licitación
- Precalificación
- Recepción de ofertas de licitación y evaluación de las mismas

3) Etapa de supervisión

Posterior a la celebración del contrato entre el contratista seleccionado a través de la licitación y el MTI que representa el Gobierno de Nicaragua, el consultor emitirá la orden de inicio de las obras al contratista y pondrá en marcha las actividades de supervisión. Como una actividad de supervisión, el consultor enviará el informe mensual a las partes involucradas según la necesidad además de informar directamente al MTI, la Embajada de Japón y la Oficina de JICA en Nicaragua sobre el avance de las obras. Con respecto al contratista, el consultor llevará a cabo las actividades administrativas relativas al avance de las obras, calidad, seguridad y pago, así como el trabajo de supervisión, incluyendo la presentación de medidas y sugerencias técnicas pertinentes a las obras.

Asimismo, después de un año de haber terminado las actividades de supervisión, el consultor realizará la inspección de vicios ocultos. Con este evento el consultor dará por terminado su servicio de consultoría.

(3) Plan de asignación de personal

El personal necesario y sus roles para las etapas de diseño detallado, licitación de las obras y supervisión son los siguientes.

1) Etapa de diseño detallado

i) Ingenieros japoneses

- Ingeniero en jefe: Administra el aspecto técnico, coordina la operación en general y se responsabiliza de la atención al cliente en la etapa del diseño detallado.
- Ingeniero subjefe: Ingeniero especializado en diseño detallado de puentes. Se encarga de la supervisión de la planificación del trabajo de diseño detallado, su revisión y cotejo.
- Ingeniero de puente (Superestructura): Lleva a cabo el estudio de campo, el cálculo estructural, la elaboración de los planos de diseño y el cálculo de cantidades en relación al diseño de la superestructura.
- Ingeniero de puente (Subestructura): Lleva a cabo el estudio de campo, el cálculo estructural, la elaboración de los planos de diseño y el cálculo de cantidades en relación al diseño de la subestructura.
- Ingeniero vial líder
Lleva a cabo el cálculo del sistema de drenaje de la carretera, la elaboración de los planos y el cálculo de cantidades desde el punto de vista del diseño vial.

- Encargados de plan de ejecución y cálculo: Se dedican a la elaboración de plan de ejecución y al cálculo a partir de las cantidades diseñadas y precios unitarios de la obra según los resultados del diseño detallado.
- Encargado de estudio de condiciones naturales: Implementar estudios adicionales como el sondeo.
- Ingeniero especializado en consideraciones ambientales y sociales: Supervisar los estudios ecológicos y las actividades referentes a la expropiación de terreno y la reubicación de pobladores.
- Encargado de documentos de licitación: Elabora los documentos de licitación.

ii) Ingenieros locales

- Ingeniero de puente: Junto con ingenieros japoneses lleva a cabo el trabajo de diseño de puentes.
- Ingeniero vial: Junto con ingenieros japoneses lleva a cabo el trabajo de diseño vial.
- Ingeniero de plan de ejecución y cálculo: Junto con ingenieros japoneses lleva a cabo el trabajo de plan de ejecución y cálculo.
- Ingeniero de estudio de condiciones naturales: Junto con ingenieros japoneses implementar estudios adicionales como el sondeo.
- Ingeniero especializado en consideraciones ambientales y sociales: Junto con ingenieros japoneses supervisar los estudios ecológicos y las actividades referentes a la expropiación de terreno y la reubicación de pobladores.
- Encargado de documentos de licitación: Junto con ingenieros japoneses elaborar los documentos de licitación.
- Secretaria: Se dedica al trabajo administrativo general del equipo del Proyecto.
- Operador de CAD: Prestar ayuda en la elaboración de planos.
- Intérprete: Traducir el español.
- Administrador: Administrar la oficina.

2) Etapa de licitación de las obras de construcción

Se brinda asistencia al MTI en la elaboración de las versiones finales de los documentos de precalificación y de licitación, la ejecución de la precalificación y la evaluación de las ofertas de las obras de construcción.

i) Ingenieros japoneses

- Jefe de equipo de consultores: Administra los servicios de consultoría mencionados arriba durante todo el proceso de licitación.
- Encargado de documentos de licitación: Aprueba los documentos de licitación y ayuda la evaluación de ofertas.

ii) Ingenieros locales

- Encargado de documentos de licitación: Trabajar con ingenieros japoneses prestándole asistencia en la aprobación de los documentos de licitación y la evaluación de las ofertas.
- Secretaria: Se dedica al trabajo administrativo general del equipo del Proyecto.
- Operador de CAD: Prestar ayuda en la elaboración de planos.
- Intérprete: Traducir el español.
- Administrador: Administrar la oficina.

3) Etapa de supervisión

i) Ingenieros japoneses

- Jefe de equipo de consultores: Administra los servicios de consultoría en general en la supervisión de las obras.
- Ingeniero de puente (Superestructura): Supervisar la fabricación de losas de hormigón pretensado y la ejecución de la instalación de vigas de acero.
- Ingeniero de puente Supervisar la ejecución de la obra del puente junto con el ingeniero en jefe.
- Ingeniero ambiental: Monitorear el medio ambiente.

ii) Ingenieros locales

- Ingeniero de puente (Superestructura): Junto con ingenieros japoneses supervisar la fabricación de losas de hormigón pretensado y la ejecución de la instalación de vigas de acero.
- Ingeniero de puente (Subestructura): Junto con ingenieros japoneses supervisar la ejecución de la obra infraestructura.

- Ingeniero ambiental: Junto con ingenieros japoneses monitorear el medio ambiente.
- Ingeniero de manejo de materiales: Junto con ingenieros japoneses lleva a cabo el manejo de los materiales de hormigón y terraplén.
- Ingeniero de control de trabajos terminados: Junto con ingenieros japoneses lleva a cabo el control de trabajo terminados.
- Secretaria: Se dedica al trabajo administrativo general del equipo del Proyecto.
- Operador de CAD: Prestar ayuda en la elaboración de planos.
- Intérprete: Traducir el español.
- Administrador: Administrar la oficina.

5-2-4-5 Plan de Control de calidad

Basándose en las especificaciones técnicas y el plan de supervisión, se realizarán diferentes actividades de control de calidad y acabado. Las obras principales son: movimiento de tierras, pavimentación y construcción de la estructuras. Por lo tanto, como se muestra en la Tabla 5-2-41, el consultor deberá participar en la selección de materiales y realizar el control de calidad en el sitio.

Tabla 5-2-41 Lista de elementos de control de calidad

Etapa	Sub-etapa	Tipo	Enfoque de supervisión	Prueba y control	Frecuencia de inspección	
Estructura	Concreto	Material	Cemento	Certificado de calidad	Antes del inicio de la obra y cuando hay cambio de material	
				Tabla de análisis de la composición		
			Aditivo para concreto	Conformidad con las normas	"	
			Agua	Contenido de material nocivo	"	
			Agregado fino	Densidad específica en condición absolutamente seca	"	
				Tasa de absorción de agua		
				Tamizado		
				Prueba por lavado de cantidad de material que pasa el tamiz de 75 µm		
				Trozo de arcilla		
				Estabilidad		
			Agregado grueso	Densidad específica en condición absolutamente seca	"	
				Tasa de absorción de agua		
	Tamizado					
	Abrasión					
	Prueba por lavado de cantidad de material que pasa el tamiz de 75 µm					
	Trozo de arcilla					
	Mezcla y aplicación	Concreto fresco	Asentamiento	Cada vez que se realiza la obra		
			Cantidad de aire			
Temperatura de concreto fresco						
Contenido de cloruro						
Barras de acero	Material	Barras de acero	Garantía de calidad del material	Antes del inicio de la obra y cuando hay cambio de material		
			Pruebas de tracción y flexión			
Movimiento de tierras	Terra-plén / relleno	Material	Suelo/relleno	CBR	"	
				Compactación		
				Tamizado		
		Sub-rasante/ relleno	CBR	"		
			Compactación			
			Tamizado			
	Ejecución	Suelo/relleno	Suelo/relleno	Índice de plasticidad	"	
				Prueba por lavado de cantidad de material que pasa el tamiz de 75 µm		
				Compactación		
		Sub-rasante/ relleno	Sub-rasante/ relleno	Sub-rasante/ relleno	Índice de humedad	"
					Espesor del acabado	
					Compactación	
					Al finalizar la obra	

Etapa	Sub-etapa	Tipo	Enfoque de supervisión	Prueba y control	Frecuencia de inspección
Pavimentación	Base	Material	Sub-base	CBR modificado	Antes del inicio de la obra y cuando hay cambio de material
				Compactación	
				Tamizado	
				Índice de humedad	
				Abrasión	
		Base	Base	CBR modificado	"
				Compactación	
				Tamizado	
				Índice de humedad	
				Límite líquido	
		Ejecución	Sub-base	Compactación	Cuando sea conveniente
				Índice de humedad	Al finalizar la obra
	Rodamiento de prueba			Al finalizar la obra	
	Base		Compactación	Cuando sea conveniente	
			Índice de humedad	Al finalizar la obra	
			Rodamiento de prueba	Al finalizar la obra	
			Prueba visual		
	Pavimentación de concreto hidráulico	Material	Cemento	Certificado de calidad	Antes del inicio de la obra y cuando hay cambio de material
				Tabla de análisis de la composición	
			Aditivo para concreto	Conformidad con las normas	"
			Agua	Contenido de material nocivo	"
			Agregado fino	Densidad específica en condición absolutamente seca	"
				Tasa de absorción de agua	
				Tamizado	
				Prueba por lavado de cantidad de material que pasa el tamiz de 75 µm	
				Trozo de arcilla	
		Estabilidad			
Agregado grueso		Densidad específica en condición absolutamente seca	"		
		Tasa de absorción de agua			
		Tamizado			
		Abrasión			
		Prueba por lavado de cantidad de material que pasa el tamiz de 75 µm			
	Trozo de arcilla				
	Estabilidad				
Reacción sílico-alcalina					
Mezcla y aplicación	Concreto fresco	Asentamiento	Cada vez que se realiza la obra		
		Cantidad de aire			
		Temperatura de concreto fresco			
		Contenido de cloruro	Cuando sea conveniente		
		Resistencia a la compresión (7 días y 28 días)			
Barras de acero	Material	Barras de acero	Garantía de calidad del material	Antes del inicio de la obra y cuando hay cambio de material	
			Pruebas de tracción y flexión		

Nota) Se confirmará el certificado de calidad de los materiales a utilizarse antes de la adquisición y después de la llegada a Nicaragua. El consultor indicará al contratista la prueba de los materiales según la necesidad.

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

5-2-4-6 Plan de adquisición de materiales y equipos

(1) Adquisición de materiales de construcción

1) Banco de materiales

Entre los planes viales correspondientes a los cuatro puentes, el movimiento de tierras en los tres puentes, Lisawe, Labú y Prinzapolka, es relativamente balanceado. Por lo tanto no hay necesidad de acarrear mucha tierra del banco de materiales. Aun cuando surja la necesidad, existen bancos de materiales relativamente cercanos al sitio de construcción y se confirmó que es posible garantizar la tierra. Por otro lado, el Puente Mulukukú requiere bastante tierra para la construcción del terraplén y es muy importante asegurar un banco de materiales. Mediante el estudio de campo, se pudo identificar un banco a 4 km del Puente Mulukukú.

2) Planta trituradora

Se confirmó que existen plantas trituradoras a 5 km al norte (planta trituradora ①) y a 43 km al sur (planta trituradora ②) del Puente Mulukukú. La empresa constructora Santa Fe está actualmente pavimentando (concreto hidráulico) el tramo entre el Puente Mulukukú y el Puente Lisawe y está utilizando las dos plantas trituradoras para sus actividades. Se supone que la pavimentación de la carretera por Santa Fe está terminada cuando se emprende el presente Proyecto, pero se confirmó que se puede adquirir piedras trituradas de las empresas constructoras en el Municipio de Mangua que poseen plantas trituradoras móviles, incluyendo Santa Fe. Incluso se verificó que hay una planta trituradora en la cercanía del Municipio de Managua.

3) Concreto

Se confirmó que hay una planta de concreto a 26 km al sur y otra cercana al Puente Mulukukú. La planta es completamente automática con capacidad de producción de aproximadamente 60 m³/h y, como una medida contra el calor, emplea dos enfriadores de agua para poder utilizar el agua fría (4-5°C constantemente). Esta planta, al igual que la planta trituradora, fue instalada por Santa Fe para la pavimentación. Se supone que la pavimentación de la carretera por Santa Fe está terminada cuando se emprende el presente proyecto, de manera que será difícil utilizar esta planta. Por otro lado, se confirmó que aun cuando esta planta no esté disponible, se podrá traer una de Managua, ya que la cementera y la concretera en Managua poseen plantas móviles de concreto.

4) Botadero

Se confirmó que hay botaderos para descartar materiales residuales como concreto en los Municipios de Mulukukú y Siuna. El botadero del Municipio de Mulukukú se ubica a aproximadamente 4 km del puente y servirá para desechar los materiales residuales que se genera por la construcción de los Puentes Mulukukú y Lisawe. El botadero del Municipio de Siuna se ubica a aproximadamente 24 km del Puente Prinzapolka y servirá para desechar los materiales residuales que se generaron por la construcción de los Puentes Labú y Prinzapolka. Este último fue recientemente construido debido a que el botadero anterior (cerca del banco de materiales ①) se había llenado. Se confirmó que el nuevo botadero está en función a partir de abril de 2016.

5) Cemento

Se confirmó en las empresas cementeras (①CEMEX NICARAGUA, S.A y ②HOLCIM NICARAGUA, S.A) y la empresa concretera (③PROINCO) de Managua que hay dos tipos de cemento, GU (3000pci) y HE (5000pci). Aunque depende de la mezcla, el cemento GU (3000pci) es apto para obtener una resistencia de alrededor de 24N/mm². El HE (5000pci) es un tipo de alta resistencia de secado rápido y es adecuado para concreto de máxima resistencia. En la Concretera Total, fabricante de productos premoldeados, se confirmó que la empresa ha utilizado concretos de más de 50N/mm² de resistencia.

6) Barras de acero

Las barras de acero no se fabrican en Nicaragua pero se confirmó que hay importadores que las traen de México y Costa Rica (①INDENICSA ②CEMEX y ③ASENUCA).

7) Madera

Se puede adquirir en Managua materiales como el contrachapado.

8) Vigas de acero

Se los alquilarán en Japón, ya que no existe en el mercado local.

Tabla 5-2-42 Lugar de obtención de los principales materiales de construcción

Material	Lugar de adquisición			Razón de la adquisición en Japón
	Nicaragua	Japón	Tercer país	
Material de terraplén	○			Se lo adquirirá localmente, ya que se confirmaron bancos de tierra cerca de los lugares donde se ubicarán los puentes.
Acero para concreto pretensado		○		No existe en el mercado local. Se puede adquirirlo en los países vecinos pero no se sabe si puede satisfacer las especificaciones.
Baranda de aluminio		○		Es un elemento muy visible a los peatones. Puede que la calidad de los productos de los países vecinos sea variada y produzca inconveniencia en el acabado.
Acero para estructuras provisionales y montaje de vigas		○		Se los alquilarán en Japón si no están disponibles en Nicaragua.
Apoyo de hule		○		No Existe en el mercado local. Se puede adquirirlo en los países vecinos pero la calidad del material (hule) es variada y es probable que no satisfaga las especificaciones establecidas para el proyecto.
Agregados	○			Se los adquirirán localmente ya que se confirmó que hay bancos de materiales cerca de los lugares de ubicación de los puentes.
Cemento	○			Existe en el mercado nicaragüense. Como se confirmó que se ha logrado obtener 50n/mm2, se lo adquirirá localmente.
Dispositivo de expansión		○		No existe en el mercado nicaragüense. Se puede adquirirlo en los países vecinos pero la calidad es variada y es probable que no satisfaga las especificaciones establecidas para el Proyecto.
Aditivo para cemento		○		Se lo adquirirá en Japón por su calidad.
Barra de acero	○	○		No se fabrica en Nicaragua. Es importado de países como México y se puede adquirirla en Managua.
Madera para formaleta	○			
Contrachapado para formaleta	○			
Viga principal de acero		○		No existe en el mercado nicaragüense.
Aceite ligero	○			
Gasolina	○			

(2) Equipos de construcción

El contratista local posee los equipos pesados que se utilizan para el movimiento de tierras en la construcción de la carretera. Existen también unas cuantas empresas de alquiler de equipos y se confirmó que se puede conseguirlos en Managua. Puesto que en los años recientes se están construyendo centrales eléctricas eólicas, hay empresa que alquila grúas grandes. Se confirmó que se puede conseguir hasta grúa de 100 toneladas en Managua. La mayor grúa a utilizar en esta obra es de 60 toneladas para el piloteo y es dipoible localmente. Con respecto a los equipos de montaje, como se aplican las tecnologías japonesas, se conseguirán en Japón. En la siguiente tabla se muestran los lugares en donde se consiguen los principales equipos y la razón de obtenerlos en Japón.

Tabla 5-2-43 Lugar de adquisición de los principales equipos de construcción

Equipo	Lugar de adquisición			Razón de la adquisición en tercer país o Japón
	Nicaragua	Japón	Tercer país	
Volquete (2t, 4t, 10t)	○			Trasnporte de tierra y arena
Topadora (15t,20t, 32t)	○			Nivelación y compactación de terraplén
Retroexcavadora 0.45 m ³ (carga apilada), 0.80 m ³ (carga apilada)	○			Excavación
Tractora pala (Cargadora de llantas) 1.2 m ³	○			Carga de piedras trituradas
Camión articulado (25t,35t)	○			Transporte de vigas de acero
Camión grúa	○			Colgado de barras de acero
Planta enfriadora		○		Enfriar el concreto bajo el clima cálido
Motoniveladora	○			Nivelar materiales viales
Camión irrigador	○			Riego
Compactadora de llantas	○			Compactar el pavimento
Rodillo vibratorio	○			Compactar el pavimento y materiales viales
Camión mezclador	○			Transporte de concreto
Planta de concreto	○			Mezcla de concreto
Pavimentadora de concreto		○		Pavimentación con cconreto
Camión bomba de concreto	○			Instalar concreto
Equipos para el montaje de vigas		○		Montar superestructura
Piloteadora rotativa		○		Pilotear

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

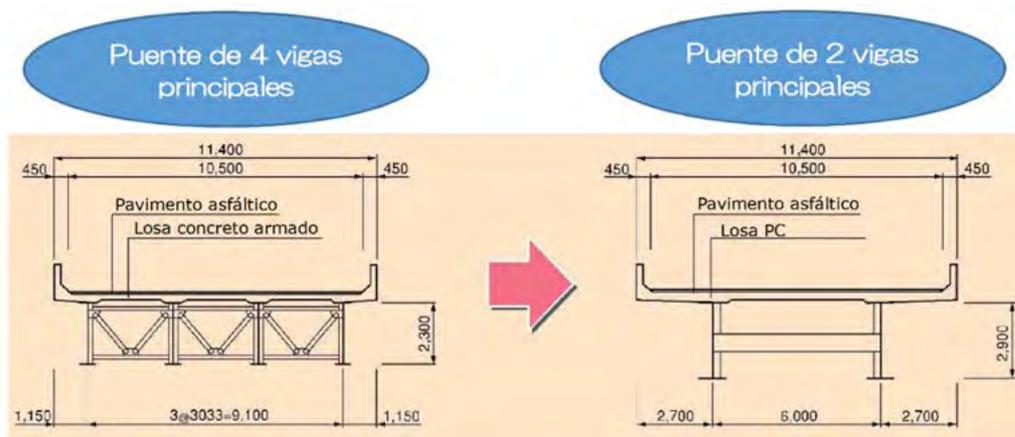
5-2-5 Análisis de la proporción de la adquisición de la tecnología japonesa

El tipo de puente con reducido número de vigas principales y la estructura antisísmica, cuya aplicación al presente puente está determinada en 5.2.1 Lineamiento del diseño y 5.2.2 Plan básico, constituyen una estructura que tiene ventaja en la resistencia, economía y viabilidad y a la que está aplicada un considerable número de tecnologías japonesas. En esta cláusula se analiza la idoneidad del Proyecto como proyecto STEP.

Para que sea adaptable como proyecto STEP, es necesario que en la proporción de tecnología adquirida para el proyecto represente más del 30% la tecnología japonesa, por lo que primero se analizará para determinar los elementos técnicos que sean de tecnología japonesa y luego se verificará dicha proporción.

