

2-2 Diseño básico del Proyecto objeto de cooperación

2-2-1 Lineamientos sobre el diseño

El Proyecto consiste en la construcción del Puente Santa Fe y sus vías de acceso con el propósito de mejorar la situación, ya que actualmente, por la inexistencia del puente, la gente cruza el Río San Juan utilizando el ferry; contribuir al fomento de la circulación del tráfico y el intercambio entre Nicaragua y los países vecinos; lograr el funcionamiento de la carretera troncal internacional; y contribuir al desarrollo de la economía regional. En base a la solicitud del Gobierno de Nicaragua y los resultados de los estudios de campo y las discusiones mantenidas entre ambas partes, se elabora el plan de acuerdo a los siguientes lineamientos.

2-2-1-1 Lineamientos básicos

A continuación se indican los lineamientos para la elaboración del diseño básico.

(1) Alcance de la cooperación

La solicitud formal de la Asistencia Financiera No Reembolsable para el presente Proyecto fue presentada ante la Embajada de Japón en julio del 2005 por el Gobierno de Nicaragua. La solicitud inicial consistió de la construcción del Puente Santa Fe sobre el Río San Juan, con una longitud total de 230m, y la reconstrucción del Puente El Tule, de 75m de longitud, el cual se encuentra en un tramo de la Carretera Acoyapa-San Carlos, a lo largo de la frontera con Costa Rica. Sin embargo, posteriormente, durante el Estudio Preliminar realizado en marzo del 2007, se decidió ejecutar la reconstrucción del Puente El Tule con el financiamiento del BID, por lo que se canceló la solicitud relacionada a dicho puente.

El presente Estudio Preparatorio se realizó principalmente con el objetivo de reconfirmar el contenido de la solicitud, y a la vez, verificar la ubicación del lugar previsto para la construcción del puente, el límite de navegación, la composición del ancho, el alcance de la cooperación para las vías de acceso, el avance del proyecto del BID, los procedimientos relacionados al medio ambiente y las condiciones naturales. Finalmente, como resultado de la consulta con la parte nicaragüense, se confirmó el contenido de la solicitud de la Asistencia Financiera No Reembolsable del Japón, tal como fue escrito en la Minuta de Discusiones, cuyo extracto se indica a continuación.

- ① Construcción del Puente Santa Fe sobre el Río San Juan
 - Longitud del puente : 260m aproximadamente
 - Ancho del puente : Sección de rodamiento (3.6m×2carriles) +hombro+acera
 - Altura libre : Máxima 12m
- ② Construcción de las vías de acceso
 - 170m aproximadamente (lado de Acoyapa) + 60m aproximadamente (lado de Costa Rica)

(2) Lugar previsto para la construcción

En cuanto al lugar de construcción del puente, se consideró adecuada la ubicación a 150m aguas abajo de los embarcaderos (Alternativa 1) durante el Estudio Preliminar. Sin embargo, se decidió óptima la ruta que sigue la carretera existente (Alternativa 2) por las razones indicadas a continuación, de manera que se seleccionó la Alternativa 2 como el lugar de construcción del puente.

- Para construir el estribo y el terraplén, el suelo del sitio de construcción y su contorno debe estar seco. Sin embargo, el suelo de la Alternativa 1 tiene más de 1 metro de profundidad de agua, lo que dificulta extremadamente la construcción del estribo y el terraplén alto.
- Cuanto más se acerca a la carretera existente desde la ruta de la Alternativa 1, menos profunda se encuentra el agua.
- Si se construyen el puente y las vías de acceso de acuerdo a la Alternativa 1, se debe construir un camino nuevo para las obras de construcción. Sin embargo, en el caso de la ruta a lo largo de la carretera existente (Alternativa 2), se puede aprovechar la misma carretera para las obras.
- El costo total del Proyecto es menor si se construye el puente sobre la ruta a lo largo de la carretera (Alternativa 2) que construirla sobre la ruta de la Alternativa 1.

(3) Dimensiones y otros aspectos

1) Límite de navegación

Tomando como base el barco de carga La Gran Sultana (altura desde la superficie del agua: 9.98m) que navega actualmente por el Río San Juan, y considerando el margen de altura libre de 2m por la variación del nivel de agua, se definió el límite máximo de navegación en 12m, el cual fue aceptado por el MTI. Luego, a través de las revisiones más detalladas, se aclaró que el mástil del barco en cuestión es plegable. En este caso la altura máxima del barco viene a ser de 8.0m. Por lo tanto, se optó por el límite máximo de navegación de 10m (altura máxima del barco: 8.0m + margen de altura libre por la variación del nivel de agua: 2m) suponiendo que dicho barco pasa por debajo del Puente Santa Fe con su mástil plegado.

2) Claro

La longitud del claro debe satisfacer la longitud más larga que se obtiene mediante las siguientes fórmulas:

- ① La longitud del claro (L) calculada en base al caudal correspondiente al nivel de aguas máximo estimado (Q)

$$\text{La longitud del claro } L = 20 + 0.005Q = 20 + 0.005 \times 500 = 22.5\text{m}$$

El caudal estimado correspondiente al nivel de aguas máximo estimado $Q = 500\text{m}^3/\text{s}$ (Véase la Figura 2-1-2)

- ② La longitud del claro (L) calculada en base a la longitud total del barco de carga La Gran Sultana cuando la misma está de costado.

$$\text{La longitud del claro } L = \text{la longitud total del barco de carga} = 48.3\text{m}$$

Por lo tanto, la longitud del claro será de más de 48.3m.

3) Alcance de la cooperación para las vías de acceso

Las vías de acceso están incluidas en el proyecto de mejoramiento vial del BID y OPEC. Sin embargo, la parte trasera de los estribos del Puente Santa Fe es un terraplén alto, y por encima se estima que el suelo es débil, por lo que se requiere una tecnología avanzada, tanto para el diseño como para las obras de esta sección. Por lo tanto, el alcance de la Asistencia Financiera No Reembolsable del Japón incluirá las obras correspondientes a la sección de las vías de acceso donde el terraplén tiene más de 5m de altura.

4) Medidas contra el suelo blando

Para asegurar el límite de navegación es necesario colocar terraplenes altos en las secciones de las vías de acceso. Sin embargo, en dichas secciones, sobre todo la del lado de Acoyapa, se encuentra un suelo arcilloso sedimentado sumamente blando. En caso de que sea necesario tomar las medidas contra el suelo blando, el costo de la construcción puede ser sumamente afectado. Por consiguiente, primero se identifica el área precisa y la dimensión de la misma que requiera las obras de contramedida a través del estudio de las condiciones naturales, y luego se examinan las obras de contramedida más económicas y el plan de ejecución.

Según los resultados del estudio geológico del lugar en cuestión, el suelo blando se extiende en la orilla izquierda (lado de Acoyapa), con unos 6-7m de profundidad en el área prevista para la vía de acceso (hasta aproximadamente 170m desde la orilla hacia la tierra firme). Por otro lado, en la orilla derecha (lado de Costa Rica) no se encuentra el suelo blando. De acuerdo a los resultados del estudio del suelo, el suelo blando está constituido de tierra arcilloso orgánico de color negro. Por lo general, el suelo arcilloso orgánico se caracteriza por ser sumamente compresible, y propenso a hundimiento prolongado en caso de que se aplique un tratamiento convencional (deshidratación y otras técnicas ordinarias).

Como medidas contra el suelo blando, se pueden mencionar los métodos de consolidación acelerada, sistema de precarga, compactación de arena, mezcla profunda (deep mixing), terraplén ligero y puente elevado. Sin embargo, como se trata del suelo arcilloso orgánico de alta compresibilidad, hay que examinarlas bien, considerando los siguientes puntos:

- ① Como se construye el terraplén contiguo a la carretera existente, es necesario prevenir el

hundimiento de la carretera existente provocado por la construcción del terraplén. Asimismo, se requiere prevenir el desplazamiento lateral por la construcción del mismo.

- ② Es necesario evitar el hundimiento continuo de la parte de conexión con el puente una vez puesto el puente al servicio del público. En particular, el incremento local de la pendiente longitudinal debido al asentamiento parcial en un alineamiento longitudinal con una determinada pendiente, puede obstaculizar el tráfico fluido.