5-2-5-1 Tipo puente con reducido número de vigas principales

(1) Resumen del tipo puente con reducido número de vigas principales



Fuente: Japan Bridge Association Inc. HP

Figura 5-2-40 Puente con numerosas vigas de acero y puente con reducido número de vigas de acero

En Japón, han sido construidos numerosos puentes elevados continuos con longitudes de luces económicas de 40 a 80 m en las autopistas y al mismo tiempo, se ha progresado rápidamente el desarrollo de un tipo de puente (superestructura) con alta resistencia y economía, apto para dichas longitudes de luces. Sobre todo, desde que fue adoptado en la construcción de la autopista transversal de Hokkaido, el tipo de puente con reducido número de vigas principales que permite mejorar al mismo tiempo la resistencia y la economía con la reducción del volumen de vigas de acero, es un tipo de estructura representativo desarrollado en Japón en los últimos años.

(2) Elementos técnicos japoneses del tipo de puente con reducido número de vigas principales

1) Losas de hormigón presentado y prefabricado

i) Resumen

En la estructura de losas del tipo de puente con reducido número de vigas principales, según los resultados indicados en las Figuras 5-2-34 y la Tabla 5-2-36, se ha decidido la adopción de losas de hormigón pretensado y prefabricado, que tiene ventaja en la economía y viabilidad.

En Japón, a partir de 1965 hubo frecuentes daños por fatiga como las grietas y desprendimiento de losas de hormigón armado, por lo que fue desarrollado una máquina examinadora de carga de rueda en el recorrido presentada en la figura de abajo, con la que se hicieron numerosas investigaciones de losas de hormigón de alta resistencia. Como consecuencia, se ha determinado que 2 tipos de estructura mejorará a pasos agigantados la resistencia de losas: una estructura de losas de hormigón pretensado que tienen introducida la pretensión y una estructura de losas compuestas de planchas de acero instaladas en la parte inferior de losas con el hormigón a rellenar en la parte superior. La estructura de losas de hormigón pretensado y

prefabricado, seleccionada en este Proyecto, es una mejorada estructura de hormigón pretensado y de la que se puede esperar la reducción del periodo de la obra, el mejoramiento del nivel de seguridad por la disminución de los trabajos a altura y una transferencia de tecnología de pretensado, por lo que tiene muchos méritos en el uso en los países en vías de desarrollo. La estructura de losas compuestas requiere el transporte de materiales de acero desde Japón, lo que es una desventaja económica.



Examinadora de carga de rueda en recorrido

Fuente: Japan Bridge Association Inc. HP



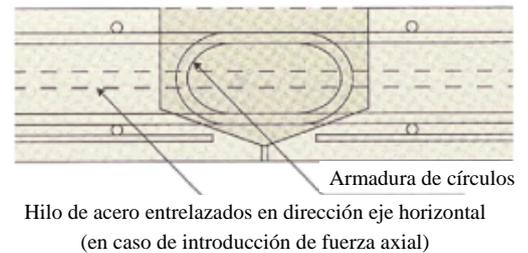
Ejemplo de losas de hormigón pretensado y prefabricado

Figura 5-2-41 Resumen de losas de hormigón pretensado y prefabricado

ii) Originalidad, racionalidad y nivel de tecnología

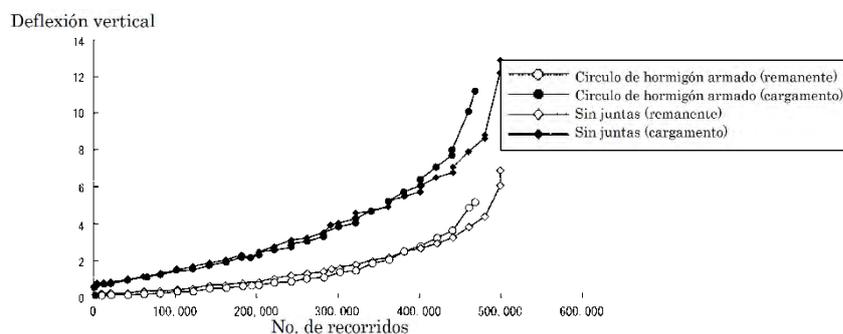
- Para las losas de hormigón pretensado y prefabricado se ha adoptado una estructura de juntas original de Japón, mostrada en la figura de derecha, basada en juntas circulares y que permite unir firme y mutuamente las losas prefabricadas, reducir el periodo de la obra por la omisión de encofrado, mejorar el nivel de seguridad por la disminución de trabajos a altura y ahorrar el costo. Las partes donde se juntan las losas prefabricadas pueden ser puntos estructuralmente débiles, por tanto, se hizo una prueba de verificación de resistencia a fatiga de una muestra que contiene juntas con el uso de maquinaria examinadora de carga de rueda en recorrido. Según lo indicado en la gráfica de derecha, se ha comprobado una resistencia a fatiga por más de 100 años similar a la de losas de hormigón pretensado sin juntas. **(Originalidad y racionalidad)**

Conexión de losas (estructura de juntas circulares de hormigón armado)



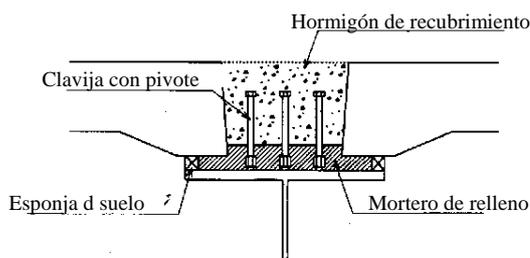
Fuente: Japan Bridge Association Inc. HP

Figura 5-2-42 Junta circular



Fuente: Japan Bridge Association Inc. HP

Figura 5-2-43 Resultados de la prueba de carga de rueda en recorrido



Fuente: PC slab construction manual

Figura 5-2-44 Estructura de unión de losas

- La unión de losas de hormigón pretensado y prefabricado con vigas de acero, según lo presentado en la figura de abajo, consiste en colocar previamente cajas sobre losas prefabricadas, colocar las losas prefabricadas de manera que las clavijas con pivote sobre las vigas de acero queden en dichas cajas e instalar mortero de relleno y hormigón de recubrimiento para unir las vigas de acero con las losas prefabricadas. En ese caso, las cajas colocadas sobre losas prefabricadas constituyen obstáculos para la colocación de hilos de acero entrelazados y armazón de acero, por lo que es necesario minimizar su tamaño en lo posible. Como consecuencia, las clavijas con pivote serán colocadas de manera concentrada en un limitado número de puntos, lo que provoca la concentración de esfuerzos y preocupa la resistencia a fatiga. Sobre la seguridad de esta parte, se han hecho investigaciones incluyendo pruebas de carga y se han establecido métodos de diseño propios de esta estructura. El estudio de esta investigación recibió el premio Tanaka de la sociedad de ingeniería civil. **(Alto nivel técnico)**
- Para esta estructura de losas, con el fin no solamente de lograr alta calidad con la originalidad y racionalidad estructural, sino de implementar de manera óptima las etapas de diseño, fabricación e instalación en la obra, se han establecido normas de diseño, fabricación e instalación en la obra (ver “temas complementarios”) y sistema técnico para lograr una determinada calidad por las entidades involucradas como el Instituto Nacional de Manejo de Tierra e Infraestructura. En Nicaragua, se aplica un diseño basado en una carga de diseño AASHO (equivalente a HS25), pero la carga activa B según normas de Japón es una condición de carga superior a la nicaragüense, por lo que es posible aplicar normas japonesas. **(Alto nivel técnico)**
- En Japón, se han construido unos 200 mil puentes y entre los cuales hay muchos puentes de vigas de hormigón pretensado con ventaja económica, y con un intervalo de luces de 20 m y por el presente existen más de 50 fábricas en el país. Esto es para mantener relativamente bajo el costo de transporte en un territorio angosto y el número de fábricas en comparación con otros países, es absolutamente mayor y cuentan con un nivel técnico muy alto y numerosos técnicos especializados. (Alto nivel técnico)

iii) Adaptabilidad al uso en el extranjero

- La técnica de pretensado ha desarrollado originalmente basándose en la producción masiva en la fábrica y el trabajo de repetición simple, en comparación con la técnica de post tensado basado en la fabricación independiente en la obra, es fácil asegurar una calidad y alta la adaptabilidad en la calidad al uso en el extranjero. Aunque la inversión inicial para establecer una línea de fabricación (planta de pretensado sencillo) es más alto que la inversión en la fabricación de vigas de tensado posterior, cuando un proyecto tiene una cierta magnitud como este, el costo de establecimiento de línea de fabricación será reducido como el 10% del costo de fabricación y montaje, lo que significa que es suficiente mente alta la adaptabilidad en el aspecto del costo.
- Ante la contratación de obra, siguiendo el material del Instituto Nacional de Manejo de Tierra e Infraestructura: Análisis de medidas de mejoramiento de calidad de instalación de losas de hormigón pretensado en puentes viales de acero (I) – Manual de instalación de losas de hormigón pretensado (tentativa) y directrices de supervisión de ejecución (tentativa), se obliga asignar permanentemente técnicos con títulos adecuados y realizar calibración de

- equipos de ejecución y de exámenes y asegurar un sistema de control de calidad y un equipamiento de fabricación similar a una fábrica certificada según la norma JIS.
- Llevar a cabo en el campo pruebas de carga de losas de hormigón prefabricadas de tamaño real, según lo establecido en la norma JIS y verificar la calidad.

iv) Adaptabilidad como tecnología japonesa y su alcance

De acuerdo con lo descrito antes, por la originalidad y racionalidad técnica, el nivel técnico y la adaptabilidad al uso en el extranjero, la tecnología de este elemento es una excelente tecnología de Japón.

El alcance de esta tecnología japonesa comprende la fabricación de losas y su instalación.

【Temas complementarios】

<Normas de diseño, fabricación e instalación de losas de hormigón pretensado>

Se encuentra en vigor las siguientes normas, indicando las directrices de diseño, fabricación e instalación y los estándares de control. Asimismo, están tratando de unificar las normas como las JIS.

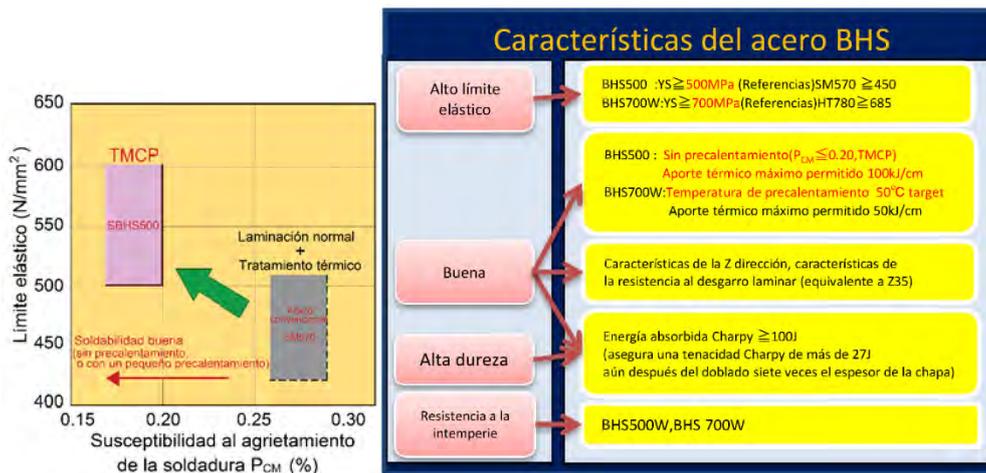
- Manual de diseño e instalación de losas prefabricadas, marzo de 1994: Asociación de constructores de hormigón pretensado de Japón
- Análisis técnico de optimación de puentes de 2 vigas con losas de hormigón pretensado, guía de diseño y construcción de puentes con reducido número de vigas de acero sobre las autopistas de Daini Tomei y Meishin (tentativa), marzo de 1998: Centro de investigación de tecnología de autopista
- Manual de diseño e instalación de losas de hormigón pretensado (tentativa), mayo de 1999: Asociación de constructores de hormigón pretensado de Japón
- Material del Instituto nacional de manejo de tierra e infraestructura, agosto de 2003, Análisis de medidas de mejoramiento de calidad de instalación de losas de hormigón pretensado en puentes viales de acero (I): Manual de instalación de losas de hormigón pretensado (tentativa), Directrices de manejo de obra (tentativa), tomo de losas de hormigón pretensado y prefabricadas: Instituto Nacional de Manejo de Tierra e Infraestructura — Manual de instalación de losas de hormigón pretensado (tentativa) y Directrices de manejo de obra (tentativa) —
- Guía de diseño y fabricación, marzo de 2004: JIS A 5373 Documento adjunto 2 (reglamento) para los productos de hormigón pretensado y prefabricado, Especificaciones recomendadas de puentes 2-4 Losas de hormigón pretensado: Asociación de constructores de hormigón pretensado de Japón
- Guía de diseño y fabricación de losas de hormigón pretensado para los puentes viales (JIS A 5373-2004), julio de 2004 : Asociación de c

2) Materiales de acero de alto rendimiento para los puentes (SBHS) 400 y 500

i) Resumen

Como materiales de acero de principales vigas para los puentes con reducido número de vigas, de acuerdo con los resultados del análisis comparativo de materiales de acero para las vigas se ha decidido adoptar materiales de acero SBHS con ventaja en la economía y viabilidad.

Los materiales de acero SBHS han sido desarrollados como materiales de acero que permitan realizar al mismo tiempo alta trabajabilidad y resistencia requeridas en el momento de la fabricación de puente, con un excelente uso de la tecnología de fabricación de acero de Japón.



Fuente: Catalogo de la Federación japonesa de hierro y acero

Figura 5-2-45 Estructura de unión de losas Resumen de materiales de acero SBHS

ii) Originalidad, racionalidad y nivel de tecnología

- Los materiales de acero SBHS tienen aplicada la tecnología de proceso de control termomecánico (TMCP) desarrollada en Japón. TMCP es la sigla de la palabra Thermo-Mechanical Control Process y es una tecnología de fabricación para controlar adecuadamente los procesos de calentamiento, tensado y enfriamiento post tensado en la fabricación de planchas de acero y puede dar a las planchas de acero una buena resistencia, tenacidad y soldabilidad. En el extranjero no hay fabricación de materiales de acero con rendimientos similares a SBHS. **(Originalidad y alto nivel técnico)**
- En caso de un puente con reducido número de vigas, suelen utilizarse muchos materiales de acero de clase SM570, que presenta problemas en la soldabilidad, y si se utilizan materiales de acero SBHS500, se hará posible simultáneamente el mejoramiento de la calidad y la reducción del costo. El precio unitario por peso del material de acero SBHS500 es más alto que el material de acero SM570, pero la disminución de la cantidad de materiales de acero a utilizar y la reducción del costo de fabricación, bajará el costo general de fabricación de las vigas. **(Racionalidad)**
- Estos materiales de acero son los materiales de alto rendimiento desarrollados para reducir el costo de construcción de puentes de acero de acuerdo con los resultados de proyectos de colaboración Industria-Universidad. Investigación. **(Alto nivel técnico)**
- Respecto a los materiales de soldadura para soldar y unir los materiales de acero SBHS, es necesario que su calidad supere la de material madre (materiales de acero SBHS) después del estado fundido de la soldadura y son los materiales desarrollados con el uso concentrado de la tecnología de fabricación de materiales de soldadura de Japón y tienen alto rendimiento. **(Alto nivel técnico)**

iii) Adaptabilidad al uso en el extranjero

Son productos fabricados en Japón y no presentan problemas para el uso en el extranjero.

iv) Adaptabilidad de la tecnología japonesa y su alcance

Por la originalidad y racionalidad técnica, el nivel técnico y la adaptabilidad al uso en el extranjero, mencionados antes, la tecnología de este elemento es una excelente tecnología de Japón.

El alcance de esta tecnología japonesa comprende el costo de materiales de acero y el trabajo de soldadura con el uso de materiales de soldadura y materiales de acero SBHS.

3) Adopción de materiales de acero resistentes al clima

i) Resumen

Como materiales de acero para las principales vigas del tipo de puente con reducido número de vigas, se ha determinado la adopción de materiales de acero resistentes al clima para simplificar

el mantenimiento. Los materiales de acero resistentes al clima no requieren re-pintado, puesto que la herrumbre superficial estable sirve de pintura, lo que permite disminuir el costo de mantenimiento. El re-pintado en los 4 puentes requerirá un costo de 200 millones de yenes aprox. (con un ciclo de 20 años) y constituirá una gran carga económica para el gobierno de Nicaragua.

Para aplicar los materiales de acero resistentes al clima, es necesario evitar la sal proveniente del mar y la contenida en el anticongelante utilizado en zonas frías, pero las ubicaciones de los puentes objeto no tienen tal influencia y presentan buenas condiciones de aplicación. Los materiales de acero resistentes al clima pueden desempeñar al mismo tiempo las funciones de materiales de acero SBHS.

ii) Originalidad, racionalidad y nivel de tecnología

Los materiales de acero resistentes al clima bajan la trabajabilidad de soldadura en el procedimiento de adquirir la resistencia al clima, pero la excelente tecnología de fabricación de acero de Japón permite fabricar materiales de acero que cuentan con la resistencia al clima y la trabajabilidad de soldadura al mismo tiempo. **(Alto nivel técnico)**

iii) Adaptabilidad al uso en el extranjero

Son productos fabricados en Japón y no presentan problemas para el uso en el extranjero.

iv) Adaptabilidad de la tecnología japonesa y su alcance

Por la originalidad y racionalidad técnica, el nivel técnico y la adaptabilidad al uso en el extranjero, mencionados antes, la tecnología de este elemento es una excelente tecnología de Japón.

El alcance de esta tecnología japonesa comprende el costo de materiales de acero.

4) Perno de alta resistencia tipo Torshear

i) Resumen

En la obra de construcción de puente con reducido número de vigas, a las juntas se aplican soldadura y el uso de pernos de alta resistencia. La soldadura presenta la posibilidad de dejar importantes defectos como la grieta de la superficie soldada, por lo que en principio no es recomendable su uso en países en vías de desarrollo que cuentan con condiciones de ejecución desfavorables. Por otra parte, el uso de pernos de alta resistencia relativamente depende poco de condiciones de la ejecución y, sobre todo, los pernos de alta resistencia tipo Torshear tienen facilidad de manejo en su fijación, por lo que son buenas como juntas de puentes de acero en países en vías de desarrollo.

ii) Originalidad, racionalidad y nivel de tecnología

- El Perno de alta resistencia tipo Torshear recibe una contrafuerza del par de la fijación en la cola (pin tail) de la punta del eje del perno, al producirse ruptura en la cola con la contrafuerza, se controla el par de la fijación, lo que da facilidad de manejo en la obra y sirve de medida para prevenir el olvido de fijación. En el sector de vialidad, la Asociación de Carreteras de Japón ha normalizado el “juego de pernos de alta resistencia, tuercas hexagonales y arandelas para juntas de fricción” y se ha difundido el juego ampliamente en el país. **(Originalidad y racionalidad)**
- La fuerza axial de fijación depende de las características mecánicas de materiales, el nivel de precisión del procesamiento de la cola y la fuerza de fricción entre rosca,



Figura 5-2-46 Resumen de perno de alta resistencia tipo Torshear

tuerca y arandela, por lo que se requiere alto rendimiento, un nivel de precisión minuciosa en el procesamiento y una técnica sofisticada de acabado superficial. **(Alto nivel técnico)**

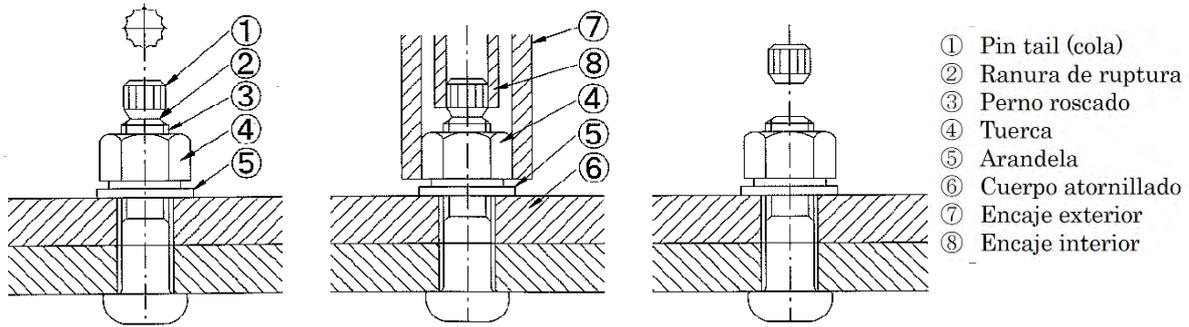


Figura 5-2-47 Resumen de perno de alta resistencia tipo Torshear (2)

iii) Adaptabilidad al uso en el extranjero

Son productos fabricados en Japón y no presentan problemas para el uso en el extranjero.

iv) Adaptabilidad de la tecnología japonesa y su alcance

Por la originalidad y racionalidad técnica, el nivel técnico y la adaptabilidad al uso en el extranjero, mencionados antes, la tecnología de este elemento es una excelente tecnología de Japón.

El alcance de esta tecnología japonesa comprende los materiales de perno y el trabajo de fijación de perno.

5) Adopción de método de extrusión para la construcción de puente

i) Resumen

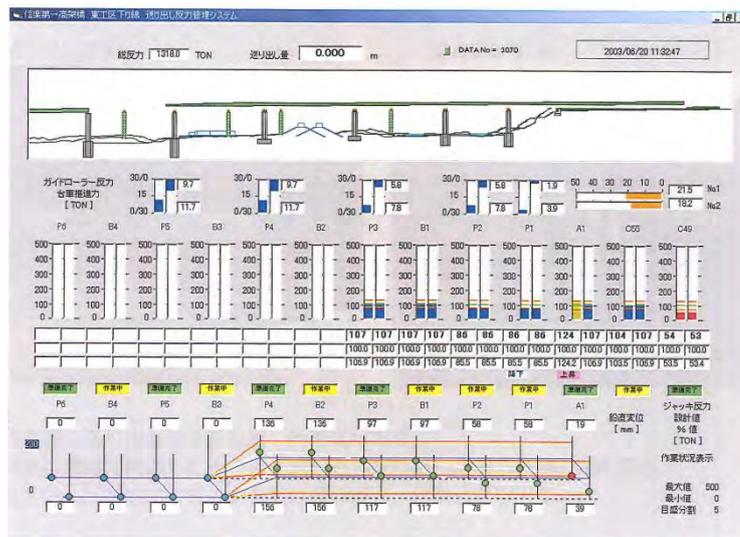
Al puente con reducido número de vigas, se aplica el método de extrusión. En el puente con vigas de plancha de acero, los materiales de vigas principales tienen gran peso, lo que constituía un obstáculo para su adaptabilidad en los países en vías de desarrollo que no disponen de grúa grande. El método de extrusión consiste en instalar en cada uno de los puntos de apoyo de estribos y pilas los gatos especiales que permiten trasladar vigas y trasladar gradualmente las vigas de un lado hasta su ubicación predeterminada. Es un método que no requiere el uso de grandes grúas y favorece la aplicación de puente con vigas de planchas de acero.



ii) Originalidad, racionalidad y nivel de tecnología

- En Japón, donde abundan puentes con paso a desnivel con el ferrocarril, carreteras y ríos, el método de extrusión ha sido empleado frecuentemente como método de construcción segura sin aprovechar el espacio debajo de las vigas. Las vigas de acero están diseñadas para que la combinación de planchas delgadas de acero tenga una resistencia racional a la supuesta fuerza exterior, por lo tanto, son frágiles contra una fuerza de reacción distinta a la de la forma completa o la inversión del momento flector, producidas en el momento de la extrusión y tienen posibilidad de producir pandeo local en algunos puntos. Este método viene siendo desarrollado técnicamente en el proceso de superar los pandeos accidentales en la construcción. La figura de abajo muestra un ejemplo de sistema de control de medición para mantener la correcta contrafuerza en cada punto de apoyo. Los gatos utilizados en el trabajo de extrusión tienen equipados un sistema de control para igualar la presión de contacto, con el fin de evitar el posible pandeo a causa de una presión desequilibrada actuada sobre el punto de

contacto con vigas de acero. **(Alto nivel técnico)**



Fuente: Equipo de estudio

Figura 5-2-48 Ejemplo de sistema de control de medición

- Puesto que no hay necesidad de trabajo desde debajo de las vigas y no se requiere el uso de muelle ni grandes grúas, se hace posible bajar el costo por reducir el paquete de equipos de construcción. **(Racionalidad)**
- En la construcción de un puente con reducido número de vigas, por tener pocas vigas principales, es posible extrudir todas las vigas al mismo tiempo, lo que permite una construcción altamente estable y una ejecución segura con un costo relativamente económico. **(Racionalidad)**

iii) Adaptabilidad al uso en el extranjero

El equipamiento de construcción tiene un tamaño relativamente pequeño y requiere un bajo costo de transporte de equipos. Casi todos los fabricantes de vigas de acero en Japón tienen experiencia en el método de extrusión y para la contratación de la obra es posible enviar persona con experiencia en dicho método.

iv) Adaptabilidad de la tecnología japonesa y su alcance

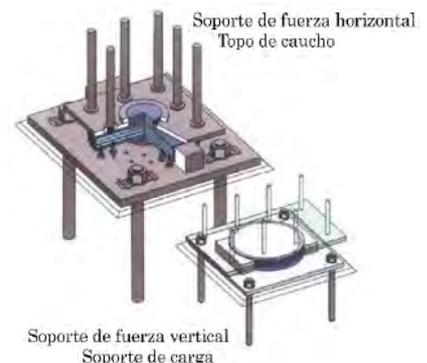
Por la originalidad y racionalidad técnica, el nivel técnico y la adaptabilidad al uso en el extranjero, mencionados antes, la tecnología de este elemento es una excelente tecnología de Japón.

El alcance de esta tecnología japonesa comprende la totalidad de la obra de construcción con el método de extrusión.

5-2-5-2 Estructura antisísmica

(1) Resumen de estructura antisísmica

Siendo Nicaragua un país sísmico, según la cláusula 5-2-49 Análisis de estructura antisísmica, se ha determinado la adopción de varias estructuras antisísmicas, las que serán objeto del análisis de la adaptabilidad de tecnología japonesa. En el gran terremoto del sur de la prefectura de Hyogo, fue registrada una fuerza sísmica varias veces mayores que los terremotos anteriores y quedaron destrozados numerosas estructuras. A partir de dicho terremoto, en Japón han sido desarrollados y puestas en práctica muchas técnicas antisísmicas. Nicaragua es también un país con posibilidad de grandes terremotos y el presente Proyecto



Fuente: Página Web de BBM

Figura 5-2-49 Ejemplo de aislamiento sísmico de base

contempla planear un diseño con suficiente resistencia contra grandes fuerzas sísmicas. Según la cláusula 5-2-44 Análisis de estructura antisísmica, el plan prevé el uso de redondos de acero con nudos y plancha, que tomaron en consideración la viabilidad con el uso de aislamiento sísmico de base y armadura de grandes diámetros.

(2) Elementos técnicos japoneses en la estructura antisísmica

1) Aislamiento sísmico de base tipo rodamiento corredero

i) Resumen

El aislamiento sísmico de base es para reducir el costo general del puente reduciendo la fuerza sísmica y en Japón, que ha experimentado grandes terremotos, se han desarrollado numerosas técnicas y productos al respecto. En particular, el aislamiento sísmico de base con rodamiento corredero escogido es un aislamiento sísmico que tiene separadas las funciones de soporte vertical y de soporte horizontal y teniendo cada estructura compacta, ofrece una ventaja económica.

ii) Originalidad, racionalidad y nivel de tecnología

El aislamiento sísmico de base con rodamiento corredero tiene una estructura que disminuye la fuerza sísmica por una fuerza de fricción que trabaja en la superficie de contacto entre la plancha de Teflón colocada en la parte superior de la base de caucho circular y la plancha de acero inoxidable colocada en la parte inferior de la base superior. Las bases de caucho pueden soportar una presión superficial alta de 25N/mm² con los materiales reforzantes de anillos colocados en el interior, lo que permite compactar el tamaño y reducir el costo. El sistema de aislamiento sísmico aprovechando fuerza de fricción y materiales reforzantes de anillos que permiten aguantar una alta presión superficial son desarrollados originalmente en Japón. **(Originalidad y racionalidad)**

iii) Adaptabilidad al uso en el extranjero

Son productos fabricados en Japón y no presentan problemas para el uso en el extranjero.

iv) Alcance de la tecnología japonesa

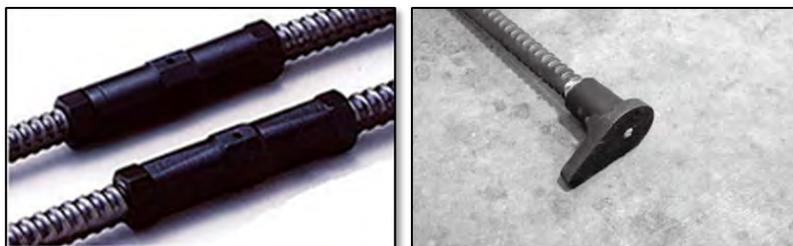
Por la originalidad y racionalidad técnica, el nivel técnico y la adaptabilidad al uso en el extranjero, mencionados antes, la tecnología de este elemento es una excelente tecnología de Japón.

El alcance de esta tecnología japonesa comprende el costo de materiales de bases.

2) Redondo de acero con nudos y gancho cuneiforme

i) Resumen

El redondo de acero con nudos y el gancho cuneiforme adoptados son desarrollados para evitar el empeoramiento de la trabajabilidad y el insuficiente relleno de concreto a causa de gran diámetro de redondos de acero.



Fuente: Página Web de Tokyo Tekko Co., Ltd.

Figura 5-2-50 Redondo de acero con nudos y gancho cuneiforme

ii) Originalidad, racionalidad y nivel de tecnología

- El redondo de acero con nudos ha sido desarrollado y puesto en práctica en Japón y los nudos sobre el redondo están distribuidos en forma de tornillo y los acopladores unen los redondos aprovechando los nudos, lo que da facilidad de trabajo de unión y la delgada forma de los acopladores facilita el relleno de concreto. El costo del redondo de acero con nudos es similar

- al de la varilla de acero común y no hay demérito económico. **(Originalidad y racionalidad)**
- El gancho cuneiforme aprovecha también estos nudos, lo que puede **evitar la complejidad de varillas. (Originalidad y racionalidad)**

iii) Adaptabilidad al uso en el extranjero

Son productos fabricados en Japón y no presentan problemas para el uso en el extranjero.

iv) Alcance de la tecnología japonesa

Por la originalidad y racionalidad técnica, el nivel técnico y la adaptabilidad al uso en el extranjero, mencionados antes, la tecnología de este elemento es una excelente tecnología de Japón.

El alcance de esta tecnología japonesa comprende el costo de materiales de redondo de acero con nudos, acoplador y gancho cuneiforme.

5-2-5-3 Valla de seguridad de aluminio

(1) Resumen de valla de seguridad de aluminio con consideración a la apariencia

Las vallas de seguridad de aluminio con consideración a la apariencia, descritas en 5-2-2-8, utilizan elementos ovalados en los barros para reducir el uso de aluminio, que es un material de alto precio unitario, y tratan de mejorar la apariencia disminuyendo la impresión cargada y mejorar la economía con la reducción de materiales utilizados. El aluminio en sí es un material libre de deterioro por la corrosión, lo que permite reducir el costo de mantenimiento.

(2) Elementos de tecnología japonesa en valla de seguridad de aluminio

1) Originalidad, racionalidad y nivel de tecnología

- El aluminio, en comparación con el material de acero, es caro, pero su relativa facilidad de procesamiento permite una producción masiva y reducir el costo aproximado al de valla de seguridad de acero. En Japón, desde el antiguo viene aplicándose el uso práctico de vallas de seguridad de aluminio y actualmente tiene el costo casi similar al de vallas de seguridad de acero. Valla de seguridad de aluminio con consideración a la apariencia es un producto desarrollado conjuntamente por fabricantes miembros de la Asociación de Aluminio de Japón y son valla de seguridad que da buena apariencia y economía gracias a la producción masiva con la consideración a la apariencia y la reducción del costo con la disminución del uso de materiales. (Originalidad y racionalidad)
- En Japón, relativamente desde hace muchos años están preparadas las normas de instalación de vallas de seguridad y su descripción y aun en las vallas de seguridad de aluminio que presentan relativamente baja resistencia, está garantizada una resistencia similar a la de vallas de seguridad de acero. (Alto nivel técnico)

2) Adaptabilidad al uso en el extranjero

Son productos fabricados en Japón y no presentan problemas para el uso en el extranjero.

3) Alcance de la tecnología japonesa

Por la originalidad y racionalidad técnica, el nivel técnico y la adaptabilidad al uso en el extranjero, mencionados antes, la tecnología de este elemento es una excelente tecnología de Japón.

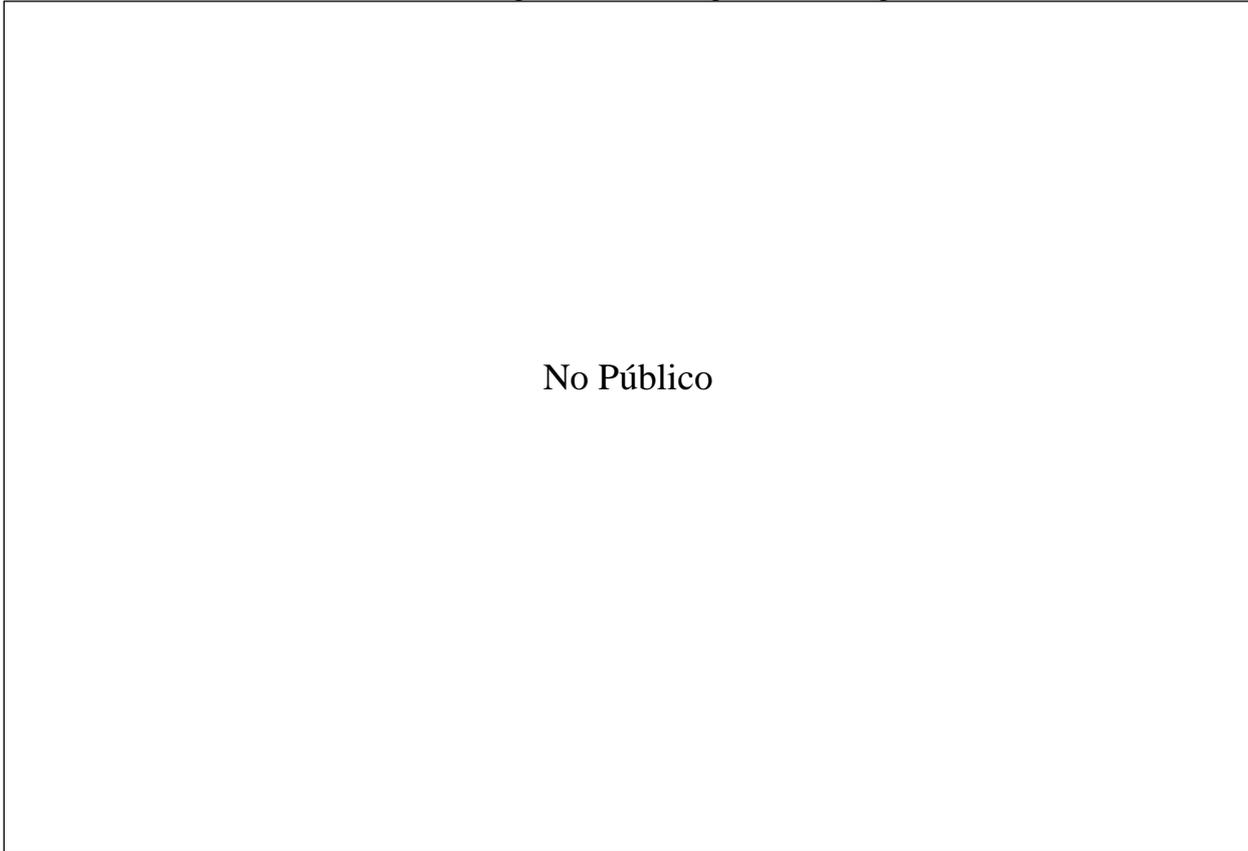
El alcance de esta tecnología japonesa comprende el costo de materiales de valla de seguridad de aluminio con consideración a la apariencia.

5-2-5-4 Listado de tecnologías japonesas

La Tabla 5-2-46 presenta el listado de tecnologías japonesas aplicables.

La proporción de la tecnología japonesa sobre el costo del Proyecto, arriba calculada, sobrepasa el 30%, según lo descrito abajo, es aplicable como proyecto STEP.

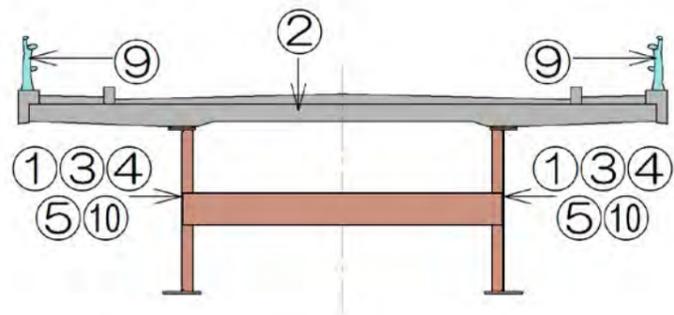
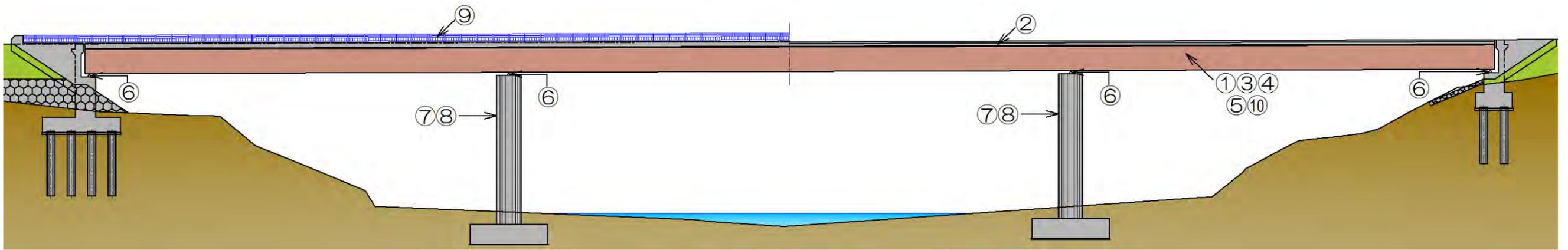
Tabla 5-2-45 Proporción de la adquisición en Japón