(4) Contenido de la solicitud y puntos discutidos y confirmados

Se llevará a cabo el diseño básico de acuerdo a las condiciones confirmadas mutuamente por ambos países y la Misión de Estudio. En la tabla 2-2-1 se indican el contenido de la solicitud y los puntos discutidos y confirmados durante el Estudio Preliminar y el Estudio Preparatorio.

Tabla 2-2-1 Contenido de la solicitud y los puntos discutidos y confirmados

Ítem	Contenido de la solicitud	Puntos discutidos y confirmados	
		Estudio Preliminar	Estudio Preparatorio
Puentes objeto	Construcción del Puente Santa Fe y reconstrucción del Puente de El Tule	Construcción del Puente Santa Fe (Retirado, el Puente de El Tule)	Construcción del Puente Santa Fe
Ubicación	18m aguas abajo de los embarcaderos actuales	150m aguas abajo de los embarcaderos actuales	Siguiendo la carretera (menos de 40m aguas abajo de los embarcaderos actuales)
Límite de navegación		Altura 15m×Ancho 25m	Altura 10m×Ancho 48.3m
Longitud del puente	230m aproximadamente	230m aproximadamente	250m aproximadamente
Ancho	Total	10.4m	11.8m
	Carriles		3.6m×2
	Hombro		0.9m×2
	Acera		1.0m×2
Número de carriles		2 carriles	2 carriles
Velocidad de diseño			80km/h
Carga viva de diseño		25% mayor que AASHTO HS20-44	25% mayor que AASHTO HS20-44
Vías de acceso			Se incluyen en el alcance del Proyecto las vías de acceso donde el terraplén sea más de 5m de altura.

2-2-1-2 Lineamientos sobre las condiciones naturales y ambientales

(1) Elementos meteorológicos

1) Temperatura, humedad y viento

La temperatura media mensual en San Carlos, el municipio más cercana al sitio previsto de las obras, es más baja en los meses de diciembre y enero, con unos 24°C, y más alta en los meses de abril y mayo, con unos 27°C. La temperatura máxima de cada mes oscila entre 30°C y 34°C durante todo el año; no obstante, la más alta se registra en abril, con un promedio de diez años de 35°C. La temperatura mínima no baja de 20°C y la variación anual de la temperatura es de unos 15°C.

La humedad se mantiene alta durante todo el año, con 80-90%, aunque en la época seca, de enero a abril, baja a unos 80%; después en la época de lluvia, a partir de mayo, sube a unos 90%. Así que el lugar previsto para el puente se encuentra en una zona bastante cálida y húmeda, por lo que es necesario prestar la máxima atención al efecto de la variación de la temperatura sobre los materiales de la estructura con respecto al diseño, y al colado y el curado del concreto con respecto a la ejecución. Además, hay que tomar en cuenta que el puente de acero puede sufrir problemas provocados por la

corrosión en las zonas cálidas y húmedas, lo que podría afectar más el mantenimiento en el futuro.

La velocidad del viento es de 5-6m/s durante la época seca, de enero a marzo, y de unos 3m/s durante la época de lluvia, por lo que se puede ignorar la carga del viento. En cuanto a la dirección, predomina el viento que sopla del este durante todo el año.

2) Cantidad de lluvia y patrones de precipitación

Según los datos registrados en la estación de observación meteorológica de San Carlos, la precipitación anual media en los últimos 5 años es de unos 2,000mm. Por otro lado, de enero a abril, la cantidad de lluvia no alcanza los 100mm; es decir, estos 4 meses coinciden con la época seca. A partir de mayo, la cantidad de lluvia empieza a aumentar hasta culminar en julio y agosto, y después la lluvia decrece hasta diciembre. La máxima precipitación mensual se registra de junio a agosto, con unos 300mm.

En el lugar previsto para la construcción del puente se distingue claramente la época de lluvia y la seca, cayendo la mayor parte de las precipitaciones en la época de lluvia (de mayo a octubre) de forma concentrada. Estos datos meteorológicos son elementos que afectan profundamente al plan de ejecución y de trabajo; por consiguiente, para trazar dichos planes es necesario tomar en consideración las condiciones meteorológicas. Sobre todo, se debe intentar completar las obras que se realizan dentro del agua, como las de la subestructura de las pilas y de la cimentación, antes de terminar la temporada seca.

3) Morfología del cauce

En el Río San Juan, entre el Lago de Nicaragua y Santa Fe, no se identifica ni vado ni banco de arena y la pendiente del río es sumamente moderada. En las orillas se ven continuos humedales con plantas anuales y bosques. Esporádicamente, se ven unas lomas bajas pegadas a la orilla, lo que nos hace suponer que el curso de agua actual del Río San Juan fue configurado por estos relieves. Igualmente, se estima que los bosques de las orillas se formaron primero sobre el sedimento de la tierra y arena transportadas por el río, y una vez formados los bosques, las orillas quedaron sin ser erosionadas y así se desarrollaron más los bosques posteriormente. Por otro lado, en cuanto a los humedales, donde no se ha aumentado la sedimentación de tierra y arena, se ven todo el año anegados, lo que impidió el desarrollo de los bosques.

En la orilla izquierda del lugar previsto para el puente se extiende un gran humedal que llega incluso a una distancia de 0.5-1km desde la orilla. La vegetación de los humedales consiste principalmente de plantas anuales y casi no existen árboles, por lo que se supone que en la época de lluvia queda anegada una gran dimensión.

En la orilla derecha se encuentran unas lomas bajas. Aunque se observa alguna erosión, los bosques están plenamente desarrollados, por lo que se estima que la erosión no es de gran escala.

Para definir el punto de construcción del puente se debe examinar y considerar la morfología del cauce.

4) Inundación

Gracias a la función de almacenamiento de agua del Lago de Nicaragua, que dispone de una gran extensión, en el Río San Juan no se observa una crecida rápida ni inundación por una sola lluvia; ni tampoco se supone el aumento brusco de la velocidad del flujo del agua. Por otro lado, se destaca la variación anual del nivel del agua, y se estima que en el pasado la máxima variación del mismo podría haber alcanzado hasta casi 2m. El nivel del agua del lugar previsto para la construcción del puente empieza a subir con el inicio de la época de lluvia y culmina entre octubre y diciembre. Luego, con el decrecimiento de la lluvia, el nivel de agua desciende gradualmente hasta llegar al fondo en mayo y junio, durante la época seca.

5) Nivel de aguas máximo estimado

La planificación longitudinal del puente que atraviesa un río se define generalmente según el nivel de aguas máximo estimado (NAME). Sin embargo en el caso del Puente Santa Fe, actualmente navegan barcos de carga y de turismo por el Río San Juan. Por consiguiente, es posible que la planificación longitudinal del puente se defina según el tamaño de estos barcos, aparte del nivel de aguas máximo estimado (NAME). Es sumamente importante examinar el límite de navegación.

Según los resultados del estudio del nivel de aguas máximo estimado (NAME) mediante el análisis hidráulico e hidrológico, no se detectó ni crecida rápida ni inundación por la lluvia.

Por otro lado, el nivel del agua fluvial varía extremadamente durante el año y existe una gran diferencia en el nivel entre la época de lluvia y la seca. Los datos registrados de la observación del nivel de agua en estos 15 años indican que la variación oscila entre 30.43m y 32.36m, lo que casi coincide con el nivel máximo del agua conocido por los antecedentes, según el resultado de las entrevistas realizadas. (No obstante existen períodos no observados en el registro. La conclusión se obtuvo utilizando únicamente los datos observados.)

Igualmente, se supone que la variación del nivel del agua en el lugar previsto para la construcción del puente es de unos 2m, es decir el nivel máximo del agua puede ser de unos 32.4m.