No Público

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

	Inglés	Español	Lugares aplicables	Ahorro de mantenimiento	Resistencia contra desastres naturales	Posibilidad de uso de equipos y materiales locales	Otros	Función	Ventajas de técnicas japonesas	Empresas japonesas que manejan	Empresas extranjeras que	Experiencia o no en la aplicación en el extranjero y países con aplicación	Otras técnicas semejantes	Ventajas respecto a otras técnicas	
1	bridge having small number of main girders	tipo puente con reducido número de vigas principales	Obra de superestructura (general)	○				Eficiencia económica	Estructura del puente con resistencia y eficiencia económica	Aunque existen productos similares, Japón es el único país donde se promueve el uso práctico de la técnica.	Miembros de la Asociación Japonesa de Construcción de Puentes	No hay.	No hay.	Tipo puente con múltiples vigas principales	Resistencia y eficiencia económica
2	preformed concrete prestressed slabs	Losas de hormigón presentado y prefabricado	Obra de superestructura (losa)	○		○		Eficiencia económica, adaptabilidad y estructura de losa con ventaja de transferencia de técnicas	Estructura de losa del puente con ventajas en resistencia a la fatiga, eficiencia económica y transferencia de tecnología	Aunque existen productos similares, Japón es el único país donde se promueve el uso práctico de la técnica.	Miembros de la Asociación de Construcción de Hormigón Pretensado	No hay.	No hay.	Losa sintética	Eficiencia económica
3	Weathering Steel	materiales de acero resistentes al clima	Obra de superestructura (vigas de acero)	○					Acero con posibilidad de omitir el pintado inicial y repintado	Calidad notablemente superior a la de otros países	Nippon Steel & Sumitomo Metal, JFE Steel y Kobe Steel	No hay.	Hay. (Nicaragua, etc.)	Acero Normal	Necesidad de pintado y repintado
4	Torshear type high strength bolt	Perno de alta resistencia tipo Torshear	Obra de superestructura (vigas de acero)					Adaptabilidad	Perno para la junta con la mejora de adaptabilidad y seguridad de control local	Técnica propia de Japón	Miembros de la Asociación de Pernos de Alta Resistencia	No hay.	Hay. (Nicaragua, etc.)	Perno hexagonal de alta resistencia	El perno de la izquierda cuyo control de apriete depende de la máquina utilizada, por lo que es inferior en la adaptabilidad y seguridad de control.
5	SBHS500W (steel material)	nuevo material de acero (SBHS500W)	Obra de superestructura (vigas de acero)					Eficiencia económica y adaptabilidad en la fabricación	Acero con mejora de resistencia y soldabilidad, y con posibilidad consecuente de mejorar la eficiencia económica	Calidad notablemente superior a la de otros países	Nippon Steel & Sumitomo Metal, JFE Steel y Kobe Steel	No hay.	No hay.	SMA490W, SMA570W	El acero de la izquierda tiene baja resistencia y, además, muestra su inferioridad en la adaptabilidad, siendo necesario el precalentamiento para la soldadura (calentamiento antes de soldar).
6	sliding base isolator	Aislamiento sísmico de base tipo rodamiento corredero	Parte de junta entre la superestructura y la subestructura		○			Eficiencia económica	Aislamiento sísmico económico con posibilidad de reducir el costo y fuerza sísmica	Técnica propia de Japón	BBM Co. Ltd.	No hay.	No hay.	Sistema de prevención de derrumbamiento del puente	El sistema de la izquierda se instala para evitar el derrumbamiento del puente en caso de dañarse los aislamientos, y no sirve para reducir la fuerza sísmica, siendo imposible prevenir daños de los mismos, por lo que resulta inferior en la firmeza del puente después del terremoto. Según las especificaciones del puente en la carretera, el peligro de derrumbamiento del puente es pequeño por su forma, razón por la cual no es necesario instalar el sistema de prevención de derrumbamiento.
7	screw-knot reinforcement	Redondo de acero con nudos	Varilla de acero para pilares		○			Adaptabilidad	Varilla de acero que ha mejorado la adaptabilidad de relleno de hormigón en los lugares donde se necesita el uso de varillas de mayor diámetro.	Técnica propia de Japón	Tokyo Tekko, JFE Bars & Shapes, Kyoei Steel, Itoh Iron & Steel y otros 10 fabricantes.	No hay.	Hay. (Honduras, etc.)	Varilla de acero con nudos de bambú (varilla normal)	La varilla de la izquierda por comparación con el redondo de acero con nudos es muy complicada en el manejo de las juntas, siendo inferior en su adaptabilidad.
8	Hook plates	gancho cuneiforme	Varilla de acero para pilares		○			Adaptabilidad	Varilla de acero que ha mejorado la adaptabilidad de relleno de hormigón en los lugares donde se necesita el uso de varillas de mayor diámetro.	Técnica propia de Japón	Tokyo Tekko, JFE Bars & Shapes, Kyoei Steel, Itoh Iron & Steel y otros 10 fabricantes.	No hay.	No hay.	Gancho elaborado la varilla	En el caso de la estructura de la izquierda, las varillas se enredan en las partes estrechas, habiendo casos de no poder distribuir las debidamente, lo que aumenta la posibilidad de deficiencia de relleno del hormigón.
9	landscape-conscious aluminum vehicle fence	Las vallas de seguridad de aluminio con consideración a la apariencia	Valla de seguridad	○				“Seguridad y paisaje”	Es un producto excelente con garantía de seguridad contra desviaciones de vehículos mediante varias pruebas de choques y con larga duración gracias al uso de aluminio sin deterioro por óxidos, intentando reducir el costo de mantenimiento, además de su diseño hermoso con atención al paisaje.	Aunque existen productos similares, Japón es el único país donde se promueve el uso práctico de la técnica.	Producto desarrollado mediante la colaboración entre 4 fabricantes, miembros de la Asociación Japonesa de Aluminio, Sumikei-Nikkei Engineering, Amano Aluminium, Sankyo Tateyama y JFE Metal Products & Engineering	No hay.	No hay.	Valla de seguridad de acero	Estructura de fácil mantenimiento. Se utilizan materiales de aluminio sin deterioro por óxidos, logrando alargar la durabilidad y reducir el costo de mantenimiento. Se intenta reducir el costo inicial por el establecimiento del sistema de producción en masa y por el uso de railes ovalados que permite disminuir la cantidad de materiales, así como se pretende mejorar el paisaje por el mejoramiento de la forma de dichos railes y soportes.
10	Launching Erection Method for Bridge Girder	método de extrusión para la construcción de puente	Método de construcción de superestructura Método de construcción de superestructura					Adaptabilidad	Método de construcción que ha mejorado la seguridad de trabajo, además de omitir el trabajo dentro del río.	Aunque existen métodos similares, es una técnica notablemente superior en el aspecto de la seguridad.	Miembros de la Asociación Japonesa de Construcción de Puentes	No hay.	No hay.	Instalación de la grúa	Se necesita instalar un sistema de descarga dentro del río, y se tiene que hacer el trabajo desde el río, por lo que es peligroso trabajar en la temporada de lluvias.



Capítulo 6 Plan de Operación y Mantenimiento del Proyecto

6-1 Sistema de ejecución del Proyecto

6-1-1 Organización y personal

La institución competente y ejecutora del presente Proyecto en Nicaragua es al MTI, al que compete la construcción de infraestructura terrestre, marítima y aérea. La División General de Planificación y la Dirección General de Vialidad se encargan del Proyecto. la División General de Planificación se dedica al planeamiento, planificación, diseño, construcción y mantenimiento de carreteras y puentes en Nicaragua. A su vez, la Dirección General de Vialidad lleva la elaboración de especificaciones técnicas, cálculo de costo, licitación de obras y contratación (etapa de ejecución de proyectos). La Tabla 6-1-1 presenta la plantilla de MTI de Nicaragua y la Figura 6-1-1, su organigrama.

Tabla 6-1-1 Número de personal de MTI

	DIRECCIONES GENERALES	No. TRABAJADORES	SEXO	
			F	M
1	DESPACHO DEL MINISTRO	12	6	6
2	DESPACHO DEL VICE MINISTRO	6	3	3
3	DESPACHO DEL VICE MINISTRO TRANSPORTE	7	4	3
4	DESPACHO DE LA SECRETARIA GENERAL	6	5	1
5	DIVISION DE ASESORIA LEGAL	8	7	1
6	GENTRO DE ACCESO A LA INFORMACION	19	13	6
7	UNIDAD DE GESTION AMBIENTAL	18	10	8
8	DIVISION DE AUDITORIA INTERNA	14	10	4
9	DIVISION DE RELACIONES PUBLICAS	9	6	3
10	DIVISION DE TECNOLOGIA DE LA INFORMATICA	23	5	18
11	DIVISION GRAL DE PLANFICACION	66	26	40
12	DIVISION DE ADQUISICIONES	29	23	6
13	DIVISION GRAL ADMITIVA FINANCIERA	173	86	87
14	DIVISION GRAL DE RECURSOS HUMANOS	30	22	8
15	DIRECCION GENERAL DE VIALIDAD	5	2	3
16	UNIDAD COORDINADORA RECURSOS BCIE	43	12	31
17	UNIDAD COORDINADORA BANCO MUNDIAL	56	10	46
18	UNIDAD COORDINA DORA PROYECTOS BID	23	9	14
19	DIRECCION DE CONSERVACION VIAL	150	32	118
20	DIRECCION GRAL TRANSPORTE TERRESTRE	304	103	201
21	DIRECCION GRAL DE TRANSPORTE ACUATICO	63	23	40
22	DIRECCION GRAL NORMAS DE LA CONSTRUCCION	39	17	22
	TOTAL	1,103	434	669
			39.35%	60.65%

Por el presente no hay personal asignado al Proyecto, pero según el Director de la Dirección General de Planificación, una vez iniciado el Proyecto, está planeado crear en la Dirección General de Vialidad una unidad coordinadora (con una plantilla de 20 a 50 personas) similar a otras unidades coordinadoras de recursos de cada donante (ver los números 16-18 de la Tabla 6-1-1).

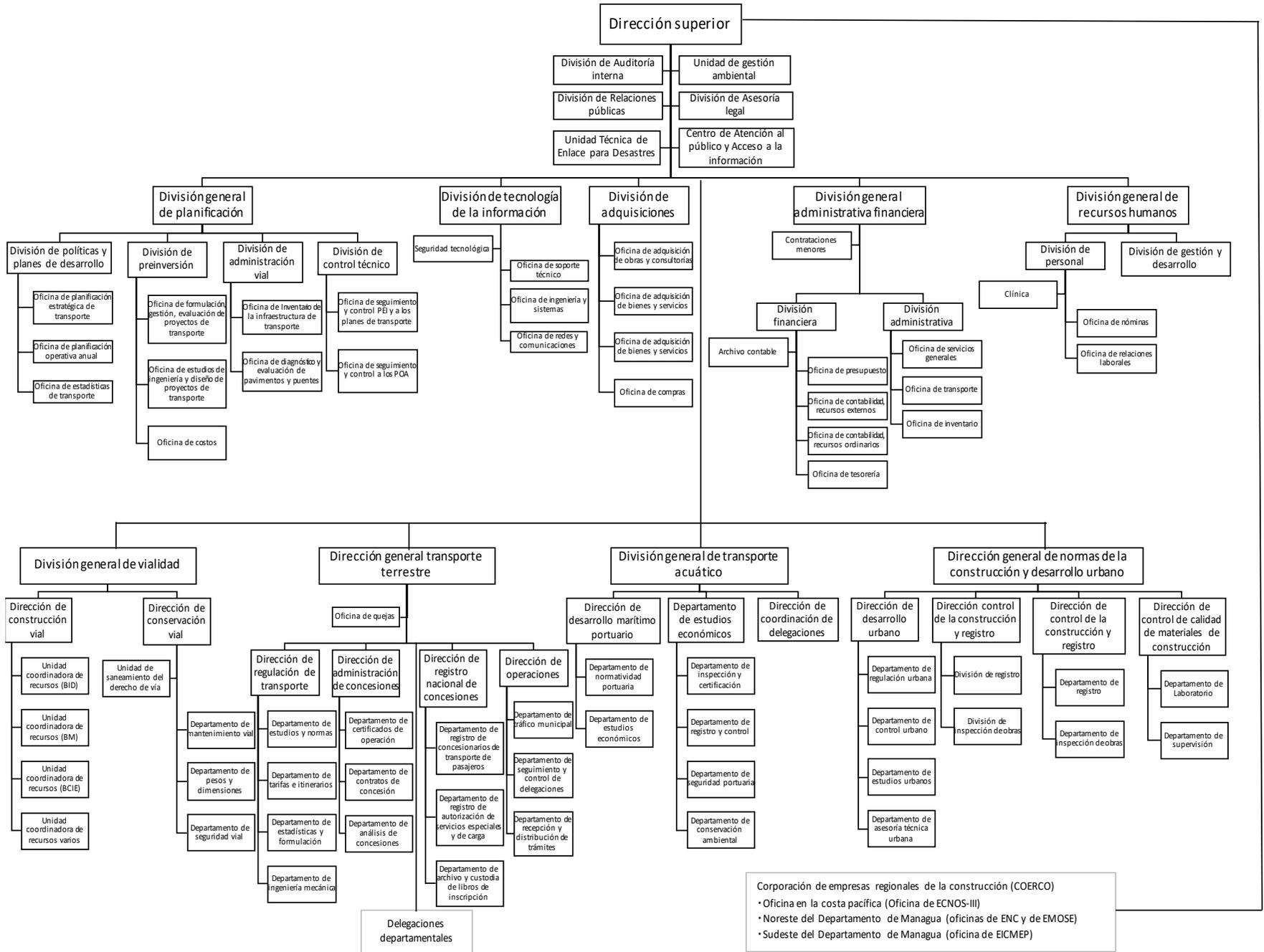


Figura 6-1-1 Organigrama de MTT (2016)

Corporación de empresas regionales de la construcción (COERCO)
 • Oficina en la costa pacífica (Oficina de ECNOS-III)
 • Noreste del Departamento de Managua (oficinas de ENC y de EMOSE)
 • Sudeste del Departamento de Managua (oficina de EICMEP)

6-1-2 Finanzas y presupuesto

El presupuesto de MTI, institución ejecutora, durante 5 años de 2011 a 2015 se presenta en la Tabla 6-1-2. A partir de 2008, viene asegurándose anualmente un presupuesto superior a 100 millones de US\$ y desde 2011 presenta una tendencia creciente, dando un crecimiento del 40% en 2015 con respecto al 2011. El costo de mantenimiento de puentes mantenía casi un mismo monto entre 2008 y 2010, pero desde 2011 en vista de la importancia del acceso al lado atlántico, empezó la reparación de puentes sobre carreteras nacionales, por lo que el costo de mantenimiento de puentes creció bastante en 2011 y 2012 y fue asegurado un presupuesto que aumentó en el 120.9% sobre 2011.

Tabla 6-1-2 Presupuesto y costo de mantenimiento de MTI en los últimos 5 años

Año	Presupuesto de MTI	Costo de mantenimiento	Tasa del costo de mantenimiento	(USD)	
				Crecimiento del costo de mantenimiento (en relación con)	Crecimiento del costo de mantenimiento (en relación con)
2011	116,819,035	19,756,508	16.9%	-	-
2012	124,308,612	29,484,005	23.7%	6.4%	49.2%
2013	127,631,006	37,748,757	29.6%	9.3%	91.1%
2014	149,333,886	41,213,062	27.6%	27.8%	108.6%
2015	163,727,665	43,644,018	26.7%	40.2%	120.9%

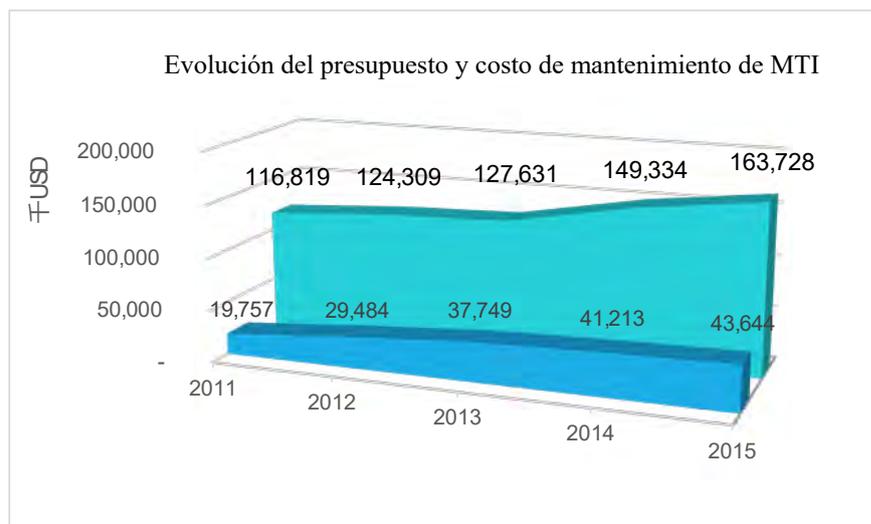


Figura 6-1-2 Evolución del presupuesto y costo de mantenimiento de MTI

6-1-3 Nivel técnico

6-1-3-1 Obra de construcción

MTI, que es el Ministerio responsable e institución ejecutora de la parte nicaragüense, tiene vasta experiencia en proyectos de construcción de vialidad y puentes con la asistencia de Japón y otros países. Además, según lo mencionado antes, ha ejecutado numerosos proyectos de construcción de puentes con la cooperación financiera no reembolsable de Japón. Recientemente, ha sido la institución ejecutora del Proyecto de construcción del puente Santa Fe de 2009 a 2014 y el Proyecto de reconstrucción de puentes entre Managua y El Rama de 2010 a 2013, y los ha culminado sin ningún contratiempo. Actualmente en la misma carretera nacional 21B, está llevando adelante el Proyecto de construcción del puente Paso Real y el Proyecto de construcción vial entre Río Blanco y Siuna, dotando de personal técnico de MTI en cada Proyecto, lo que muestra alta conciencia de emprendimiento de los Proyectos.

La Dirección General de Vialidad de MTI tiene una división que coordina la cooperación de organizaciones internacionales y tal como se ha descrito anteriormente, está ejecutando los proyectos asignado entre 20 y 50 funcionarios para cada donante y parece suficiente esta asignación.

6-1-3-2 Administración y mantenimiento

El método de mantenimiento de carreteras y puentes de MTI consiste en examinar las carreteras y puentes cuya reparación y mantenimiento esté solicitado de cada Departamento, determinar el orden de prioridad, enviar ingenieros de MTI para que inspeccionen y estudien localmente y como consecuencia, determinar la necesidad de reparación o refuerzo. Si afirma la necesidad de reparación o refuerzo, contrata consultores para que preparen inventario de los puntos a reparar o reforzar, determinen métodos de ejecución y calculen su costo, y solicita el presupuesto correspondiente. Una vez presupuestado un proyecto, empieza la obra. Por lo general, para los proyectos viales de las principales carreteras y las carreteras en la zona urbana se contratan empresas privadas y los proyectos viales de las carreteras regionales de zonas distantes y de bajo rendimiento, se encargan a la Corporación de Empresas Regionales de la Construcción (COERCO) que son empresas estatales afiliadas al MTI.

El trabajo de mantenimiento de las carreteras cuyo deterioro no es tan importante se realiza por el Fondo de Mantenimiento Vial (FOMAV), mediante el mantenimiento diario y periódico. En el caso de mantenimiento diario, se hacen reparaciones iniciales del pavimento y la limpieza cotidiana del sistema de drenaje, como zanjas y alcantarillas, y de terrenos de las carreteras, incluidos los taludes. En el caso de mantenimiento periódico, se llevan a cabo la reparación de la superficie pavimentada, incluido el revestimiento del pavimento de asfalto, la conservación de los indicadores y farolas en las carreteras, y la instalación de paradas de autobús, etc.

Una vez completado el Proyecto incluyendo los tramos viales antes y después de los puentes, FOMAV se encargará de mantenimiento diario leve de toda la carretera. Por otra parte, según las encuestas realizadas a COERCO, se ha confirmado que las reparaciones que requieran alto nivel técnico o equipos avanzados como la reparación de puentes será implementado principalmente por COERCO.

6-1-3-3 Sistema de administración de estructuras

Para la administración y mantenimiento utiliza NICASAP (Nicaragua Sistema de Administración Puente) completado en 2003 con una transferencia técnica de DANIDA desde 2001. Ha comenzado la creación de una base de datos de puentes nacionales, actualizando anualmente los datos (longitud, ancho, estructura de puentes e inventario de las condiciones de puentes mediante una inspección visual) y la administra la Oficina de diagnóstico y evaluación de pavimentos y puentes de la División de administración vial de la División General de Planificación. Sobre el mantenimiento luego de terminados los proyectos, a partir de las condiciones de puentes según la base de datos se determina la necesidad de mantenimiento, reparación y renovación de puentes, y no habrá problemas en la ejecución de inspecciones periódicas de los puentes objeto del Proyecto.

6-1-4 Instalaciones y equipos existentes

(1) COERCO

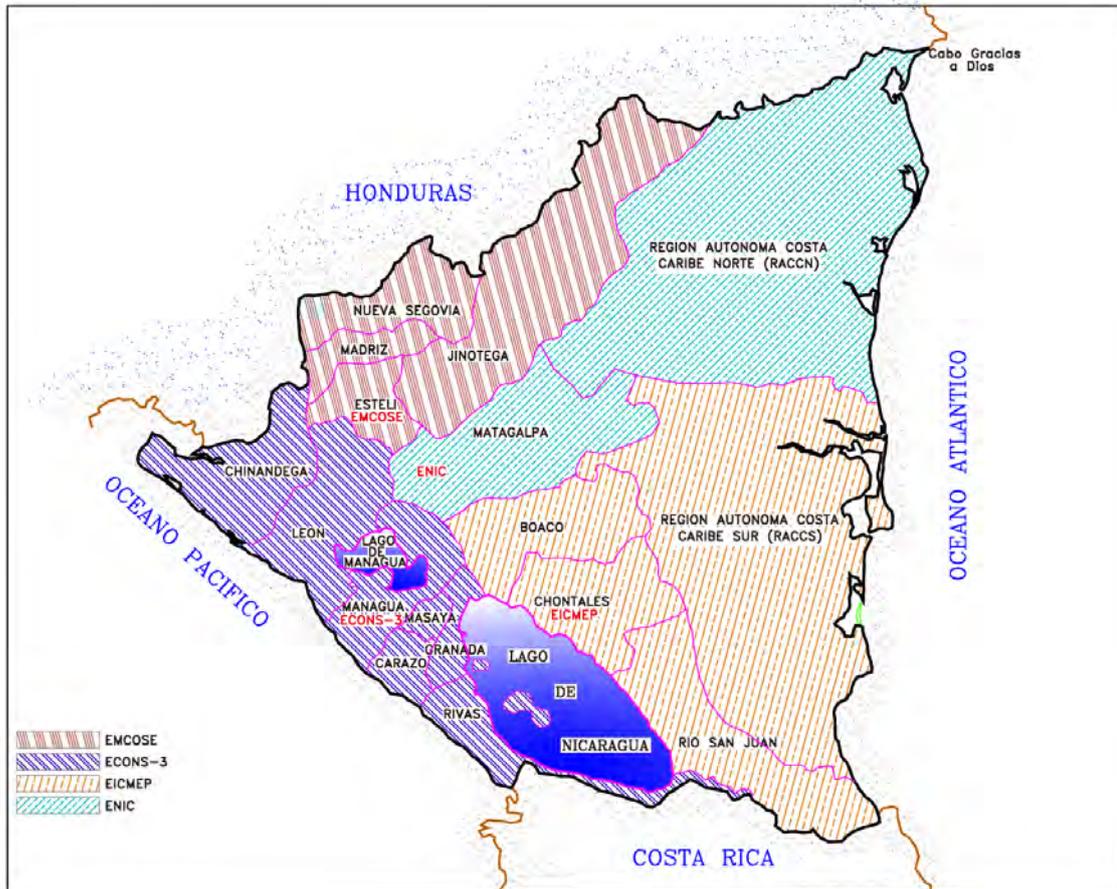
MTI no cuenta con equipos existentes ya que encarga el mantenimiento totalmente a organizaciones externas o empresas privadas, pero COERCO posee los equipos indicados en la tabla de abajo y se encarga de ejecutar mantenimiento y obras de construcción cuyo administrador principal sea MTI.

COERCO había sido una oficina regional de construcción vial perteneciente al Ministerio de Transporte e Infraestructura y fue independizada como empresa estatal en los primeros años de la década de los 80. Se dedica a la construcción vial y la reparación vial urgente en las zonas regionales con baja rentabilidad aprovechando los equipos de construcción vial de su propiedad. COERCO está utilizando los equipos donados mediante una cooperación financiera no reembolsable de Japón en el pasado para la construcción y mantenimiento vial. La Tabla 6-1-3 presenta el listado de los equipos que posee COERCO.

El mantenimiento luego de terminado el Proyecto, lo hará como sujeto administrador la Dirección General de Vialidad de MTI, institución ejecutora, y está planeado que la oficina ENIC de COERCO, organismo subordinado a MTI, a la que compete la región nordeste del Departamento de Managua, se

encarga de la inspección, limpieza y reparación.

COERCO, según lo indicado en la Tabla 7-1-3 cubre el mantenimiento vial de todo el territorio con 4 oficinas: ECONOS-III, 2 oficinas (ENIC y EMOSE) para la región nordeste a partir del Departamento de Managua y 1 oficina (EICMEP) para la región sudeste del Departamento de Managua.



Fuente : COERCO

Figura 6-1-3 Mapa de COERCO

Tabla 6-1-3 Equipos de propiedad de COERCO

Equipos	ECONS-3	EMCOSE	ENIC	EICMEP	Total
Barredora	1			1	2
Cabezal	4	4	4	3	15
Camión Cisterna de Agua	3				3
Camión Cisterna de Combustible	1				1
Camión Dosificador				1	1
Camión Grúa	2	1	1		4
Camión Lúbrico		1	1		2
Camión Mezclador		1	2	2	5
Camión Plataforma	3	1	1	9	14
Camión Taller	2	1	3	2	8
Camión Volquete	17	18	19	29	83
Cargadora Frontal	4	4	7	4	19
Cisterna Asfáltica	1		1	2	4
Cisterna de Agua	3	5	6	5	19
Cisterna de Combustible				1	1
Compactadora	3				3
Compactadora Neumática	2		1	1	4
Compactadora Doble Rodo	1				1
Compresor	1				1
Estabilizador	1	1	1		3
Excavadoras	3	6	5	8	22
Grúas		2		2	4
Low Boy	2				2
Luminaria Rodante	4				4
Minicargadora		2		2	4
Montacargas			1	1	2
Motoniveladora	5	4	7	5	21
Pavimentadora	1				1
Perforadora de Pilotes				1	1
Rastras	2				2
Recicladora				1	1
Retroexcavadora	2	5	1	5	13
Tractor de Oruga	4	7	5	8	24
Vibrocompactadora Manual				1	1
Vibrocompactadora Neumática		1			1
Vibrocompactadora	4	7	7	11	29
Total	76	71	73	105	325

Fuente: COERCO

ECONS-3
EMCOSE
ENIC
EICMEP

: Empresa Constructora Tres

: Empresa Constructora Las Segovias

: Empresa Nicaragüense de Construcciones

: Empresa Integral de Construcciones

Tabla 7-1-4 Plantilla de cada empresa de COERCO (2016)

EMPRESA:EMPRESA NICARAGUENSE DE OCNSTRUCCION (ENIC)

Trabajadores Permanentes			Trabajadores Temporaies			Total Admitivo, talleres y Proyectos.		Total General de trabaj. Administrativo, talleres y de proyectos
Admitivo.	Talleres y Equipos	Proyecto	Admitivo.	Talleres y Equipos	Proyecto	Perm.	Temp.	
29	87	123	9	39	148	239	196	435

EMPRESA:EMPRESA INTEGRAL DE LA CONSTRUCCION"MANUEL ESCOBAR PEREIRA" (EICMEP)

Trabajadores Permanentes			Trabajadores Temporaies			Total Admitivo, talleres y Proyectos.		Total General de trabaj. Administrativo, talleres y de proyectos
Admitivo.	Talleres y Equipos	Proyecto	Admitivo.	Talleres y Equipos	Proyecto	Perm.	Temp.	
28	38	225	13	12	102	291	127	418

EMPRESA:EMPRESA CONSTRUCTURA TRES (ECONS-3)

Trabajadores Permanentes			Trabajadores Temporaies			Total Admitivo, talleres y Proyectos.		Total General de trabaj. Administrativo, talleres y de proyectos
Admitivo.	Talleres y Equipos	Proyecto	Admitivo.	Talleres y Equipos	Proyecto	Perm.	Temp.	
48	58	62	6	34	165	168	205	373

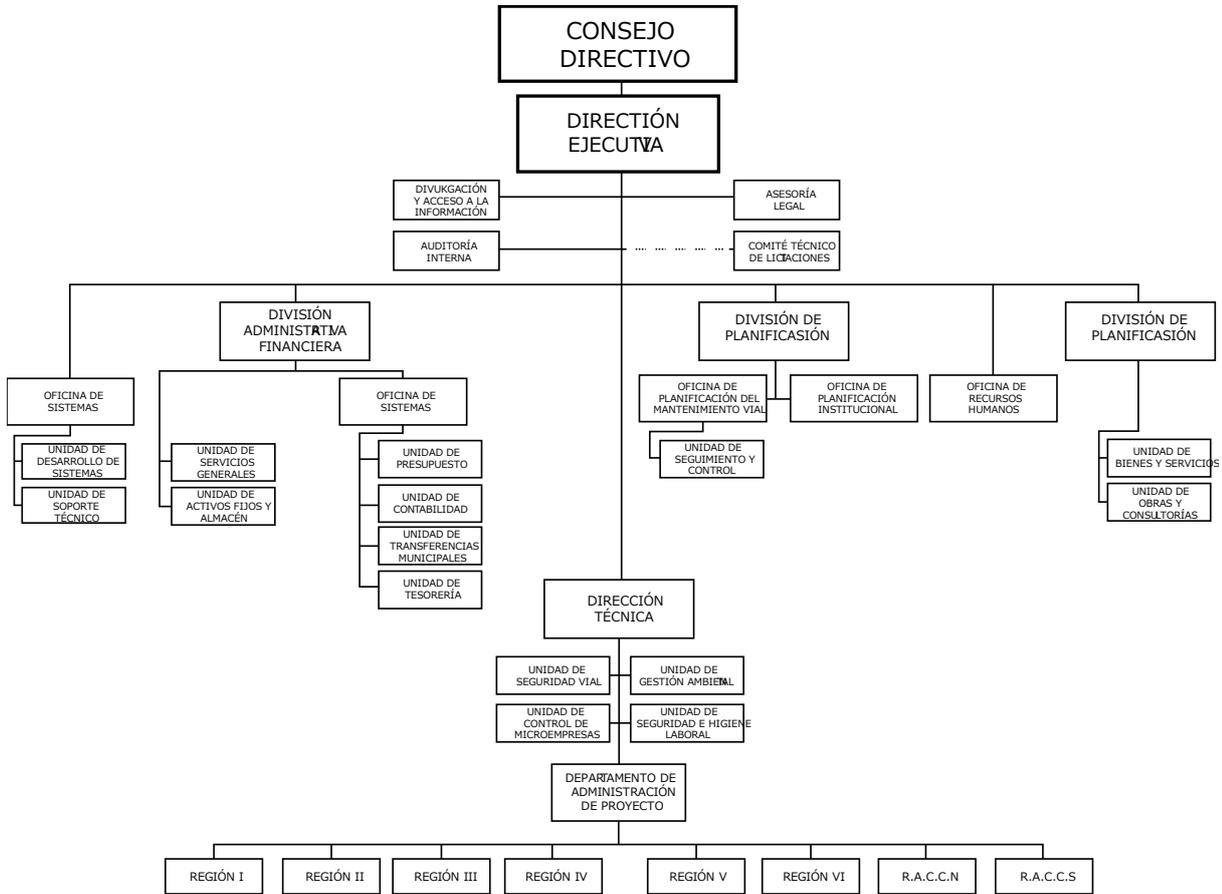
EMPRESA:EMPRESA CONSTRUCTORA LAS SEGOVIAS (EMCOSE)

Trabajadores Permanentes			Trabajadores Temporaies			Total Admitivo, talleres y Proyectos.		Total General de trabaj. Administrativo, talleres y de proyectos
Admitivo.	Talleres y Equipos	Proyecto	Admitivo.	Talleres y Equipos	Proyecto	Perm.	Temp.	
29	14	26	35	19	405	69	459	528

Fuente COERCO

(2) FOMAV

Se muestran abajo el organigrama y presupuesto del FOMAV.



Fuente : FOMAV

Figura 6-1-4 Organigrama del FOMAV

Tabla 6-1-5 Evolución del presupuesto anual del FOMAV

INGRESOS FINANCIEROS				
Año	Tributo Fomav (Operativos y Proyectos)	Interes T-FOMAV, Revalorizaciones Fondos T-FOMAV, y Otros Ingresos	Ingresos Fondos Externos	Total
2011	806,618,114.56	13,629,994.74	64,876,196.43	885,124,305.73
2012	842,320,831.92	8,786,535.38	105,924,891.67	957,032,258.97
2013	980,811,231.82	9,918,304.88	137,639,824.88	1,128,369,361.58
2014	1,028,358,584.86	14,133,393.10	221,288,236.98	1,263,780,214.94
2015	1,207,716,184.12	24,157,563.59	170,359,337.51	1,402,233,085.22
TOTAL	4,865,824,947.28	70,625,791.69	700,088,487.47	5,636,539,226.44

Fuente : FOMAV

6-2 Plan de operación y mantenimiento en el presente Proyecto

6-2-1 Vista general de mantenimiento

Una vez inaugurado el puente, es indispensable realizar un mantenimiento adecuado para mantenerlo en buenas condiciones y lograr un tráfico fluido. Generalmente, el mantenimiento del puente consta de 4 elementos: registrar datos iniciales de los diseños y otros planos, registrar datos de investigación, determinar el orden prioritario de reparaciones, y registrar datos de otras actividades.

En la Figura 6-2-1 se muestran los procedimientos del sistema de operación y mantenimiento. Este sistema incluye reparaciones, inspección diaria, inspección periódica y actividades de control.

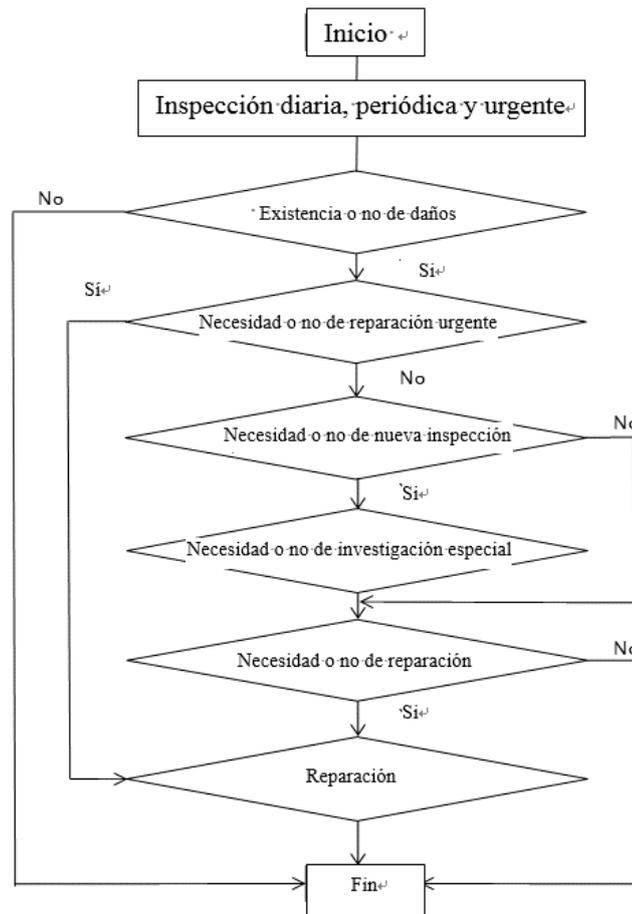


Figura 6-2-1 Procedimientos del sistema de operación y mantenimiento

6-2-2 Inspección

(1) Objetos de inspección

- Identificar partes dañadas del puente.
- Juzgar el grado de deterioro del puente.
- Determinar el orden prioritario de reparaciones

(2) Manera de inspección

A continuación se muestran diferentes tipos de inspección necesarios para la operación adecuada.

Tabla 6-2-1 Tipos de inspección

Inspección diaria	Medio día, aprox.	Superficie	Confirmar la seguridad.	Inspección visual desde el vehículo
Inspección periódica	Cada 5 años	Estructura en general	Confirmar el grado de deterioro y seguridad.	Inspección visual y medición de grietas utilizando reglas, cintas y otros instrumentos.
Inspección extraordinaria	Cuando se producen terremoto, tifón, lluvia torrencial u otros accidentes importantes, o cuando se detectan alguna anomalía inesperada.	Partes supuestamente dañadas	<ul style="list-style-type: none"> •Conocer el estado de la estructura. •Verificar las medidas de solución. •Monitorear el proceso de deterioro. • Determinar las causas de deterioro. 	Inspección visual y medición de grietas utilizando reglas, cintas y otros instrumentos.

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

1) Inspección diaria

Se realiza la inspección diaria para confirmar si hay garantía de seguridad vial de tránsito vehicular y que no haya evolución anormal de deterioros y daños. Esta inspección se hace visualmente desde el vehículo que pasa por un arcén o carril más exterior. Por lo tanto, la inspección se limita a los aspectos visibles desde el vehículo, que son los siguientes:

Estado de pavimento de la superficie del puente, desbordamiento del sistema de drenaje, anomalía en las instalaciones complementarias (vallas de seguridad, juntas flexibles, etc.)

2) Inspección periódica

Se realiza la inspección periódica para conocer detalladamente las condiciones del puente imposibles de confirmar mediante la inspección diaria. Esta inspección se hace visualmente a poca distancia, o utilizando algunos instrumentos. Se comparan los datos actuales de inspección con los datos anteriores, para conocer la evolución del deterioro cognitivo y determinar el orden prioritario de reparaciones.

3) Inspección extraordinaria (sólo en caso de emergencia)

Se realiza la inspección extraordinaria en caso de haber posibilidad de daños graves en la estructura, como consecuencia de accidentes, desastres naturales, etc. Se averiguan los aspectos imposibles de confirmar mediante una inspección normal, por haber posibilidad de conllevar problemas serios que impiden el funcionamiento normal del puente. Es deseable hacer esta inspección visualmente a poca distancia.

6-2-3 Mantenimiento

(1) Objeto de mantenimiento

Se realiza el mantenimiento para seguir contando con buenas condiciones del puente y garantizar la seguridad del tráfico.

(2) Contenido de mantenimiento

Una vez inaugurado el puente objeto del Proyecto, es importante elaborar y poner en práctica el plan de mantenimiento futuro en base de los resultados de análisis de los datos obtenidos mediante la inspección diaria y periódica.

Como posibles daños, se suponen los siguientes:

- Desuniformidad longitudinal, ahuellamientos, grietas, baches, etc. en el pavimento de la superficie del puente (Frecuencia referencial de reparación: Se realiza como parte integral de mantenimiento vial cada 10 años.)
- Grietas de concreto en la losas, estribos y pilares del puente
- Corrosión de vigas de acero de resistencia a la intemperie
- Deterioro de vallas de protección de vehículos por choques
- Deterioro y fuga de agua de juntas flexibles (Frecuencia referencial de cambio: cada 40 años)
- Deterioro de zapatas

6-2-4 Costo de operación y mantenimiento

A continuación se muestra el costo de mantenimiento que se producirá en el futuro. El cálculo se base en la vida útil de 100 años.

El costo medio anual del monto total del presupuesto necesario para el mantenimiento durante los 30 años desde el momento de construcción es de 40,000 USD. Dicho costo corresponde a un 0.1% del costo de mantenimiento del MTI en 2015, por lo que se considera que el MTI puede cubrirlo suficientemente.

Tabla 6-2-2 Costo de operación y mantenimiento

Ítems de mantenimiento	Intervalo	Gastos (USD)
Inspección		
Inspección diaria	2 días	Realizada por el MTI
Inspección periódica	5 años	200,000
Inspección extraordinaria	-----	-----
Gastos de reparación y sustitución		
Cambio de juntas flexibles	40 años	326,700

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Capítulo 7 Costo Estimado del Proyecto

7-1 Condiciones del cálculo

No Público

7-2 Resultados del cálculo

Los resultados de cálculo son las siguientes.

Tabla 7-2-1 Resultados del cálculo

No Público

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

No Público

Capítulo 8 Plan de Ejecución del Proyecto

8-1 Institución ejecutora del Proyecto

El Proyecto será ejecutado por MTI, indicado en 6-1 Sistema de ejecución del Proyecto.

8-2 Programa de ejecución del Proyecto

El programa de ejecución del Proyecto es el siguiente. Cabe señalar que el traslado de instalaciones se realizará al mismo tiempo que el reasentamiento de los residentes a lo largo de las carreteras existente, una vez finalizada la construcción de los puentes.

8-3 Segmentación del Proyecto

Los 4 puentes (Mulukukú, Lisawe, Labú y Prinzapolka) del presente proyecto son de un mismo tipo. Por tanto, son mismos los métodos de construcción y los equipos a utilizar y es posible compartir los técnicos y equipos de instalación. Con el fin de ejecutar el Proyecto de manera eficaz y económica, se propone la ejecución de los 4 puentes y sus obras complementarias, dentro de un mismo paquete.

Tabla 8-3-1 Programa de ejecución del Proyecto

No Público

Capítulo 9 Evaluación del Proyecto

9-1 Métodos de evaluación

La evaluación del Proyecto, aunque es difícil hacerla de forma cuantitativa comprensible mediante los efectos cuantitativos y una cuantificación, se hará clasificando los efectos cualitativos esperados. Los efectos cuantitativos se evaluarán tomando como indicadores el valor neto presente (NPV), el costo-beneficio (B/C) y la tasa interna económica (EIRR). Los beneficios indirectos a obtener con la ejecución del Proyecto se evalúan como efectos cualitativos. Además, se establecen indicadores de efectos operacionales para monitorear y evaluar el Proyecto con el uso de indicadores constantes desde antes del Proyecto hasta después del mismo.

El presente Proyecto no es uno de aquellos proyectos de los que se espera un ingreso por la recaudación de peaje. Por consiguiente, en este informe no se da un análisis financiero en el sentido de determinar el posible nivel del rendimiento de la inversión.