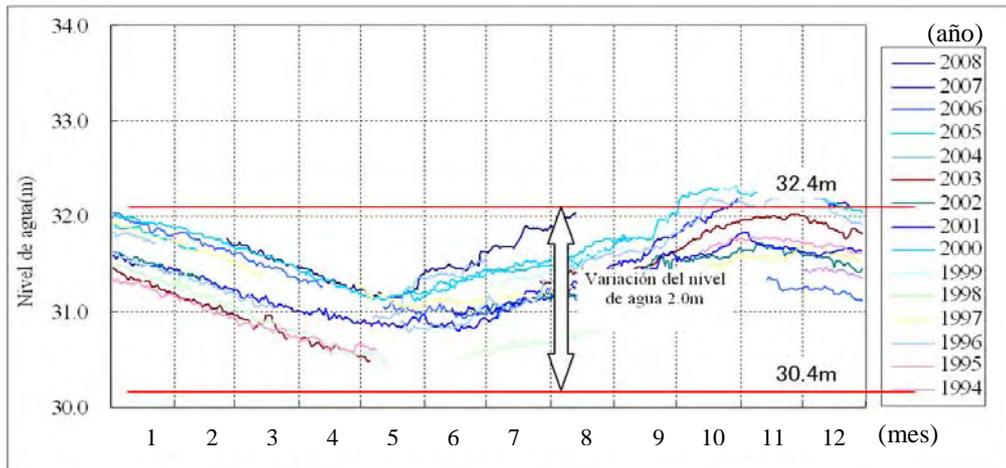


Figura 2-2-1 Variación del nivel de agua fluvial en los últimos 15 años

Estos documentos y los resultados del estudio serán utilizados para examinar el alineamiento de la carretera y la planificación y diseño del puente.

6) Caudal estimado del nivel máximo del agua

Supuestamente, hay una distancia aproximada de 9km desde la estación limnimétrica hasta el lugar previsto para la construcción del puente (calculada según el mapa topográfico). En realidad, el nivel de agua de dicho lugar puede ser más bajo que el de la estación limnimétrica, por la pendiente del agua superficial del río. Sin embargo, en el caso del río en cuestión, se adoptará el nivel del agua de la estación limnimétrica por las siguientes razones: ① como la pendiente del río es muy moderada, se considera que la pendiente del agua superficial no afecta tanto la variación del nivel; ② no se ha realizado la observación del nivel de agua en el lugar previsto para la construcción del puente, por lo que es difícil calcular la pendiente del agua superficial, desde la estación limnimétrica hasta el lugar previsto para la construcción del puente; ③ la estación limnimétrica se encuentra aguas arriba del lugar previsto para la construcción del puente, de manera que es más seguro si se estima el nivel máximo del agua para la construcción del puente en base al nivel de la estación limnimétrica; y ④ se supone que ocurre una situación imprevista en casos de inundación, como la aparición de afluentes o desbordamiento, por lo tanto, se requiere una planificación que tienda a buscar la mayor seguridad.

En cuanto al cálculo del caudal estimado, se aplicará el método de cómputo, partiéndose de la hipótesis del flujo uniforme, ya que casi no hay variación transversal del río y el perfil es casi uniforme, la pendiente del río es moderada, hay pocos tributarios que afluyen y existen datos disponibles del nivel de agua. Basándose en la información sobre el corte transversal del río según el levantamiento topográfico, se elaboró la curva del nivel del agua-caudal para calcular el caudal correspondiente al nivel de aguas máximo estimado.

Como resultado se calcula el caudal de unos $500\text{m}^3/\text{s}$ en el momento del nivel máximo del agua de 32.4m.

No obstante, hay que considerar los siguiente puntos:

- ① Se supone que el río en cuestión puede desbordarse hacia la planicie de inundación en ambas orillas, lo que dificulta calcular el caudal real de inundación.

- ② En caso de que el río se desborde aguas arriba del lugar previsto para la construcción del puente, es posible que corra un flujo de menor caudal que la realidad, ya que es difícil calcular el caudal desbordado.
- ③ El caudal desbordado a la hora de la inundación suele tener poca profundidad, además de tener una velocidad muy baja al resultar afectado por la rugosidad de la cobertura del suelo. Al contrario, se acentúan el caudal y la velocidad del flujo dentro del cauce; por lo tanto, para la planificación del puente, el problema será el volumen hidráulico dentro del corte transversal del cauce.

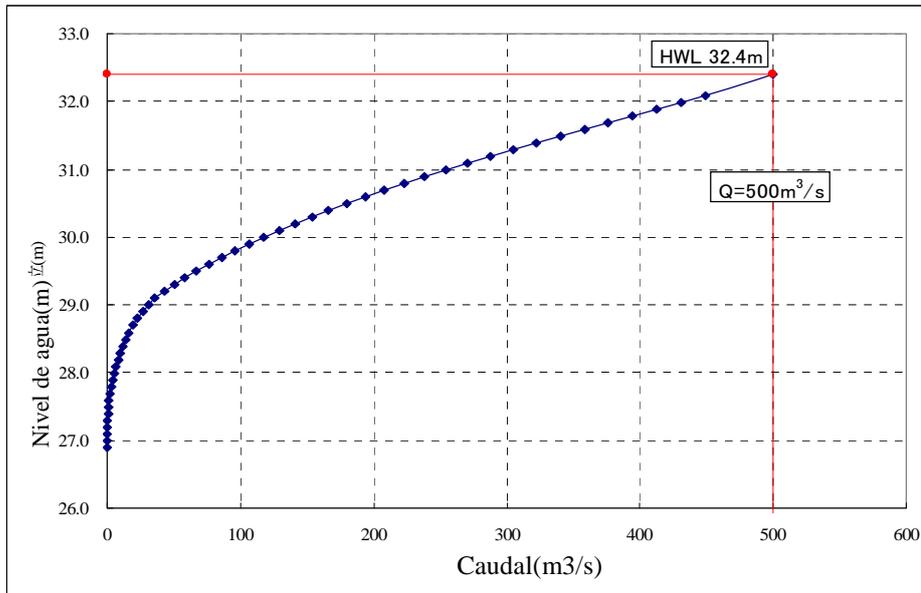


Figura 2-2-2 Curva del nivel de agua-caudal en el lugar previsto para la construcción del puente

7) Socavación y profundidad de las estructuras de cimentación

La altura de la cimentación de las pilas se determinará tomando en cuenta la socavación por las pilas. Las normas japonesas definen que se debe asegurar más de 2.0m de profundidad de socavación desde el lecho de diseño o el lecho más profundo (cualquiera que sea el más bajo). Por lo tanto, en el presente Proyecto las zapatas de las pilas se empotrarán a más de 2.0m de profundidad desde el lecho más profundo o en la roca base. Con respecto a los estribos, en el caso de la cimentación directa, el fondo de las zapatas debe empotrarse suficientemente en la capa de soporte de buena calidad, como la roca base, esquistos de barro, gravas, etc. También se implementarán algunas obras de protección de zapatas según sea necesario.

8) Diseño antisísmico

Nicaragua es un país sísmico que ha sufrido de muchos terremotos de gran magnitud, como el ocurrido en 1972, que arrasó completamente el centro de Managua, la capital del país, y otro ocurrido en 1992, entre otros muchos. Por esta razón, es imprescindible considerar el diseño antisísmico al diseñar las estructuras. La Carretera Acoyapa-San Carlos, donde se encuentra el puente objeto del Proyecto, es una carretera troncal denominada Ruta Nacional No.25, que también funciona como la carretera troncal internacional dentro del Corredor del Atlántico del PPP. En caso de que el Corredor del Pacífico desarrollado básicamente en áreas litorales del Pacífico para unir Managua, la capital nicaragüense, con San José, la costarricense, quedara afectado por algún seísmo u otros desastres, el Corredor del Atlántico asumiría la importantísima función de sustituirlo y complementarlo para facilitar las actividades de rescate y atención médica, combatir los incendios y transportar materiales de urgencia a las zonas damnificadas. Por esta razón, es importante asegurar que el puente objeto del Proyecto tenga un buen rendimiento antisísmico para evitar el deterioro funcional provocado por terremotos que pueda impedir las actividades normales de la sociedad. Por lo tanto, a la hora de diseñar el puente objeto, se tomará como línea básica mejorar la función antisísmica del puente entero, aplicando la estructura hiperestática o de múltiples claros continuos.

Nicaragua tiene sus propias normas para el diseño antisísmico, contenidas en el Reglamento Nacional de Construcción Junio 2005, que determinan la magnitud de diseño, por lo que el diseño antisísmico del puente se basará en dichas normas.