9-2 Análisis económico

9-2-1 Lineamiento básico (básico)

El análisis económico del Proyecto se hará comparando dos casos: “con Proyecto” y “sin Proyecto”. El caso “con Proyecto” significa la reconstrucción de los 4 puentes, mientras que el caso “sin Proyecto” se refiere a no reconstruir dichos puentes, razón por la cual se derrumbará el puente Mulukukú después de 10 años en 2026 y otros 3 puentes posteriormente cada 5 años en forma sucesiva.

9-2-2 Condiciones previas

Las condiciones previas para el análisis económico son las siguientes.

- Programa de ejecución: Periodo de construcción de 2018 a 2020 y la puesta en servicio en 2021
- Periodo de la evaluación: 25 años desde la puesta en servicio (El período normal de evaluación es de 20 a 25 años, sin embargo, la vida útil de nuevos puentes es larga (100 años), por lo que se ha establecido en 25 años.)
- Tasa de descuento : 12% (Es la misma condición que la de análisis económico del proyecto de mejoramiento vial de la carretera NIC-21B, siendo la tasa que se utiliza normalmente en los proyectos de infraestructuras.)
- Inflación: no considerar (La inflación afecta al beneficio y al costo en forma equitativa, por lo que se excluye.)
- IVA y derechos aduaneros de importación: excluir

9-2-3 Costo económico (costo de construcción, administración y mantenimiento)

El costo de construcción del Proyecto se presenta en el Capítulo 7, 7-2 Resultados del cálculo. Como costo de operación y mantenimiento se han considerados los siguientes gastos.

- Puentes: Inspección cada 5 años → asignar 200 mil USD

9-2-4 Beneficio económico

9-2-4-1 Tipo de beneficio

Los beneficios económicos cuantificables y esperados con la ejecución del Proyecto son los siguientes.

- Beneficio de ahorro del costo de recorrido
- Beneficio de reducción del tiempo de viaje

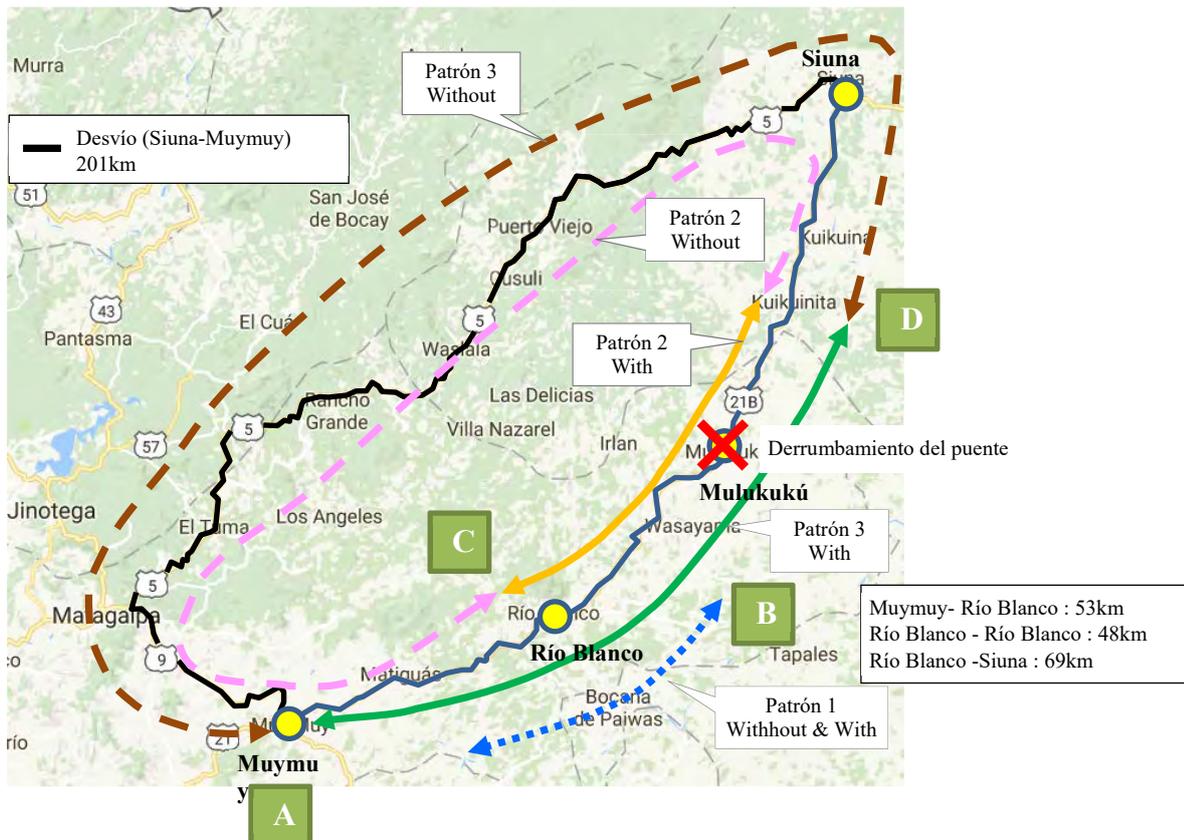
- Beneficio de reducción de pérdidas económicas de productos agrícolas en el momento de corte de tráfico en puentes

9-2-4-2 Manera de pensar del beneficio y pérdida cuando se derrumben los puentes

Cuando se derrumbe alguno de los puentes dentro del tramo objeto del presente Proyecto (por ejemplo, caso de derrumbamiento del puente Mulukukú), los vehículos transitarán por el desvío abajo indicado (caso “sin Proyecto”). En el caso “con Proyecto”, no se utilizará este desvío, sino que los vehículos pasarán por la NIC-21B. Se puede pensar en 3 patrones de flujo de tráfico desde el punto de partida hasta el punto de destino. En cuanto a la distribución de tráfico, se ha estimado en un 50% de la totalidad del tramo en cuestión para el patrón 1 entre los puentes Río Blanco-Mulukukú, donde se producirá más (se concentrará) el tráfico por la alta frecuencia de uso, y para los patrones 2 y 3 en un 25%, respectivamente.

- Caso 1: traslado entre A y B (caída del Puente Mulukukú no afecta)
- Caso 2: traslado entre C y D (con el Proyecto, puede pasar por el Puente Mulukukú, sin el Proyecto, hay que pasar el desvío por caída del Puente Mulukukú)
- Caso 3: traslado entre A y D (con el Proyecto, puede pasar por el Puente Mulukukú, sin el Proyecto, hay que pasar el desvío por caída del Puente Mulukukú)

Muestra el desvío en los 3 casos sin el Proyecto en el siguiente:



Fuente: Datos de la google map, procesados por la Equipo de Estudio de JICA

Figura 9-2-1 Tramos de cada patrón (Puente Mulukuku)

Tabla 9-2-1 Tramo y distancia de cada patrón (Puente Mulukukú)

Patrón	Tramo	Distancia
Sin Proyecto		
Patrón 1	Entre el Río Blanco y Mulukukú ⇔ Dentro del área o Muymuy	$(48 + 53) / 2 = 50.5\text{km}$
Patrón 2	Mulukukú- Siuna ⇔ Desvío ⇔ Mulukukú-Muymuy	$69/2 + 201 + (48 + 53) / 2 = 286\text{km}$
Patrón 3	Mulukukú- Siuna ⇔ Desvío ⇔ Muymuy	$69/2 + 201 = 235.5\text{km}$
Con Proyecto		
Patrón 1	Entre el Río Blanco y Mulukukú ⇔ Dentro del área o Muymuy	$(48 + 53) / 2 = 50.5\text{km}$
Patrón 2	Mulukukú- Siuna ⇔ Puente ⇔ Mulukukú-Muymuy	$69/2 + (48 + 53) / 2 = 85.0\text{km}$
Patrón 3	Mulukukú- Siuna ⇔ Puente ⇔ Muymuy	$69/2 + 48 + 53 = 135.5\text{km}$

* “Entre un puente y otro” significa que el tráfico se produce (se concentra) en cualquier punto entre los 2 puentes.

** Ya que se desconoce en qué punto del tramo se produce (se concentra) el tráfico, se ha adoptado la distancia intermedia como valor medio.

Se han establecido las velocidades medias abajo indicadas con la condición de que el desvío no está pavimentado y otras vías excepto el desvío se encuentren pavimentadas.

Figura 9-2-2 Velocidad media en el desvío y otras vías

Velocidad media (km/h)	Turismo	Vehículo grande
Desvío	25.0	20.0
Otras vías	70.0	55.0

Ya que el patrón 1 no se verá afectado por el derrumbamiento del puente, se calcula abajo la diferencia de tiempo de recorrido en los patrones 2 y 3.

Figura 9-2-3 Tiempo de recorrido en los patrones 2 y 3 (Puente Mulukukú)

Tiempo de recorrido	Tramo	Turismo	Vehículo grande
Patrón 2			
Sin Proyecto	(1) Mulukukú- Siuna ⇔ Desvío (2) Desvío (3) Desvío ⇔ Mulukukú-Muymuy	34.5km/70km/h=0.5 horas 201km/25km/h=8.0 horas 50.5km/70km/h=0.7 horas Subtotal 9.2 horas	34.5km/55km/h=0.6 horas 201km/20km/h=10.1 horas 50.5km/55km/h=0.9 horas Subtotal 11.6 horas
Con Proyecto	(4) Mulukukú- Siuna ⇔ Puente (5) Puente ⇔ Mulukukú-Muymuy	34.5km/70km/h=0.5 horas 50.5km/70km/h=0.7 horas Subtotal 1.2 horas	34.5km/55km/h=0.6 horas 50.5km/55km/h=0.9 horas Subtotal 1.5 horas
Diferencia de tiempo de recorrido en el patrón		8 horas	10.1 horas
Patrón 3			
Sin Proyecto	(6) Mulukukú- Siuna ⇔ Desvío (7) Desvío	34.5km/70km/h=0.5 horas 201km/25km/h=8.0 horas Subtotal 8.5 horas	34.5km/55km/h=0.6 horas 201km/20km/h=10.1 horas Subtotal 10.7 horas
Con Proyecto	(8) Mulukukú- Siuna ⇔ Puente (9) Puente ⇔ Muymuy	34.5km/70km/h=0.5 horas 101km/70km/h=1.4 horas Subtotal 1.9 horas	34.5km/55km/h=0.6 horas 101km/55km/h=1.8 horas Subtotal 2.4 horas
Diferencia de tiempo de recorrido en el patrón		6.6 horas	8.3 horas

Igualmente, se han calculado la distancia y tiempo de recorrido respecto a otros 3 puentes, cuyo resumen se muestra en la tabla de abajo.

Figura 9-2-4 Distancia y tiempo de recorrido en casos “con Proyecto” y “sin Proyecto” en cada puente (según cada patrón)

Puente	Patrón	Caso	Tiempo de recorrido (km)		Tiempo de distancia (h)		
			Desvío	NIC-21B	Tipo	Desvío	NIC-21B
Puente Mulukukú	Patrón 2	Without	201	34.5+50.5	Turismo	8.04	1.21
					Vehículo grande	10.05	1.55
		With	0	34.5+50.5	Turismo	0	1.21
					Vehículo grande	0	1.55
	Patrón 3	Without	201	34.5	Turismo	8.04	0.49
					Vehículo grande	10.05	0.63
		With	0	34.5+101	Turismo	0	1.93
					Vehículo grande	0	2.43
Puente Lisawe	Patrón 2	Without	201	28+57	Turismo	8.04	1.21
					Vehículo grande	10.05	1.55
		With	0	28+57	Turismo	0	1.21
					Vehículo grande	0	1.55
	Patrón 3	Without	201	28	Turismo	8.04	0.40
					Vehículo grande	10.05	0.51
		With	0	28+114	Turismo	0	2.03
					Vehículo grande	0	2.58
Puente Labú	Patrón 2	Without	201	11.5+73.5	Turismo	8.04	1.21
					Vehículo grande	10.05	1.55
		With	0	11.5+73.5	Turismo	0	1.21
					Vehículo grande	0	1.55
	Patrón 3	Without	201	11.5	Turismo	8.04	0.16
					Vehículo grande	10.05	0.21
		With	0	11.5+201	Turismo	0	2.26
					Vehículo grande	0	2.88
Puente Prinzapolka	Patrón 2	Without	201	8+77	Turismo	8.04	1.21
					Vehículo grande	10.05	1.55
		With	0	8+77	Turismo	0	1.21
					Vehículo grande	0	1.55
	Patrón 3	Without	201	8	Turismo	8.04	0.11
					Vehículo grande	10.05	0.15
		With	0	8+154	Turismo	0	2.31
					Vehículo grande	0	2.95

La distancia y tiempo de recorrido arriba indicados son datos necesarios para calcular el beneficio de ahorro de gastos de recorrido y el beneficio de reducción del tiempo de viaje, respectivamente. Por otra parte, ambos beneficios arriba citados corresponden a lo que se producirán desde el derrumbamiento del puente hasta la reconstrucción del mismo. El período de reconstrucción del puente Mulukukú será de 6.5 meses, y se estima en 5 meses para reconstruir otros puentes.

9-2-4-3 Beneficio de ahorro del costo de recorrido

En el Proyecto de mejoramiento de la carretera nacional 21B, la unidad básica del costo de recorrido se calcula según el modelo de Highway Development and Management (HDM-4 Model) ^{*1}.

Como unidad básica del costo de recorrido según el tipo de vehículo en este Estudio han sido determinados los valores de 2016, tomando como referencia los datos de HDM-4 Model ^{*2} utilizado en el Estudio del Proyecto de mejoramiento de la carretera nacional 21B sobre el tramo objeto del presente Proyecto y teniendo en cuenta una tasa de inflación del 5.9% (misma que las condiciones del cálculo).

*1 : HDM-4 Model es un Sistema de desarrollo y administración vial principalmente para evaluar las opciones de inversión vial y es aplicable a la elaboración de planes de mantenimiento y construcción vial, evaluación de condiciones de préstamo, análisis de asignación presupuestaria, pronóstico de la cualidad de la red vial, evaluación de proyectos y análisis de efectos de políticas.

*2 : HDM-4 Model es recomendado por instituciones crediticias internacionales y tiene casos de aplicación en Nicaragua, por lo que la unidad básica del costo de recorrido en el presente Estudio se

calcula según HDM-4 Model.

Basic Input Data

Country/Region	REPUBLICA DE NICARAGUA
Year	2016

Terrain Types

Code	Description	Rise & Fall (m/km)	Horizontal Curvature (deg/km)	Number of Rises & Falls (#)	Super_elevation (%)
A	Flat	10	50	1	2
B	Rolling	20	150	2	3
C	Mountainous	40	300	4	5

Road Types

Code	Description	Surface Type 1-Bituminous 2-Concrete 3-Unsealed	Carriageway Width (m)	Speed Limit (km/hour)	Speed Limit Enforcement (#)	Roadside Friction (#)	NMT Friction (#)
X	Paved	1	6.0	80.0	1.1	1.0	1.0
Y	Gravel	3	5.0	60.0	1.1	1.0	1.0
Z	Earth	3	5.0	50.0	1.1	1.0	1.0

Vehicle Types

Code	Description	Number of Wheels	Number of Axles
1	Car Small	4	2
2	Four-Wheel Drive	4	2
3	Delivery Vehicle	4	2
4	Motorcycle	2	2
5	Bus Medium	6	2
6	Truck Light	4	2
7	Truck Medium	6	2
8	Truck Heavy	10	3
9	Truck Articulated	18	5

Vehicle Fleet Characteristics

	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Car Small	Four-Wheel Drive	Delivery Vehicle	Motorcycle	Bus Medium	Truck Light	Truck Medium	Truck Heavy	Truck Articulated
Economic Unit Costs									
New Vehicle Cost (\$/vehicle)	13904.35	25703.49	17435.62	628.81	63859.37	31161.34	44399.43	46756.23	79522.85
Fuel Cost (\$/liter for MT, \$/MJ for NMT)	0.59	0.54	0.54	1.01	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Lubricant Cost (\$/liter)	4.51	4.51	4.51	3.92	4.46	4.46	4.46	4.46	4.46
New Tire Cost (\$/tire)	104.51	208.44	176.07	20.40	423.01	205.68	423.01	455.75	467.58
Maintenance Labor Cost (\$/hour)	2.73	2.73	2.73	0.79	4.82	4.82	4.82	4.82	4.82
Crew Cost (\$/hour)	0.40	0.45	0.89	0.00	3.53	1.73	2.55	2.81	5.06
Interest Rate (%)	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
Utilization and Loading									
Kilometers Driven per Year (km)	30000	32000	32000	18000	80000	30000	30000	30000	38000
Hours Driven per Year (hr)	500	533	800	500	2000	750	750	750	950
Service Life (years)	15	15	15	10	20	20	25	20	25
Percent of Time for Private Use (%)	75.00	50.00	50.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gross Vehicle Weight (tons)	1.20	1.80	1.50	1.20	12.65	4.96	12.34	18.18	31.11

Fuente: Proyecto de mejoramiento de la carretera nacional 21B (Banco Mundial, CABEL, etc.)

Figura 9-2-5 Datos básicos para la unidad básica del costo de recorrido

Se presentan abajo los resultados del cálculo realizado según el modelo HDM-4 (con el proyecto vial).

Tabla 9-2-2 Resultados del cálculo realizado según el modelo HDM-4

Code (label)	Name (label)	Four-Wheel Drive		Delivery Vehicle	Motorcycle	Bus		Truck Medium	Truck Heavy	Truck Articulated	Average Vehicle Fleet
		Car Small (\$/veh-km)	(\$/veh-km)	(\$/veh-km)	(\$/veh-km)	Medium (\$/veh-km)	Truck Light (\$/veh-km)	(\$/veh-km)	(\$/veh-km)	(\$/veh-km)	(\$/veh-km)
BX-02	Terrain B / Type X - Roughness 02	0.14	0.20	0.16	0.06	0.40	0.29	0.44	0.59	0.90	0.30
BX-03	Terrain B / Type X - Roughness 03	0.15	0.20	0.16	0.06	0.41	0.29	0.44	0.60	0.91	0.30
BX-04	Terrain B / Type X - Roughness 04	0.15	0.21	0.17	0.06	0.43	0.31	0.46	0.62	0.94	0.31
BX-05	Terrain B / Type X - Roughness 05	0.15	0.21	0.18	0.06	0.46	0.32	0.48	0.64	0.98	0.32
BX-06	Terrain B / Type X - Roughness 06	0.16	0.22	0.18	0.06	0.49	0.34	0.50	0.66	1.02	0.34
BX-07	Terrain B / Type X - Roughness 07	0.17	0.24	0.19	0.06	0.51	0.35	0.52	0.68	1.05	0.35
BX-08	Terrain B / Type X - Roughness 08	0.17	0.25	0.20	0.06	0.53	0.37	0.54	0.70	1.09	0.36
BX-09	Terrain B / Type X - Roughness 09	0.18	0.26	0.20	0.06	0.56	0.38	0.56	0.72	1.13	0.38
BX-10	Terrain B / Type X - Roughness 10	0.19	0.27	0.21	0.06	0.58	0.40	0.58	0.74	1.17	0.39
BX-11	Terrain B / Type X - Roughness 11	0.19	0.28	0.22	0.06	0.61	0.42	0.60	0.77	1.22	0.41
BX-12	Terrain B / Type X - Roughness 12	0.20	0.30	0.23	0.06	0.63	0.43	0.63	0.80	1.27	0.43
BX-13	Terrain B / Type X - Roughness 13	0.21	0.31	0.24	0.06	0.66	0.45	0.65	0.83	1.33	0.44
BX-14	Terrain B / Type X - Roughness 14	0.22	0.33	0.25	0.06	0.69	0.47	0.68	0.87	1.38	0.46
BX-15	Terrain B / Type X - Roughness 15	0.23	0.34	0.26	0.06	0.71	0.49	0.70	0.90	1.44	0.48
BX-16	Terrain B / Type X - Roughness 16	0.24	0.36	0.27	0.06	0.74	0.51	0.73	0.94	1.50	0.50
BX-17	Terrain B / Type X - Roughness 17	0.25	0.37	0.28	0.06	0.77	0.53	0.76	0.97	1.55	0.52
BX-18	Terrain B / Type X - Roughness 18	0.26	0.39	0.29	0.06	0.80	0.55	0.78	1.01	1.61	0.54
BX-19	Terrain B / Type X - Roughness 19	0.26	0.40	0.30	0.06	0.83	0.56	0.81	1.04	1.67	0.56
BX-20	Terrain B / Type X - Roughness 20	0.27	0.41	0.31	0.06	0.86	0.58	0.84	1.07	1.72	0.57
BX-21	Terrain B / Type X - Roughness 21	0.28	0.43	0.32	0.06	0.89	0.60	0.86	1.11	1.78	0.59
BX-22	Terrain B / Type X - Roughness 22	0.29	0.44	0.33	0.07	0.91	0.62	0.89	1.14	1.84	0.61
BX-23	Terrain B / Type X - Roughness 23	0.30	0.45	0.34	0.07	0.94	0.64	0.92	1.18	1.89	0.63
BX-24	Terrain B / Type X - Roughness 24	0.31	0.47	0.35	0.07	0.97	0.66	0.94	1.21	1.95	0.65
BX-25	Terrain B / Type X - Roughness 25	0.31	0.48	0.36	0.07	1.00	0.67	0.97	1.24	2.00	0.66
BY-02	Terrain B / Type Y - Roughness 02	0.15	0.20	0.16	0.05	0.41	0.29	0.45	0.59	0.91	0.30
BY-03	Terrain B / Type Y - Roughness 03	0.15	0.20	0.17	0.05	0.42	0.30	0.45	0.60	0.93	0.30
BY-04	Terrain B / Type Y - Roughness 04	0.15	0.21	0.17	0.06	0.45	0.31	0.48	0.63	0.97	0.32
BY-05	Terrain B / Type Y - Roughness 05	0.16	0.22	0.18	0.06	0.48	0.33	0.50	0.66	1.02	0.33
BY-06	Terrain B / Type Y - Roughness 06	0.17	0.23	0.19	0.06	0.51	0.35	0.53	0.69	1.07	0.35
BY-07	Terrain B / Type Y - Roughness 07	0.18	0.25	0.20	0.06	0.54	0.37	0.55	0.71	1.12	0.37
BY-08	Terrain B / Type Y - Roughness 08	0.18	0.26	0.21	0.07	0.57	0.39	0.57	0.74	1.16	0.38
BY-09	Terrain B / Type Y - Roughness 09	0.19	0.27	0.22	0.07	0.60	0.40	0.60	0.77	1.21	0.40
BY-10	Terrain B / Type Y - Roughness 10	0.20	0.29	0.23	0.07	0.62	0.42	0.62	0.80	1.27	0.42
BY-11	Terrain B / Type Y - Roughness 11	0.21	0.30	0.23	0.07	0.65	0.44	0.65	0.83	1.32	0.44
BY-12	Terrain B / Type Y - Roughness 12	0.22	0.31	0.24	0.08	0.68	0.46	0.68	0.87	1.39	0.46
BY-13	Terrain B / Type Y - Roughness 13	0.23	0.33	0.25	0.08	0.71	0.48	0.70	0.91	1.45	0.48
BY-14	Terrain B / Type Y - Roughness 14	0.24	0.34	0.27	0.08	0.75	0.50	0.73	0.94	1.52	0.50
BY-15	Terrain B / Type Y - Roughness 15	0.25	0.36	0.28	0.08	0.78	0.52	0.76	0.98	1.58	0.52
BY-16	Terrain B / Type Y - Roughness 16	0.25	0.38	0.29	0.08	0.81	0.54	0.79	1.02	1.65	0.54
BY-17	Terrain B / Type Y - Roughness 17	0.26	0.39	0.30	0.09	0.84	0.56	0.82	1.07	1.72	0.56
BY-18	Terrain B / Type Y - Roughness 18	0.27	0.41	0.31	0.09	0.87	0.58	0.85	1.11	1.79	0.58
BY-19	Terrain B / Type Y - Roughness 19	0.28	0.42	0.32	0.09	0.91	0.60	0.88	1.15	1.85	0.60
BY-20	Terrain B / Type Y - Roughness 20	0.29	0.44	0.33	0.09	0.94	0.63	0.91	1.19	1.92	0.62
BY-21	Terrain B / Type Y - Roughness 21	0.30	0.45	0.34	0.10	0.97	0.65	0.94	1.23	1.99	0.65
BY-22	Terrain B / Type Y - Roughness 22	0.31	0.47	0.35	0.10	1.01	0.67	0.98	1.27	2.06	0.67
BY-23	Terrain B / Type Y - Roughness 23	0.32	0.48	0.36	0.10	1.04	0.69	1.01	1.31	2.13	0.69
BY-24	Terrain B / Type Y - Roughness 24	0.33	0.50	0.37	0.11	1.07	0.71	1.04	1.35	2.20	0.71
BY-25	Terrain B / Type Y - Roughness 25	0.34	0.51	0.38	0.11	1.11	0.73	1.07	1.39	2.26	0.73
BZ-02	Terrain B / Type Z - Roughness 02	0.15	0.21	0.17	0.05	0.42	0.30	0.46	0.60	0.92	0.31
BZ-03	Terrain B / Type Z - Roughness 03	0.15	0.21	0.17	0.05	0.43	0.31	0.46	0.61	0.94	0.31
BZ-04	Terrain B / Type Z - Roughness 04	0.16	0.22	0.18	0.05	0.46	0.32	0.49	0.63	0.99	0.33

*Los resultados de arriba indican que como unidades básicas del costo de recorrido han sido adoptados BX-08 para el “caso con Proyecto” y el código BY-24 para el “caso sin Proyecto”, según sus respectivas velocidades, topografía vial, estado de pavimentación, etc.

“Caso con Proyecto” : Suponiendo 70km/h y zona de colinas con pavimentación: BX-08 Terreno B(Rolling)/Tipo X(pavimentado)-Rugosidad 8

“Caso sin Proyecto” : Suponiendo 25km/h aprox. y zona de colinas con caminos de grava: BY-24 Terreno B(Rolling)/Tipo Y(Grava)-Rugosidad 24

Code (label)	Name (label)	Car Small (km/hr)	Bus Medium (km/hr)	Truck Heavy (km/hr)
BX-08	Terrain B / Type X - Roughness 08	71.41	57.81	66.58
BY-25	Terrain B / Type Y - Roughness 25	24.96	24.11	22.14

速度

Terrain B / Type Z - Roughness 02	53.82
Terrain B / Type Z - Roughness 03	53.81
Terrain B / Type Z - Roughness 04	53.79
Terrain B / Type Z - Roughness 05	53.76
Terrain B / Type Z - Roughness 06	53.67
Terrain B / Type Z - Roughness 07	53.48
Terrain B / Type Z - Roughness 08	53.08
Terrain B / Type Z - Roughness 09	52.36
Terrain B / Type Z - Roughness 10	51.21
Terrain B / Type Z - Roughness 11	49.57
Terrain B / Type Z - Roughness 12	47.54
Terrain B / Type Z - Roughness 13	45.25
Terrain B / Type Z - Roughness 14	42.87
Terrain B / Type Z - Roughness 15	40.54
Terrain B / Type Z - Roughness 16	38.33
Terrain B / Type Z - Roughness 17	36.28
Terrain B / Type Z - Roughness 18	34.39
Terrain B / Type Z - Roughness 19	32.66
Terrain B / Type Z - Roughness 20	31.07
Terrain B / Type Z - Roughness 21	29.63
Terrain B / Type Z - Roughness 22	28.30
Terrain B / Type Z - Roughness 23	27.09
Terrain B / Type Z - Roughness 24	25.97
Terrain B / Type Z - Roughness 25	24.94

El código** se presenta por orden de topografía vial – estado de pavimentación – índice de rugosidad internacional. Ejemplo: en caso de Terreno B—Tipo X—Rugosidad 8, se expresa como BX-8. Las condiciones correspondientes se dan en la Fig. 10-2-1.

*** El índice de rugosidad internacional es un índice utilizado en el mundo para el caso de incorporar la confortabilidad vial en la calidad del uso de la pavimentación,

El índice de rugosidad internacional está numerado por orden de velocidad dentro de cada grupo que tenga las mismas condiciones topográficas y de pavimentación.

Ejemplo: El grupo BZ, con 53.83 km/h da el índice de rugosidad internacional 2, y con 24.94 km/h, 25.

Fuente: Recalculado para obtener valores de 2016, a partir de los datos del Proyecto de mejoramiento de la carretera nacional 21B

La unidad básica del costo de recorrido se presenta a continuación.

Tabla 9-2-3 Unidad básica del costo de recorrido

Unidad básica del costo de recorrido (US\$/veh-km)	Motos	Autos	Bus	Camion de carga	Camion carga pasada
con Proyecto	0.11	0.33	1.07	1.04	1.35
sin Proyecto	0.06	0.17	0.53	0.54	0.70

Fuente: Recalculado para obtener valores de 2016, a partir de los datos del Proyecto de mejoramiento de la carretera nacional 21B

9-2-4-4 Beneficio de reducción del tiempo de viaje

Un beneficio de reducción del tiempo de viaje se refiere a los valores económicos convertidos de la reducción del tiempo de un mismo viaje de pasajeros con la ejecución del Proyecto, en comparación con el caso “sin Proyecto”. El beneficio de reducción del tiempo de viaje se calcula multiplicando el tiempo reducido por el valor del tiempo. Como valor del tiempo han sido adoptados los datos calculados en el estudio del proyecto vial, al igual que la unidad básica del costo de recorrido según el tipo de vehículo. Los valores unitarios del tiempo se han calculado según el ingreso medio mensual y las horas laborales de 2014 en Nicaragua, indicados abajo. El presente Estudio ha adoptado los valores de 2016, teniendo en cuenta una tasa de inflación del 5.9% (misma que las condiciones de cálculo).

Tabla 9-2-4 Costo en tiempo

Ingreso medio mensual	C\$9136.82
Horas laborales	192 horas
Sueldo por hora en córdoba	C\$47.59
Tasa de cambio	1US\$ = C\$28.7
Costo en tiempo	US\$1.66

Fuente: Calculado para obtener los valores de 2016 de acuerdo con el informe del estudio de prefactibilidad realizado por MTI

9-2-4-5 Beneficio de reducción de pérdidas económicas de productos agrícolas en el momento de corte de tráfico en puentes

El tramo objeto del Proyecto sirve para el transporte de productos agrícolas y al cortar el tráfico en puentes se producen pérdidas económicas. Según el informe de prefactibilidad preparado por MTI antes del presente Estudio, están calculadas las pérdidas económicas de productos agrícolas en caso de corte de tráfico en el caso “sin Proyecto”. El presente Estudio adoptará las mismas pérdidas. En cuanto a los precios, se han adoptado los valores de 2016 teniendo en cuenta una tasa de inflación del 5.9% (misma que las condiciones de cálculo).

Para obtener las pérdidas económicas de productos agrícolas y ganaderos, se han calculado los valores comerciales de productos agrícolas como el arroz, legumbre y maíz, la leche y la carne de res, a partir de su cantidad de distribución y sus precios de venta y sobre los cuales, se ha determinado que se producirán las pérdidas de un 5% del valor de distribución de productos agrícolas y un 10% del de leche y carne de res, al cortar el paso en los puentes.

Tabla 9-2-5 Beneficio por la reducción de las pérdidas económicas de arroz

Año	Total producción de arroz (QQ)	70%	30%	Precio medio de venta por QQ	Total valor comercializado (US\$)	Pérdidas medias causadas por el cierre de puentes
		Producción destinada al consumo (QQ)	Producción destinada al comercio (QQ)			
2019	1130942.0	791659.4	339282.6	US\$21.03	\$7,134,356.05	\$356,717.80
2020	1142251.4	799576.0	342675.4	US\$21.03	\$7,205,699.07	\$360,284.95
2021	1153673.9	807571.7	346102.2	US\$21.03	\$7,277,757.03	\$363,887.85
2022	1165210.6	815647.5	349563.2	US\$21.03	\$7,350,534.13	\$367,526.71
2023	1176862.8	823803.9	353058.8	US\$21.03	\$7,424,038.80	\$371,201.94
2024	1188631.4	832042.0	356589.4	US\$21.03	\$7,498,279.44	\$374,913.97
2025	1200517.7	840362.4	360155.3	US\$21.03	\$7,573,262.36	\$378,663.12
2026	1212522.9	848766.0	363756.9	US\$21.03	\$7,648,995.97	\$382,449.80
2027	1224648.1	857253.7	367394.4	US\$21.03	\$7,725,484.48	\$386,274.22
2028	1236894.6	865826.2	371068.4	US\$21.03	\$7,802,740.51	\$390,137.03
2029	1249263.5	874484.5	374779.1	US\$21.03	\$7,880,768.25	\$394,038.41
2030	1261756.2	883229.3	378526.8	US\$21.03	\$7,959,574.02	\$397,978.70
2031	1274373.7	892061.6	382312.1	US\$21.03	\$8,039,170.43	\$401,958.52
2032	1287117.5	900982.2	386135.2	US\$21.03	\$8,119,561.69	\$405,978.08
2033	1299988.6	909992.0	389996.6	US\$21.03	\$8,200,758.32	\$410,037.92
2034	1312988.5	919092.0	393896.6	US\$21.03	\$8,282,766.62	\$414,138.33
2035	1326118.4	928282.9	397835.5	US\$21.03	\$8,365,592.89	\$418,279.64
2036	1339379.6	937565.7	401813.9	US\$21.03	\$8,449,249.77	\$422,462.49
2037	1352773.4	946941.4	405832.0	US\$21.03	\$8,533,741.45	\$426,687.07
2038	1366301.1	956410.8	409890.3	US\$21.03	\$8,619,078.44	\$430,953.92

Fuente: Calculado para obtener los valores de 2016 de acuerdo con el informe del estudio de prefactibilidad realizado por MTI.

Tabla 9-2-6 Beneficio por la reducción de las pérdidas económicas de legumbre

Año	Total producción de legumbre (QQ)	Producción destinada al consumo (QQ)	Producción destinada al comercio (QQ)	Precio medio de venta por QQ	Total valor comercializado (US\$)	5%
						Pérdidas medias causadas por el cierre de puentes
2019	381002.4	266701.7	114300.73	US\$22.43	\$2,563,721.94	\$128,186.10
2020	384812.5	269368.7	115443.74	US\$22.43	\$2,589,359.22	\$129,467.96
2021	388660.6	272062.4	116598.17	US\$22.43	\$2,615,252.65	\$130,762.63
2022	392547.2	274783.0	117764.16	US\$22.43	\$2,641,405.36	\$132,070.27
2023	396472.7	277530.9	118941.80	US\$22.43	\$2,667,819.38	\$133,390.97
2024	400437.4	280306.2	120131.22	US\$22.43	\$2,694,497.61	\$134,724.88
2025	404441.8	283109.2	121332.53	US\$22.43	\$2,721,442.54	\$136,072.13
2026	408486.2	285940.3	122545.85	US\$22.43	\$2,748,656.85	\$137,432.84
2027	412571.0	288799.7	123771.31	US\$22.43	\$2,776,143.45	\$138,807.17
2028	416696.7	291687.7	125009.02	US\$22.43	\$2,803,904.82	\$140,195.24
2029	420863.7	294604.6	126259.11	US\$22.43	\$2,831,943.86	\$141,597.19
2030	425072.4	297550.6	127521.71	US\$22.43	\$2,860,263.50	\$143,013.17
2031	429323.1	300526.2	128796.92	US\$22.43	\$2,888,865.97	\$144,443.30
2032	433616.3	303531.4	130084.89	US\$22.43	\$2,917,754.65	\$145,887.73
2033	437952.5	306566.7	131385.74	US\$22.43	\$2,946,932.22	\$147,346.61
2034	442332.0	309632.4	132699.60	US\$22.43	\$2,976,401.60	\$148,820.08
2035	455735.1	312728.7	134026.59	US\$22.43	\$3,006,165.48	\$150,308.27
2036	451222.9	315856.0	135366.86	US\$22.43	\$3,036,227.23	\$151,811.36
2037	455735.1	319014.6	136720.53	US\$22.43	\$3,066,589.53	\$153,329.48
2038	460292.4	322204.7	138087.73	US\$22.43	\$3,097,255.31	\$154,862.77

Fuente: Calculado para obtener los valores de 2016 de acuerdo con el informe del estudio de prefactibilidad realizado por MTI.

Tabla 9-2-7 Beneficio por la reducción de las pérdidas económicas de maíz

Año	Total producción de maíz (QQ)	Producción destinada al consumo (QQ)	Producción destinada al comercio (QQ)	Precio medio de venta por QQ	5%	
					Total valor comercializado (US\$)	Pérdidas medias causadas por el cierre de puentes
2019	975362.2	390144.9	585217.3	US\$20.19	\$11,813,581.49	\$590,679.07
2020	985115.8	394046.3	591069.5	US\$20.19	\$11,931,717.85	\$596,585.89
2021	994967.0	397986.8	596980.2	US\$20.19	\$12,051,035.13	\$602,551.76
2022	1004916.7	401966.7	602950.0	US\$20.19	\$12,171,545.44	\$608,577.27
2023	1014965.8	405986.3	608979.5	US\$20.19	\$12,293,260.90	\$614,663.04
2024	1025115.5	410046.2	615069.3	US\$20.19	\$12,416,193.61	\$620,809.68
2025	1035366.6	414146.7	621220.0	US\$20.19	\$12,540,355.68	\$627,017.78
2026	1045720.3	418288.1	627432.2	US\$20.19	\$12,665,759.24	\$633,287.96
2027	1056177.5	422471.0	633706.5	US\$20.19	\$12,792,416.39	\$639,620.82
2028	1066739.3	426695.7	640043.6	US\$20.19	\$12,920,341.26	\$646,017.06
2029	1077406.7	430962.7	646444.0	US\$20.19	\$13,049,543.94	\$652,477.20
2030	1088180.7	435272.3	652908.4	US\$20.19	\$13,180,038.58	\$659,001.93
2031	1099062.6	439625.0	659437.5	US\$20.19	\$13,311,839.28	\$665,591.96
2032	1110053.2	444021.3	666031.9	US\$20.19	\$13,444,958.18	\$672,247.91
2033	1121153.7	448461.5	672692.2	US\$20.19	\$13,579,407.38	\$678,970.37
2034	1132365.3	452946.1	679419.2	US\$20.19	\$13,715,203.03	\$685,760.15
2035	1143688.9	457475.6	686213.3	US\$20.19	\$13,852,353.20	\$692,617.66
2036	1155125.8	462050.3	693075.5	US\$20.19	\$13,990,878.09	\$699,543.90
2037	1166677.1	466670.8	700006.2	US\$20.19	\$14,130,785.76	\$706,539.29
2038	1178343.8	471337.5	707006.3	US\$20.19	\$14,272,094.38	\$713,604.72

Fuente: Calculado para obtener los valores de 2016 de acuerdo con el informe del estudio de prefactibilidad realizado por MTI.

Tabla 9-2-8 Beneficio por la reducción de las pérdidas económicas de leche

Año	Producción de leche (litros)	Precio medio de venta (por litro)	10%	
			Total valor comercializado (US\$)	Pérdidas medias causadas por el cierre de puentes
2019	2726067.9	US\$0.070	\$191,077.08	\$19,107.71
2020	2753328.6	US\$0.070	\$192,987.86	\$19,298.79
2021	2780861.8	US\$0.070	\$194,917.73	\$19,491.77
2022	2808670.5	US\$0.070	\$196,866.91	\$19,686.69
2023	2836757.2	US\$0.070	\$198,835.58	\$19,883.56
2024	2865124.7	US\$0.070	\$200,823.93	\$20,082.39
2025	2893776.0	US\$0.070	\$202,832.18	\$20,283.22
2026	2922713.7	US\$0.070	\$204,860.49	\$20,486.05
2027	2951940.9	US\$0.070	\$206,909.10	\$20,690.91
2028	2981460.3	US\$0.070	\$208,978.19	\$20,897.82
2029	3011274.9	US\$0.070	\$211,067.97	\$21,106.80
2030	3041387.6	US\$0.070	\$213,178.65	\$21,317.87
2031	3071801.5	US\$0.070	\$215,310.44	\$21,531.04
2032	3102519.5	US\$0.070	\$217,463.54	\$21,746.35
2033	3133544.7	US\$0.070	\$219,638.18	\$21,963.82
2034	3164880.2	US\$0.070	\$221,834.56	\$22,183.46
2035	3196529.0	US\$0.070	\$224,052.91	\$22,405.29
2036	3228494.3	US\$0.070	\$226,293.44	\$22,629.34
2037	3260779.2	US\$0.070	\$228,556.37	\$22,855.64
2038	3293387.0	US\$0.070	\$230,841.93	\$23,084.19

Fuente: Calculado para obtener los valores de 2016 de acuerdo con el informe del estudio de prefactibilidad realizado por MTI.