2-2-1-3 Lineamientos sobre el tráfico

(1) Lineamientos básicos de la estimación de la demanda de tráfico

El puente objeto del presente estudio es un puente nuevo que contribuirá a mejorar la carretera entre Acoyapa-San Carlos-Frontera con Costa Rica. Si se mejoran las instalaciones fronterizas con Costa Rica en Las Tablillas para que éstas sean dignas de uso internacional, podrá haber un cambio drástico en el tráfico internacional entre Nicaragua y Costa Rica. Como consecuencia, la estimación de la demanda de circulación por el puente objeto del Proyecto se realizará siguiendo la línea básica indicada a continuación.

- ① Aumento actual del tráfico : El aumento actual del tráfico se interpreta como el debido a los camiones y camiones articulados de la compañía Frutan para transportar sus naranjas y empleados, y los taxis utilizados por los inmigrantes y emigrantes ilegales.
- ② Tráfico generado : Se estimará el tráfico generado de acuerdo con el aumento de la demanda originada por la producción agrícola, aparte de las naranjas, en el Departamento de Río San Juan, y por el turismo que aprovecha el Río San Juan.
- ③ Tráfico convertido : Se estima el tráfico convertido en base a la conversión de los inmigrantes y emigrantes legales que pasan la frontera con Costa Rica utilizando el Río Frío, y la conversión del tráfico que pasa la frontera en Peñas Blancas.
- ④ Tráfico inducido : Actualmente el ecoturismo que se desarrolla en la parte norte de Costa Rica genera una demanda turística de unos 400,000 turistas entrantes, y con la apertura de la frontera en Las Tablillas puede que se genere una nueva demanda turística hacia Nicaragua. Se estima el tráfico inducido tomando en cuenta esta posibilidad.
- ⑤ El Puente Santa Fe será el más largo de Nicaragua, además de ser construido con una altura libre de 10m sobre el Río San Juan, ofreciendo un magnífico paisaje, por lo que sin ninguna duda se convertirá en uno de los atractivos turísticos. En este contexto, se estimará también la demanda turística por la vista panorámica del Río San Juan desde el puente, por lo que se deberá confirmar la necesidad de aceras.

(2) Aumento actual del tráfico

Actualmente, el tráfico que atraviesa el Río San Juan se compone de los camiones articulados que transportan naranjas de la compañía Frutan y otros camiones que llevan sus empleados. Según la entrevista con el personal de la compañía Frutan, en la época de envío de naranjas desde las plantaciones ubicadas al norte del Río San Juan, 30 camiones articulados hacen sus viajes de ida y vuelta. En cuanto a los camiones que transportan los empleados, 5 unidades hacen un viaje de ida y vuelta al día. Por consiguiente, la demanda actual del tráfico relacionada con los vehículos de la compañía Frutan puede estimarse en 70 unidades por día en el período pico. Por otro lado, la compañía Frutan tiene planteado desarrollar nuevas plantaciones en el área norte del Río San Juan. Cuando se inicie la cosecha en estas plantaciones nuevas, se prevé utilizar camiones articulados con un 50% de aumento en el período tope, por lo que pasarán el Puente Santa Fe 100 vehículos diarios.

Por otro lado, se ha observado la circulación de 44 taxis en 8 horas, los cuales son utilizados por los emigrantes e inmigrantes ilegales hasta la orilla en Santa Fe; por lo que se estima que durante las 12 horas de servicio de las lanchas que atraviesan el río, de 6:00 a 18:00 horas, esta cifra será de 66 unidades. El volumen de tráfico puede aumentar de acuerdo con el aumento de inmigrantes y emigrantes. Partiendo de la hipótesis de un aumento anual de 10%, se estima que el tráfico en el año 2014 puede llegar a 106 unidades por día.

(3) Tráfico generado

El tráfico generado por el mejoramiento de la Carretera Acoyapa-San Carlos-Frontera con Costa Rica y la construcción del Puente Santa Fe se originará principalmente en la exportación a Costa Rica de los productos agrícolas en las áreas a lo largo del río. El Estudio de Factibilidad (E/F) realizado por el BID para el mejoramiento de la Carretera Acoyapa-San Carlos-Frontera con Costa Rica toma en consideración el desarrollo de la producción agrícola, y pronostica el tráfico generado en el año 2014

en 111 unidades diarias. En el presente Estudio se seguirá adoptando esta cifra para el tráfico generado.

(4) Tráfico convertido

① Tráfico convertido desde la frontera fluvial legal

El tráfico que podrá pasarse de la frontera fluvial legal del momento del 2008 a la frontera de Las Tablillas será de 278 usuarios en el año 2014, según el supuesto aumento de un 20% respecto a la cifra actual de 157 usuarios diarios; y en el supuesto de que la capacidad media de pasajeros en un taxi es de 6 personas, el tráfico convertido se estima en 78 vehículos por día.

② Tráfico convertido desde las instalaciones fronterizas en Peñas Blancas

En la fecha de la realización del estudio de tráfico, el tráfico convertido estimado que se desvía de las instalaciones fronterizas en Peñas Blancas a Las Tablillas, según el patrón de OD (Origen-Destino) actual, es de 455 vehículos. Agregando a esta cifra el 7.7% anual del aumento del tráfico en la frontera de Peñas Blancas, se obtiene el tráfico convertido en el año 2014, que corresponde a 659 vehículos por día.

Por otro lado, se estima que se desviarán a Las Tablillas 46 buses comunes, considerando que normalmente los pasajeros llegan hasta la frontera en buses, y después terminan de pasar la frontera a pie. Agregando el 10% del aumento anual del tráfico a esta cifra de circulación de buses, el tráfico futuro en el año 2014 se estima en 99 vehículos por día.

(5) Tráfico inducido

En cuanto al tráfico inducido por la inauguración del Puente Santa Fe y la apertura de la frontera en Las Tablillas, es muy probable que la mayoría de los 400,000 ecoturistas que recorren el norte de Costa Rica entren en Nicaragua por vía terrestre, con el propósito de visitar lugares de atracción turística nicaragüenses, tales como el hermoso Río San Juan, San Carlos y El Castillo. Si se supone que una octava parte de estos 400,000 turistas entran a Nicaragua pasando la frontera por Las Tablillas, el número promedio diario será de 137 turistas, y si ellos viajan en microbuses con capacidad de 8 pasajeros, el tráfico que pasará por el Puente Santa Fe será de 34 vehículos por día.

Naturalmente, estos turistas van a gozar de la vista panorámica del Río San Juan desde el Puente Santa Fe. Para garantizar la seguridad de dichos turistas es necesario que este puente tenga aceras en ambos lados. Asimismo, con el fomento del desarrollo turístico denominado "Ruta de Agua", se generarán 24,000 turistas nuevos, quienes llegarán a los embarcaderos y visitarán el Puente Santa Fe. Sumando esta demanda equivalente a 65 personas por día y el promedio diario antes mencionado, se estima que un total de 202 turistas diarios disfrutarán de la magnífica vista desde el Puente Santa Fe.

(6) Resumen del tráfico en el futuro

De acuerdo a los resultados de la estimación del tráfico arriba mencionados, se resume el tráfico futuro del Puente Santa Fe en el año 2014 tal como se indica en la Tabla 2-2-2.

Tabla 2-2-2 Resultados de la estimación del tráfico del Puente Santa Fe en el 2014

Categoría del tráfico	Ítem	Volumen
Aumento del tráfico actual	Vehículos relacionados a la empresa Frutan	100
	Taxis para inmigrantes y emigrantes	106
Tráfico generado		111
Tráfico convertido	Tráfico convertido del transporte fluvial	78
	Tráfico convertido que se desvía de la frontera en Peñas Blancas	297
	Tráfico convertido de buses que se desvían de la frontera en Peñas Blancas	99
Tráfico inducido	Demanda de turistas entrantes por vía terrestre desde Costa Rica	34
TOTAL		825
Peatones (por día)	Turistas por vía terrestre desde Costa Rica y por vía fluvial desde San Carlos	202

2-2-1-4 Lineamientos sobre el ancho del puente

En cuanto a los carriles, se adoptó el ancho de 3.6m, tomando en consideración la coherencia con el ancho de las vías de acceso adoptado por el proyecto del BID, y siguiendo las normas de SIECA. Con respecto al ancho del hombro, aunque éste es de 1.0m según dichas normas para las carreteras, las normas de AASHTO permiten reducir el ancho requerido con el máximo de 1.2m para los puentes de más de 60m de longitud. Además, las normas japonesas tienen un reglamento de reducción que permite reducir el ancho del hombro con el máximo de 0.5m para los puentes de más de 50m de longitud. Por lo tanto, esta vez se adoptó el ancho de 0.9m, ya que el puente Sant Fe es muy largo, con la longitud total de 362m (puente principal: 250m, puentes elevados: 112m) siguiendo el reglamento de reducción del hombro.