Tabla 9-2-9 Beneficio por la reducción de las pérdidas económicas de carne de res
10%

Año	Producción municipal de res (libras)	Precio medio de venta (por libra)	Total valor comercializado (US\$)	Pérdidas medias causadas por el cierre de puentes
2019	6919561.6	US\$1.6486	\$11,407,430.59	\$1,140,743.06
2020	6988757.2	US\$1.6486	\$11,521,504.87	\$1,152,150.49
2021	7058644.7	US\$1.6486	\$11,636,719.80	\$1,163,671.98
2022	7129231.2	US\$1.6486	\$11,753,087.08	\$1,175,308.71
2023	7200523.5	US\$1.6486	\$11,870,617.93	\$1,187,061.79
2024	7272528.7	US\$1.6486	\$11,989,324.06	\$1,198,932.41
2025	7345254.0	US\$1.6486	\$12,109,217.32	\$1,210,921.73
2026	7418706.6	US\$1.6486	\$12,230,309.59	\$1,223,030.96
2027	7492893.6	US\$1.6486	\$12,352,612.58	\$1,235,261.26
2028	7567822.6	US\$1.6486	\$12,476,138.81	\$1,247,613.88
2029	7643500.8	US\$1.6486	\$12,600,900.15	\$1,260,090.02
2030	7719935.8	US\$1.6486	\$12,726,909.14	\$1,272,690.91
2031	7797135.2	US\$1.6486	\$12,854,178.30	\$1,285,417.83
2032	7875106.5	US\$1.6486	\$12,982,720.00	\$1,298,272.00
2033	7953857.6	US\$1.6486	\$13,112,547.26	\$1,311,254.73
2034	8033396.2	US\$1.6486	\$13,243,672.77	\$1,324,367.28
2035	8113730.1	US\$1.6486	\$13,376,109.40	\$1,337,610.94
2036	8194867.4	US\$1.6486	\$13,509,870.49	\$1,350,987.05
2037	8276816.1	US\$1.6486	\$13,644,969.24	\$1,364,496.92
2038	8359584.3	US\$1.6486	\$13,781,418.99	\$1,378,141.90

Fuente: Calculado para obtener los valores de 2016 de acuerdo con el informe del estudio de prefactibilidad realizado por MTI.

Tabla 9-2-10 Beneficio por la reducción de las pérdidas económicas de productos agrícolas y ganaderos al cortar el paso en los puentes

Año	Producto agrícola	Leche	Carne de res	Total
2018	1064665	18913.76	1129164	2212743
2019	1075583	19107.71	1140743	2235434
2020	1086339	19298.79	1152150	2257788
2021	1097202	19491.77	1163672	2280366
2022	1108174	19686.69	1175309	2303170
2023	1119256	19883.56	1187062	2326201
2024	1130449	20082.39	1198932	2349463
2025	1141753	20283.22	1210922	2372958
2026	1153171	20486.05	1223031	2396688
2027	1164702	20690.91	1235261	2420654
2028	1176349	20897.82	1247614	2444861
2029	1188113	21106.8	1260090	2469310
2030	1199994	21317.87	1272691	2494003
2031	1211994	21531.04	1285418	2518943
2032	1224114	21746.35	1298272	2544132
2033	1236355	21963.82	1311255	2569573
2034	1248719	22183.46	1324367	2595269
2035	1261206	22405.29	1337611	2621222
2036	1273818	22629.34	1350987	2647434
2037	1286556	22855.64	1364497	2673908
2038	1299421	23084.19	1378142	2700647
2039	1307801	23233.06	1387029	2718063
2040	1319576	23442.24	1399518	2742536
2041	1331351	23651.42	1412006	2767008
2042	1343126	23860.61	1424494	2791481
2043	1354901	24069.79	1436983	2815954
2044	1366676	24278.97	1449471	2840426
2045	1378451	24488.16	1461959	2864899
2046	1390226	24697.34	1474448	2889371

Fuente: Calculado para obtener los valores de 2016 de acuerdo con el informe del estudio de prefactibilidad realizado por MTI.

*Para el periodo entre 2018 y 2021, como se observa en la tabla de arriba, se ha hecho un análisis económico adoptando el 50% del beneficio a generar.

9-2-5 Resultados del análisis

Se ha hecho un análisis económico a partir de los beneficios y los costos económicos calculados arriba. La justificación económica se evalúa haciendo la comparación del 11.9% de EIRR con el 12% de la tasa de descuento social. El 11.9% de EIRR calculado está por debajo del 12% de la tasa de descuento social, por lo que no se puede juzgar que el presente Proyecto sea razonable desde el punto de vista económico.

Tabla 9-2-11 Resultados del análisis

No Público				
------------	--	--	--	--

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

9-2-6 Análisis de sensibilidad

El costo de inversión, el costo de mantenimiento y operación y el beneficio establecidos para este análisis, tienen sus respectivos factores variables. Por tanto, para un análisis de sensibilidad se da un margen a cada factor variable y conociendo la variabilidad de los resultados del análisis, se determina la estabilidad de la factibilidad del Proyecto.

Según este estudio, el Proyecto no resultará factible en ningún caso.

Tabla 10-2-12 Análisis de sensibilidad

EIRR		Beneficio		
		100%	90%	80%
Costo	100%	11.9%	10.7%	9.4%
	110%	10.8%	9.7%	8.5%
	120%	9.9%	8.8%	7.6%

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

9-3 Análisis económico(complementario)

Se ha hecho un análisis económico complementario en el caso de incluir el Proyecto de Mejoramiento Vial de la Carretera NIC-21B.

9-3-1 Lineamiento básico(complementario)

En el tramo objeto del Proyecto se encuentra actualmente un proyecto de construcción vial por otro donante y cuando se ejecute el presente Proyecto, habrá terminado la construcción vial. Para realizar un análisis económico es necesario tener en cuenta los efectos de la construcción vial, por tanto, el caso “con Proyecto” significa la reconstrucción de 4 puentes más la construcción vial y el caso “sin Proyecto” significa no reconstrucción de puentes y no construcción vial. A tal efecto, en el costo económico se tendrá en cuenta, además del costo de construcción y mantenimiento del Proyecto, el costo de construcción, operación y mantenimiento vial.

9-3-2 Condiciones previas(complementario)

Se aplican las mismas condiciones previas indicadas en el apartado 9-2-2.

9-3-3 Costo económico (costo de construcción, administración y mantenimiento) (complementario)

El costo de construcción del Proyecto se presenta en el Capítulo 7, 7-2 Resultados del cálculo. Como costo de operación y mantenimiento se han considerados los siguientes gastos.

- Puentes: Inspección cada 5 años → asignar 200 mil USD
- Vías: Reparación cada 10 años → asignar el 10% (7 millones USD aprox.) del costo de construcción vial

9-3-4 Beneficio económico (complementario)

9-3-4-1 Tipo de beneficio (complementario)

Los beneficios económicos cuantificables y esperados con la ejecución del Proyecto son los siguientes.

- Beneficio de ahorro del costo de recorrido
- Beneficio de reducción del tiempo de viaje
- Beneficio de reducción de pérdidas económicas de productos agrícolas en el momento de corte de tráfico en puentes

La primera etapa (Río Blanco – Mulukukú) del Proyecto de mejoramiento de la carretera nacional 21B (Estudio de Factibilidad del Proyecto de Mejoramiento de la Carretera, 2014, MTI) ya se está acercando a su final, desde el año siguiente de la terminación de la obra de la primera fase hasta el final del presente Proyecto (2021) se asigna el 50% de los beneficios que se obtendrán normalmente.

9-3-4-2 Beneficio de ahorro del costo de recorrido (complementario)

Se calcula el costo de recorrido de un tramo vial de 83.6km (tramo correspondiente a Río Blanco – Siuna, en el Proyecto de mejoramiento de la carretera nacional 21B, bajo la cooperación del Banco Mundial y CABEI) en el caso “con Proyecto” y el “sin Proyecto” a partir de la unidad básica del recorrido según el tipo de vehículo y la cantidad de futuro tráfico para obtener una diferencia entre ambos casos como Beneficio de ahorro del costo de recorrido. El tramo vial de 83.6 km es mismo que el del Proyecto de mejoramiento de la carretera nacional 21B.

Los valores utilizados para el costo de recorrido son los que se muestran en el apartado 9-2-4-3.

9-3-4-3 Beneficio de reducción del tiempo de viaje(complementario)

Un beneficio de reducción del tiempo de viaje se refiere a los valores económicos convertidos de la reducción del tiempo de un mismo viaje de pasajeros con la ejecución del Proyecto, en comparación con el caso “sin Proyecto”. El beneficio de reducción del tiempo de viaje se calcula multiplicando el tiempo reducido por el valor del tiempo. Como valor del tiempo han sido adoptados los datos calculados en el estudio del proyecto vial, al igual que la unidad básica del costo de recorrido según el

tipo de vehículo. El tramo vial es 83.6km, mismo que el tramo (Río Blanco – Siuna) del Proyecto de mejoramiento de la carretera nacional 21B, con el apoyo del Banco Mundial, CABEI, etc. A los valores unitarios del tiempo se han aplicado los datos calculados en el informe del estudio de prefactibilidad realizado por MTI.

Tabla 9-2-1 Tiempo de recorrido según el tipo de vehículo y valor unitario del tiempo

Tiempo de recorrido según el tipo de vehículo (horas)*1	Autos	Bus	Camion
con Proyecto	3.3	4.2	4.2
sin Proyecto	1.2	1.7	1.7

Fuente: *1 el informe del estudio de prefactibilidad realizado por MTI y Calculado según el proyecto vial y los resultados del estudio local

9-3-4-4 Beneficio de reducción de pérdidas económicas de productos agrícolas en el momento de corte de tráfico en puentes

Son los mismos beneficios indicados en el apartado 9-2-4-4.

9-3-5 Resultados del análisis(complementario)

Se ha hecho un análisis económico a partir de los beneficios y los costos económicos calculados arriba. La justificación económica se evalúa haciendo la comparación del 14.4% de EIRR con el 12% de la tasa de descuento social. EIRR14.4% calculado sobrepasa el descuento social del 12%, por lo que se justifica económicamente el presente Proyecto.

Tabla 9-2-2 Resultados del análisis

<p>No Público</p>

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

9-3-6 Análisis de sensibilidad(complementario)

El costo de inversión, el costo de mantenimiento y operación y el beneficio establecidos para este análisis, tienen sus respectivos factores variables. Por tanto, para un análisis de sensibilidad se da un margen a cada factor variable y conociendo la variabilidad de los resultados del análisis, se determina

la estabilidad de la factibilidad del Proyecto.

Como consecuencia, en el caso con el 10% de aumento del costo de construcción y el de mantenimiento o el caso con la reducción del 10% del beneficio, EIRR cumple con el 12%, valor referencial de la evaluación. En los casos con el 20% de aumento y el 10% de reducción del beneficio, o el de reducción de beneficios en el 20%, no resulta factible el proyecto.

No obstante, el costo se basa en el análisis de sensibilidad del caso en que se aumentan al mismo tiempo los costos de construcción de puentes y de carreteras. La mayoría de obras del proyecto de carreteras, que ocupa un 60% del costo total de construcción, ya se han finalizado, por lo que existe poca posibilidad de que aumente enormemente dicho costo, considerándose que el resultado de análisis de sensibilidad es más favorable.

Tabla 10-2-3 Análisis de sensibilidad

EIRR		Beneficio		
		100%	90%	80%
Costo	100%	14.4%	13.2%	11.9%
	110%	13.3%	12.1%	10.8%
	120%	12.3%	11.2%	10.0%

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

9-4 Beneficio indirecto (efectos cualitativos)

A continuación, se presentan los beneficios indirectos no cuantificables.

1) Beneficio por la reducción de accidentes de tráfico

Una vez terminado el Proyecto, del mejoramiento del ambiente de circulación vehicular en cada puente, se pueden esperar los efectos que permitan a los peatones cruzar los puentes de manera segura. Como consecuencia, conllevará la reducción de accidentes de tráfico.

2) Beneficio por la reducción de la tasa de ocurrencia de accidentes de tráfico a causa de la caída de puentes

Los 4 puentes objeto del Proyecto, si no se completa el Proyecto, habrá posibilidad de corte de tráfico a causa de la caída de puentes o problemas causados por el envejecimiento de los mismos. Debido a que en los alrededores del tramo de los puentes objeto no hay otras carreteras sustitutivas, si ocurre un problema de tráfico a causa de puentes, la accesibilidad de los pobladores locales bajará notablemente. De la ejecución del Proyecto se puede esperar el efecto de bajar la probabilidad de ocurrencia de problemas de tráfico.

3) Beneficio por la ampliación del intercambio económico interregional

El Proyecto terminado forma parte de los tramos viales que unen no sólo entre Río Blanco y Siuna, sino también comunican con importantes ciudades como Managua, centro del país, y Puerto Cabezas. Los puentes construidos aseguran una ruta de transporte estable, con lo que se puede esperar el mayor crecimiento de la cantidad de transporte. Asimismo, se espera la ampliación de intercambio interregional.

9-5 Indicadores de efectos operacionales

Las definiciones de los indicadores de efectos operacionales introducidos para verificar y evaluar los efectos del Proyecto son los siguientes.

- 1) Indicador operacional: Mide de manera cuantitativa el estado operacional del Proyecto
- 2) Indicadores para medir cuantitativamente el estado de aparición de efectos del Proyecto

La siguiente tabla presenta los valores del estado actual (Línea base) y los indicadores de efectos operacionales (propuestos) establecidos como valores meta a los 2 años de terminado el Proyecto para evaluar cuantitativamente el Proyecto.

Tabla 9-4-1 Indicadores de la evaluación operacional

Indicador		Línea base 2015	A los 2 años de terminado el Proyecto 2023
Indicador operacional	Cantidad de tráfico de vehículos (TPDA)*1	721	1,156

Fuente: Equipo de Estudio de JICA (basado en el estudio implementado del 2 de junio a 8 de junio en 2015)

*1 TPDA es Tránsito Promedio Diario Anual

Tabla 9-4-2 Indicadores de la evaluación efectos

Indicador		Línea base 2016	A los 2 años de terminado el Proyecto 2023
Indicador de efectos	Tiempo de acceso (Horas)*2	1.3	0.8

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

*2 Condiciones

- Mulukukú Puente – Prinzapolka Puente (53km)
- 2016: 40km/h, 4x4
- 2023: 70km/h, 4x4
- Límite de velocidad: 80km/h

Capítulo 10 Conclusión y recomendaciones

10-1 Conclusión

A continuación, se presentan las conclusiones del presente Estudio.

- Según los resultados del estudio del Sitio del proyecto, los puentes se encuentran en avanzado estado de deterioro, y, sobre todo, el puente Mulukuku, que da tráfico unilateral e inquietud por la posible caída del puente, por lo que se ha determinado que urge un replazo.
- En el estudio de consideraciones ambientales y sociales, se han comprobado los impactos negativos del Proyecto sobre el ambiente natural y social y se han establecido medidas de mitigación correspondientes, plan de monitores ambiental, instituciones ejecutoras, programa de ejecución, entre otros. Asimismo, se ha determinado la necesidad de adquisición de terrenos y la reubicación de pobladores, el lineamiento y proceso de compensación al respecto, entidades responsables y cronograma de compensación.
- El futuro tráfico ha sido calculado en 3,881 unidades/día para 2046, a los 25 años de la puesta en servicio, según el tráfico de 2015 y la tasa de crecimiento futuro. De acuerdo con estos resultados, el número de carriles necesarios es 2.
- En el análisis de tipo de puente, teniendo en cuenta la durabilidad, economía, trabajabilidad y la efectividad de la transferencia técnica, se ha escogido el tipo con reducido número de vigas principales de acero con losas de concreto pretensado y prefabricado, y como materiales de vigas de acero, se ha adoptado materiales de acero de alto rendimiento para los puentes (acero SBHS) que tiene ventaja económica. También se han adoptado los soportes de aislamiento sísmico, redondos con nudos y vallas de seguridad de aluminio con consideración a la apariencia, que tienen ventaja paisajística, de durabilidad y economía. La tabla 10-1-1 presenta los factores de cada puente.
- En el estudio y planes sobre la administración y mantenimiento del proyecto, se ha confirmado la capacidad de MTI en la operación y mantenimiento y se ha propuesto un plan de mantenimiento de los puentes.
- El costo estimado del proyecto se presenta en la Tabla 10-1-2.
- En el plan de ejecución del proyecto se ha propuesto la elaboración de un programa de ejecución y la división del proyecto en paquetes.
- Según el análisis de la evaluación del proyecto, el análisis económico dio un EIRR del 14.4%, por lo que el proyecto se ha evaluado como factible.

Tabla 10-1-1 Resumen del Proyecto

Nombre del puente		Puente Mulukukú	Puente Lisawe	Puente Labú	Puente Prinzapolka
Longitud del camino de acceso		200 m	200 m	200 m	200 m
Longitud		176.0 m	80.0 m	92.0 m	105.0 m
Distribución de las luces		53.0+70.0+53.0 m	32.0+48.0 m	52.0+40.0 m	40.0+65.0 m
Ángulo de esviaje		80°	90°	90°	80°
Ancho total		12.100 m			
Clasificación de carretera		Carretera troncal secundaria			
Velocidad de diseño		80 km/h			
Intensidad sísmica de diseño	Nivel I	Suelo tipo I: 135gal; Suelo tipo II: 160gal			
	Nivel II	Suelo tipo I: 1350gal; Suelo tipo II: 1120gal			
Carga viva de diseño		25% mayor que HS20-44			
Superestructura	Tipo		Viga continua de placa de acero		
	Material a utilizarse	Viga principal	Acero	SMA400W, SBHS400W y SBHS500W	
		Losa	Concreto	$\sigma_{ck}=50N/mm^2$	
			Acero de refuerzo	Grado 60 (Equivalente a SD345)	
		Andén	Concreto	$\sigma_{ck}=24N/mm^2$	
	Acero de refuerzo		Grado 60 (Equivalente a SD345)		
Subestructura	Tipo de estribo		Estribo T invertida		
	Tipo de pila		Pila tipo pared en forma oblicua		
	Tipo de pilote de fundación		Pilote fundido en el sitio (Método de perforación rotativa encamisada)		
	Material a utilizarse	Cuerpo	Concreto	$\sigma_{ck}=24N/mm^2$	
			Acero de refuerzo	Grado 60 (Equivalente a SD345)	
		Pilote de fundación	Concreto	$\sigma_{ck}=24N/mm^2$	
Acero de refuerzo			Grado 60 (Equivalente a SD345)		

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Tabla 10-1-2 El costo estimado del proyecto

<p>No Público</p>

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

10-2 Recomendaciones

A continuación, se presentan las recomendaciones del Estudio.

- El uso de los materiales de acero con resistencia al clima es útil para simplificar el mantenimiento, pero por un estancamiento de agua o una fuga local puede acelerar la corrosión, por lo que hay que analizar suficientemente los detalles de la cada parte de la estructura en el momento del diseño detallado.
- Para las losas de concreto pretensado y prefabricado, que serán fabricadas localmente, es necesario constar en las especificaciones de la obra las condiciones para garantizar la calidad como la implementación de pruebas con tamaño real y el envío de técnicos especializados.
- El Proyecto ha cambiado relativamente en gran medida la ubicación de los puentes a construir para reducir la reubicación de pobladores. Razón por la cual, hay lugares donde la ubicación de sondeo realizado en este Estudio y la ubicación de puentes son distantes. Por tanto, en el diseño detallado, según la necesidad, será necesario realizar sondeos adicionales.
- MTI debe llevar a cabo los trabajos relacionados con EIA y ARAP para el periodo del Proyecto, tratando de administrar el Proyecto de manera favorable.
- Se requiere que el MTI refleje la alineación vial modificada en el presente Proyecto en su propio diseño de las carreteras, realizando el arreglo con exactitud de manera que las carreteras fuera del alcance del Proyecto coincidan con dicha alineación antes de iniciar las obras del mismo. (Por lo menos antes del inicio de la obra debe estar dispuesta para la entrada de los vehículos de obra.)
- En el Proyecto, hay lugares donde el terraplén para vías de acceso obstaculiza el cruce de carretera, por lo que MTI debe realizar una compensación funcional adecuada en la obra de vialidad, tomando como referencia el plan vial en el presente informe.