Con respecto a las aceras, su ancho se ha establecido en 1.0m, tomando en consideración el espacio que ocupa un peatón (0.75m), el cordón (0.18m) y la circulación de peatones sobre el puente, que se estima en 202 personas por día.

Como resultado de todo esto, se establece la sección transversal del Puente Santa Fe, incluyendo los puentes elevados, a como sigue: ancho de la sección de rodamiento: $3.6\text{m} \times 2 = 7.2\text{m}$, ancho del hombro: $0.9\text{m} \times 2 = 1.8\text{m}$, ancho de la acera: $1.0\text{m} \times 2 = 2.0\text{m}$, ancho de la vereda: $0.4\text{m} \times 2 = 0.8\text{m}$, total: 11.8m (ancho efectivo= 11.0m)

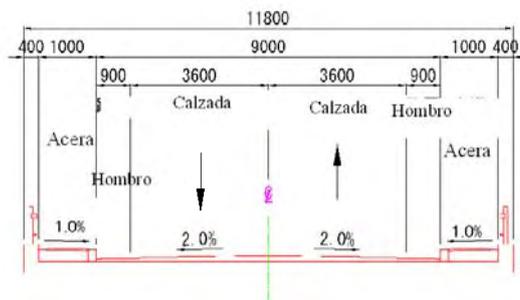


Figura 2-2-3 Sección transversal del Puente Santa Fe

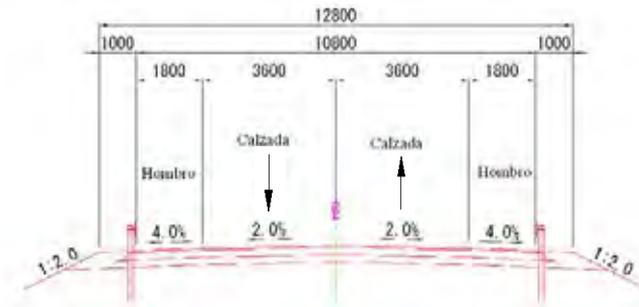


Figura 2-2-4 Sección transversal típica de la vía de acceso

2-2-1-5 Lineamientos sobre la carga viva de diseño

La Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), que es el secretariado del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) fundado con el objetivo de lograr la integración económica y el mercado común en la región centroamericana, propuso la adopción de la carga viva de diseño para puentes del 25% más de la norma AASHTO HS20-44, para atender a la carga de camiones articulados pesados que van en aumento actualmente, y los países centroamericanos miembros del SICA dieron su conformidad. Por consiguiente, la carga viva de diseño del Puente Santa Fe, que se encuentra en la red de carreteras troncales del PPP, "Corredor del Atlántico", se calcula con un aumento del 25% sobre la norma AASHTO HS20-40.

2-2-1-6 Lineamiento sobre las condiciones socioeconómicas

A continuación se proponen las consideraciones y las medidas a tomarse en la planificación, diseño y construcción del puente, objeto de cooperación.

- ① Emisión de polvos durante la ejecución de las obras: Prevención de la emisión de polvos mediante el riego, etc.
- ② Emisión de ruidos y vibraciones durante la ejecución de las obras: Adopción de los métodos de ejecución que generen menor nivel de ruidos y vibraciones.
- ③ Descarga de contaminantes (descarga de aceite, etc.): Adopción de las medidas de prevención de la descarga de contaminantes.
- ④ Arrastre de sedimentos y contaminación de los ríos: Adopción de las medidas de prevención de la contaminación del suelo y de los ríos.
- ⑤ Obstaculización del tráfico en general: Capacitación de los conductores de los vehículos de construcción en el tema de seguridad, y consideraciones a las lanchas existentes de pasaje.
- ⑥ Medidas en los préstamos y canteras: Selección de un préstamo que provoque la menor carga ambiental, y utilización de las canteras existentes, en lo posible, evitando crear nuevas canteras.
- ⑦ Ocurrencia de accidentes: Capacitación del personal de construcción en materia de seguridad e higiene, para prevenir la ocurrencia de los accidentes.

Cabe recordar que se ha confirmado que no será necesario reubicar viviendas y la población para ejecutar el presente Proyecto, según el alcance definido.

2-2-1-7 Lineamientos sobre la situación de la construcción

(1) Fuerza de trabajo

Según las entrevistas realizadas con compañías constructoras, al igual que en los proyectos anteriores de Cooperación Financiera No Reembolsable, es posible conseguir la mano de obra en Managua, aunque ésta no dispone de alta calificación técnica como para la construcción de los puentes de PC. Se supo también que el nivel de sueldo, según las distintas especialidades, tiende a subir actualmente.

(2) Situación del abastecimiento de materiales

1) Varillas de hierro, materiales de acero, acero de PC

Se pueden conseguir varillas de hierro para armar concreto de hasta 32mm de diámetro hecho en Nicaragua o en los países vecinos en el mercado local. Sin embargo, no existe ningún sistema que garantice la confiabilidad de la calidad. Por otro lado, se han encontrado varillas con nudos de distintas formas, por lo que hay que tener mucho cuidado al adquirirlas.

Los productos de acero, tanto planchas como perfilados, no se fabrican en Nicaragua, por lo tanto se los adquirirán en Japón o en terceros países (Costa Rica, etc.). Es casi imposible conseguir los materiales de acero de PC en el mercado local ordinario, y al mismo tiempo, no existe ninguna instalación con tecnologías fiables para procesar dichos productos. Por consiguiente, los materiales de acero de PC destinados al Proyecto serán importados de Japón o de terceros países, y para ordenarlos habrá que tomar medidas de antemano a fin de verificar la calidad de los productos, como por ejemplo, designar los fabricantes o las firmas importadoras, etc.

2) Accesorios del puente

En cuanto a los accesorios del puente, al igual que en los proyectos anteriores de Cooperación Financiera No Reembolsable, algunos se consiguen en los países vecinos. Sin embargo, en muchos casos se presentan problemas de calidad. Es preferible adquirirlos en Japón o en terceros países.

3) Cemento

Nicaragua produce cemento con buena capacidad de suministro. Sin embargo, como es un tipo de cemento mezclado con impurezas, en el caso de concreto de alta resistencia se aumenta el volumen de cemento, lo que hace subir la temperatura del concreto fresco, de manera que hay que tener mucha

precaución en su tratamiento.

Se considera sumamente importante tomar medidas adecuadas como el control de calidad de los productos a ser entregados, la aplicación del método de almacenamiento más apropiado del cemento, y la definición del tiempo de almacenamiento para evitar el deterioro del material.

4) Concreto asfáltico

Se ha comprobado que la calidad y el suministro del concreto asfáltico no presentan ningún problema en los alrededores de Managua, Nicaragua. Sin embargo, en las zonas periféricas del sitio del Proyecto no se han identificado caminos asfaltados, por lo tanto se ve imposible que alguna planta asfáltica local suministre el material. Por consiguiente, se adquirirán la planta asfáltica y los materiales en las periferias de Managua, y se producirá el asfalto en sitio del Proyecto.

5) Agregados

Con respecto a los agregados para el concreto, es preferible adquirirlos en las plantas de agregados ubicadas en las afueras de Managua, que tengan antecedentes de haberlos suministrado para otros proyectos de la Cooperación Financiera No Reembolsable en el pasado, con el propósito de asegurar los suministradores, la cantidad y la calidad.

(3) Situación de la provisión de la maquinaria de construcción

Existen en Nicaragua varias empresas que alquilan la maquinaria de construcción (Komatsu, Caterpillar, etc.), de las que se puede alquilar las máquinas de uso general. Las máquinas especiales como la grúa sobre orugas o cucharón de almeja, etc. se deben traer del exterior. Por otro lado, las empresas constructoras que se especializan en las obras de cimentación poseen la maquinaria que se requiere para dichas obras, pero no la alquilan, por lo que se subcontratará a dichas empresas si tienen la capacidad de ejecutar las obras del Proyecto.

(4) Normas de diseño y ejecución de las obras de carreteras y puentes

6) Normas de diseño y ejecución de las obras de carreteras

Nicaragua tiene un código de normas de diseño de acuerdo con las normas estadounidenses. Recientemente la SIECA está promoviendo la elaboración de las especificaciones en diversos campos. No obstante, básicamente se toma como base las normas de la AASHTO, el estándar estadounidense, por lo que no hay mucha diferencia entre los países en cuanto al diseño y construcción de las carreteras troncales. Sin embargo, hay puntos muy diferentes en temas como el vehículo de diseño utilizado para diseñar la pavimentación (carga por eje) y la señalización. Por consiguiente, se llevará adelante el trabajo de diseño de acuerdo a las normas de SIECA. A continuación se indican los vehículos de diseño (carga por eje) que se utilizan para diseñar la pavimentación.

Tabla 2-2-3 Vehículo de diseño para la pavimentación (carga por eje)

Vehículo de diseño	Norma SIECA	Carga por eje (ton)
Autos	AUTOS	Eje delantero (1.00) + Eje propulsor (1.00)
Pick-ups	PICK-UPS	Eje delantero (1.00) + Eje propulsor (2.50)
Buses	BUSES	Eje delantero (5.00) + Eje propulsor (9.00)
Camiones de 2 ejes	C2	Eje delantero (5.00) + Eje propulsor (10.00)
Camiones de 3 ejes	C3	Eje delantero (5.00) + Eje propulsor (16.50)
Camiones articulados	CAMIONES ARTICULADOS / T3-S2	Eje delantero (5.00) + Eje propulsor (16.00) + Eje trasero (16.00)

Las normas de diseño que se van a utilizar para diseñar la carretera son las siguientes.

- Diseño de la estructura geométrica de las carreteras : AASHTO A Policy on Geometric Design of Highway and Streets 2004
- Diseño de la pavimentación : AASHTO Pavement Design Guide 1993
- Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito

Referencias/Información complementaria

- SIECA Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos
- SIECA Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales
- Asociación Japonesa de Carreteras Interpretación y Aplicación del Decreto sobre la Estructura Vial

7) Normas de diseño y ejecución de las obras de los puentes

Recientemente, en Nicaragua se han determinado las propias especificaciones estándar de la construcción de carreteras (Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes) basándose en la AASHTO estadounidense. Por lo tanto, se aplicarán las normas de diseño nicaragüenses para la composición del ancho del puente, la carga viva de diseño, la resistencia de referencia de materiales en el caso que se utilicen materiales locales, la carga sísmica, etc. Por otro lado, para los otros elementos se aplicarán las normas y directrices japonesas “Normas Técnicas para Carreteras y Puentes y Su Interpretación”(marzo del 2002, Asociación Japonesa de Carreteras) siempre mediante las consultas con el MTI.

2-2-1-8 Lineamiento sobre la contratación local

En Nicaragua hay compañías constructoras, técnicos y trabajadores que cuentan con un cúmulo de experiencias por haber trabajado anteriormente en obras de puentes en el marco de la Cooperación Financiera No Reembolsable. Sin embargo, tienen muy poca experiencia y técnicas de ejecución relacionadas a la construcción de los puentes de PC por el método Dywidag. Para cierto tipo de obras, como las que necesitan técnicas avanzadas o las que se han ejecutado pocas veces, se enviarán técnicos desde Japón. Excepto estos casos, de ser posible, el lineamiento básico es hacer buen uso de la fuerza laboral y la capacidad técnica localmente disponible.

Según las entrevistas con los consultores locales, parece que el nivel técnico de los consultores locales es bajo, limitándose a ofrecer servicios de levantamiento y estudios geológicos, ambientales, sobre el tráfico, etc.

2-2-1-9 Lineamientos para responder a la capacidad administrativa y de mantenimiento vial de la entidad ejecutora

En Nicaragua el mantenimiento de las carreteras y los puentes es llevado a cabo por el MTI y el Fondo de Mantenimiento Vial (FOMAV), una entidad que se independizó del MTI. Actualmente, el MTI se hace cargo de dar mantenimiento y administrar las carreteras mejoradas de los proyectos nuevos, y el FOMAV por su parte, además del mantenimiento, realiza el mejoramiento vial y las obras de reparación y reforzamiento de los puentes, centrándose en la rehabilitación.

Originalmente el MTI se encargaba de todo, es decir, desde la planificación de las carreteras y de los puentes hasta la construcción, mantenimiento y administración de los mismos. Sin embargo, debido al bajo nivel de la mejora de la infraestructura vial, la tarea principal del MTI se convirtió en la construcción, dejando de lado la gestión de mantenimiento. En este contexto, de acuerdo a las recomendaciones del Banco Mundial y el BID, con el propósito de independizar la gerencia de mantenimiento del MTI, se fundó una entidad con los fondos de mantenimiento y administración de carreteras, para que promueva la gestión de mantenimiento con la comprensión de los usuarios en lo que se refiere a la importancia de los trabajos de mantenimiento en la mejora de la infraestructura vial. Para fundar esta entidad, se estableció una ley en junio del 2000, la cual fue aprobada en abril del 2003 y entró en vigor en mayo del mismo año. Paralelamente, tras el primer congreso regional sobre los fondos viales, que tuvo lugar en El Salvador en julio del 2003, se fundó el Comité Centroamericano de Fondos Viales (COCAVIAL), en el que participaron las delegaciones de 5 países centroamericanos, para unificar las técnicas y el nivel de mejoramiento en base a la coordinación entre los países centroamericanos.

En cuanto al FOMAV, el Consejo Directivo define la política de gestiones. Bajo el presidente ejecutivo están la dirección técnica, de administración general-financiera, de provisión, y de personal. La dirección técnica está compuesta de dos divisiones, una de planificación y otra de proyectos.

Actualmente, en el 2008, trabajan 46 personas en total: 4 gerentes, 13 ingenieros de carreteras y puentes, 13 funcionarios administrativos y 18 asistentes y personas de apoyo. Las gestiones de mantenimiento se realizan a través de contratos con las compañías constructoras, y para el control de las obras se contratan a consultores.

Después de la construcción del puente objeto del Proyecto, el mantenimiento del mismo correrá a cargo del FOMAV. El FOMAV dispone de un cúmulo de antecedentes en administración y mantenimiento, además de tener establecido un marco legal que le permite recaudar fondos a través de la gasolina para cubrir su presupuesto. Por lo tanto, se estima que no se presentarán problemas para la gestión y mantenimiento del puente objeto. No obstante, se adoptará una estructura fácil de mantener.

2-2-1-10 Lineamientos sobre la determinación del nivel de las obras (instalaciones)

El Puente Santa Fe, objeto del Proyecto, se encuentra sobre el Corredor del Atlántico del PPP, y además está muy cerca de la frontera con Costa Rica. Por considerarse éste un punto estratégico para la distribución física internacional se adoptarán los niveles que se indican a continuación.

① Normas de diseño :

- Diseño de la carretera : De acuerdo con las normas AASHTO
- Diseño del puente : Se aplicarán las normas nicaragüenses, basadas en las de la AASHTO, para la composición de anchos, la carga viva de diseño, la resistencia de referencia de los materiales si se utilizan los materiales locales y la carga sísmica. Para los otros elementos, se adoptarán las normas y directrices japonesas indicadas en “Normas Técnicas para Carreteras y Puentes y su Interpretación” (marzo del 2002, Asociación Japonesa de Carreteras)

② Carga viva de diseño : Se adopta una carga 25% mayor que lo previsto en la AASHTO HS20-44

③ Ancho :

- Ancho del puente : Sección de rodamiento $3.6\text{m} \times 2 = 7.2\text{m}$, Hombro $0.9\text{m} \times 2 = 1.8\text{m}$,
Acera $1.0\text{m} \times 2 = 2.0\text{m}$
Total 11.0m
- Ancho de la vía de acceso : Sección de rodamiento $3.6\text{m} \times 2 = 7.2\text{m}$, Hombro $1.8\text{m} \times 2 = 3.6\text{m}$,
Hombro de protección $1.0\text{m} \times 2 = 2.0\text{m}$
Total 12.8m

④ Categoría de la carretera : Carretera troncal internacional (Carretera nacional)

⑤ Velocidad de diseño : 80km/h

2-2-1-11 Lineamientos sobre los métodos y el período de las obras

(1) Lineamientos sobre los métodos de las obra

Según los datos de precipitaciones recolectados en la estación de observación meteorológica de San Carlos, la época seca del área donde está prevista la construcción del Puente Santa Fe, es de cuatro meses, de enero a abril; y la época de lluvia es de 8 meses, de mayo a diciembre. No obstante, como el agua del Lago de Nicaragua afluyen al Río San Juan, el nivel de agua de este río se ve afectado por la variación del nivel de agua del Lago de Nicaragua. Aun así, como el Lago de Nicaragua es inmenso, el nivel del agua no varía tanto. Por consiguiente, la variación del nivel de agua del Río San Juan es menor comparado con la de los otros ríos nicaragüenses, habiéndose registrado una variación máxima de 2.5m en los últimos 15 años.

Aunque los 4 meses de enero a abril corresponden a la época seca, el nivel de agua del Río San Juan no baja notablemente, manteniendo el mismo buen caudal que en la época de lluvia. Normalmente, las obras de la subestructura inmersa en el río (pilas y estribos) se ejecutan durante la época seca, cuando apenas hay agua. Sin embargo, en el caso del Puente Santa Fe, no hay otra opción que ejecutar las obras en el cauce, con abundantes agua aun en la época seca. Por lo tanto, para ejecutar los trabajos de cimentación de las pilas y de subestructura hay que prestar la máxima atención, sobre todo en las obras

de confinamiento y excavación.

Asimismo, el suelo en la orilla hacia San Carlos es blando, con el nivel freático alto, por lo que al igual que para las obras dentro del río, hay que prestar suma atención durante las obras de confinamiento y excavación.

(2) Lineamientos sobre el período de las obra

Tal como se ha indicado anteriormente, en la zona prevista para la construcción del Puente Santa Fe la época seca es muy corta, además de llover un par de veces al día incluso en la época seca. En consecuencia, es necesario elaborar un plan de trabajo eficiente tomando en cuenta esta situación peculiar de la época seca, y la prolongada época de lluvia, más larga que en las otras áreas de Nicaragua. También está previsto construir las vías de acceso mediante el proyecto del BID, detrás del estribo A1 del puente elevado (lado de San Carlos), y detrás del estribo A2 (lado de Costa Rica). En estas circunstancias, se debe planificar el programa de obras del Puente Santa Fe considerando incluso el programa de las obras de dichas vías de acceso.

2-2-2 Plan básico

2-2-2-1 Flujo de trabajo del plan básico

En el plan básico se realizan los estudios necesarios para llevar a cabo el presente Proyecto, como el estudio de la situación actual, determinación de la ubicación del sitio para la construcción del puente, estudio del plan longitudinal del puente, estudio sobre el suelo blando, definición del tamaño del puente, estudio del tipo del puente, etc. y finalmente se determina el estilo del puente. A continuación se presenta el flujo de trabajo del plan básico.

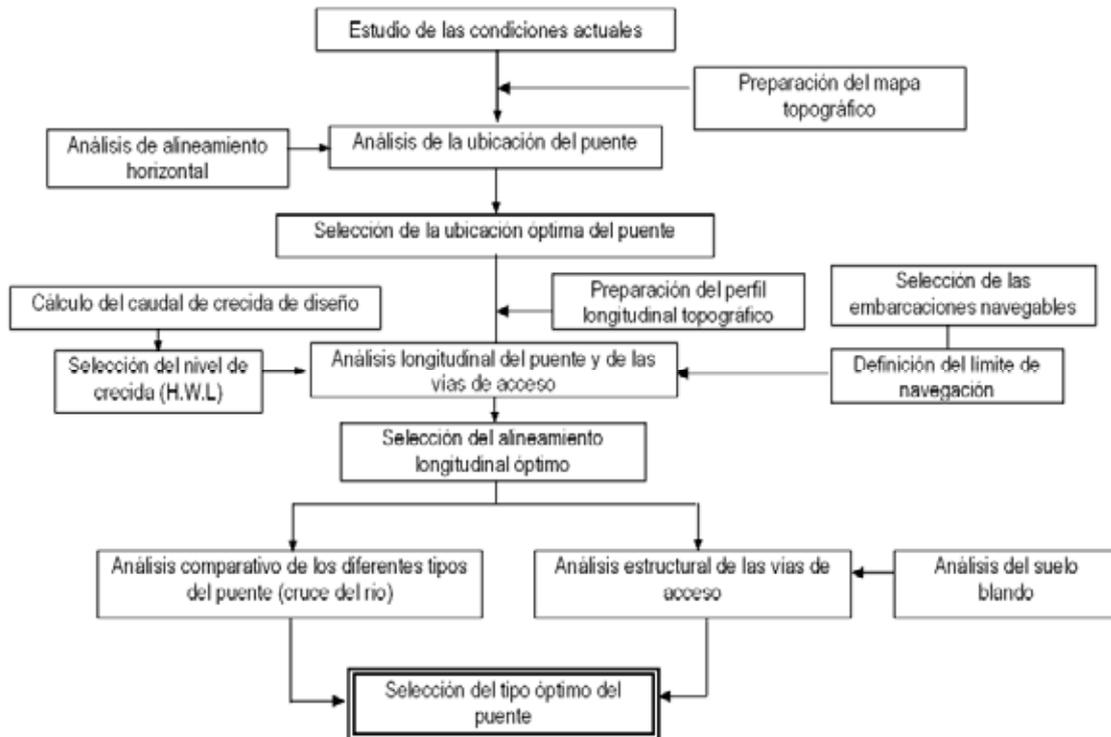


Figura 2-2-5 Flujo de trabajo del plan básico

2-2-2-2 Selección de la ubicación del puente

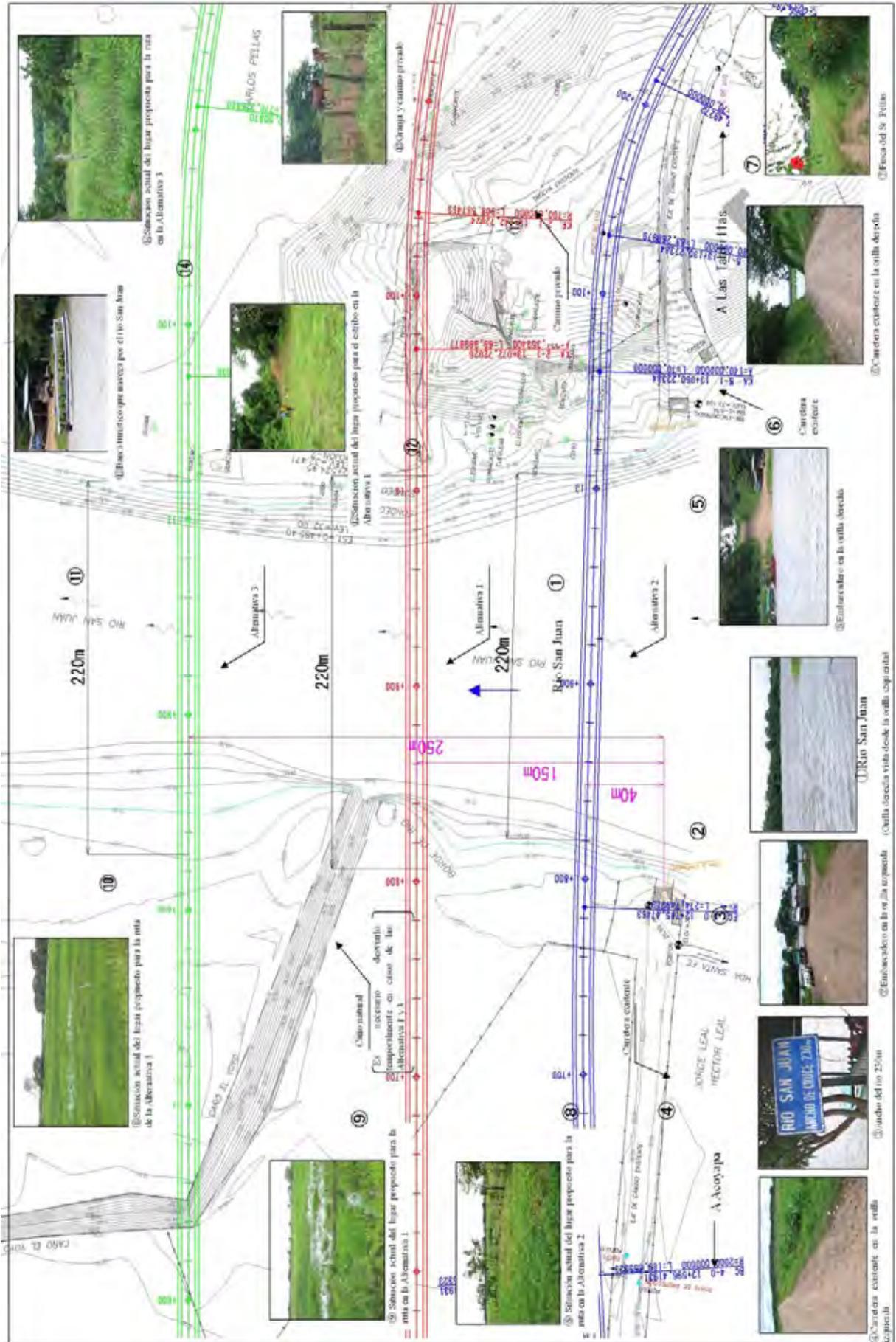
(1) Situación actual del lugar para la construcción del puente

El Río San Juan, sobre el cual se construye el Puente Santa Fe, fluye cerca de la frontera con Costa Rica. Es un río muy largo que sale del Lago de Nicaragua, de 8029km² de superficie, adonde afluyen unos 25 ríos principales. El río corre de San Carlos al Océano Atlántico, tiene unos 200km de longitud y su cuenca se extiende tanto en Nicaragua como en Costa Rica. Como tiene la pendiente del lecho fluvial moderada, el agua corre lentamente. La orilla hacia Costa Rica es muy empinada, con relieves montañosos que dejan ver claramente el borde del agua. Sin embargo, en la orilla hacia Nicaragua se encuentran humedales planos. El agua estancada no permite definir el borde del agua, y no se han formado tampoco diques naturales.

Aunque el ancho del Río San Juan, donde se va a construir el puente, es de 230m según la señalización, en realidad parece tener más de 250m, siendo el nivel de agua bastante alto. En el lugar previsto para la construcción no existe puente, por lo que los vehículos, etc., se trasladan en barcazas, y las personas y bicicletas cruzan el río en lanchas de motor. En el embarcadero de ambas orillas están esperando los taxis y los buses que llevan los pasajeros del embarcadero a su destino.

En los alrededores de la orilla hacia Nicaragua río arriba, se extienden los potreros y existen 4 casas de particulares incluyendo casetas; y río abajo se encuentran humedales con el nivel de agua bastante alto, por lo que no se ve ninguna casa en esta parte y la tierra no está aprovechada. En el área alejada de la orilla, donde no hay ninguna penetración de agua, se extienden los naranjales.

En los alrededores de la orilla hacia Costa Rica se ven relieves montañosos; río arriba se encuentran la finca del Sr. Pellas y algunos naranjales, y río abajo se extienden los potreros y los naranjales sobre las lomas. Figura 2-2-6)



(2) Estudio sobre la ubicación para la construcción del puente

1) Primera selección de las alternativas de ubicación

La Carretera Acoyapa-San Carlos, asignada como el Corredor del Atlántico del Plan Puebla Panamá (PPP), llega a Costa Rica atravesando el Río San Juan. Sin embargo, esta carretera no cuenta con un puente sobre dicho río. En cuanto al Puente Santa Fe, objeto del Proyecto, se seleccionaron 3 alternativas para el primer estudio comparativo en cuanto a la ubicación del nuevo sitio de construcción, las cuales se indican a continuación.

- Alternativa 1 (unos 150m aguas abajo de los embarcaderos): Propuesta recomendada como más idónea en el Informe del Estudio Preliminar
- Alternativa 2 (unos 18m aguas abajo de los embarcaderos): Propuesta original del MTI
- Alternativa 3 (unos 250m aguas abajo de los embarcaderos): Propuesta por ser menor el ancho del río

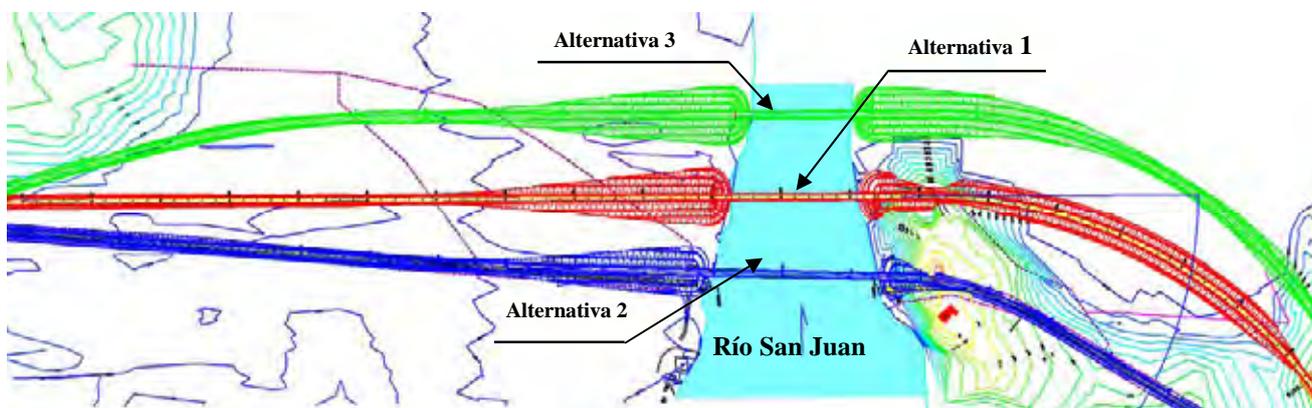


Figura 2-2-7 Primera selección de alternativas de ubicación para la construcción del puente

2) Segunda selección de las alternativas de ubicación

En el Informe del Estudio Preliminar la Alternativa 1 fue recomendada como idónea, sin embargo, tras realizarse un estudio de campo sobre esta ubicación y la Alternativa 2, se llegó a conocer la situación relacionada con la posición prevista del estribo A1 y el terreno trasero (orilla izquierda).

- ① Para construir el estribo y el terraplén es necesario que el suelo del sitio y sus alrededores esté seco. Sin embargo, el suelo de la Alternativa 1 está a más de 1m de profundidad bajo el agua. (Figura 2-2-8).
- ② Para construir el estribo sobre la ruta de la Alternativa 1 es preferible buscar una posición donde el suelo no esté anegado, por lo que es necesario posicionarlo en un punto bastante alejado del río.
- ③ Cuanto más se acerca a la carretera existente, es decir alejándose de la ruta de la Alternativa 1, menor es la profundidad del agua. (Figura 2-2-8).
- ④ La ruta de la Alternativa 1 necesita una obra de gran magnitud de confinamiento con tablaestacas, y hay que construir un nuevo camino de acceso para la obra.
- ⑤ La Alternativa 2 conlleva la demolición y eliminación de los embarcaderos, ya que la ruta pasa cerca de los mismos.

Por las razones arriba mencionadas se modificó la Alternativa 2, cambiando su ubicación de unos 18m a unos 40m aguas abajo de los embarcaderos. Se selecciona la Alternativa 2 modificada como la nueva Alternativa 2.

3) Estudio comparativo de las ubicaciones propuestas

Se estudiaron comparativamente las 3 alternativas propuestas en la segunda selección para la ubicación del puente. A continuación se señalan los resultados en la Tabla 2-2-4. En base a la Tabla 2-2-4, se adopta la Alternativa 2 por ser la óptima. En la Figura 2-2-9 se indica la ubicación seleccionada del puente.



Figura 2-2-8 Plano batimétrico alrededor del estribo A1

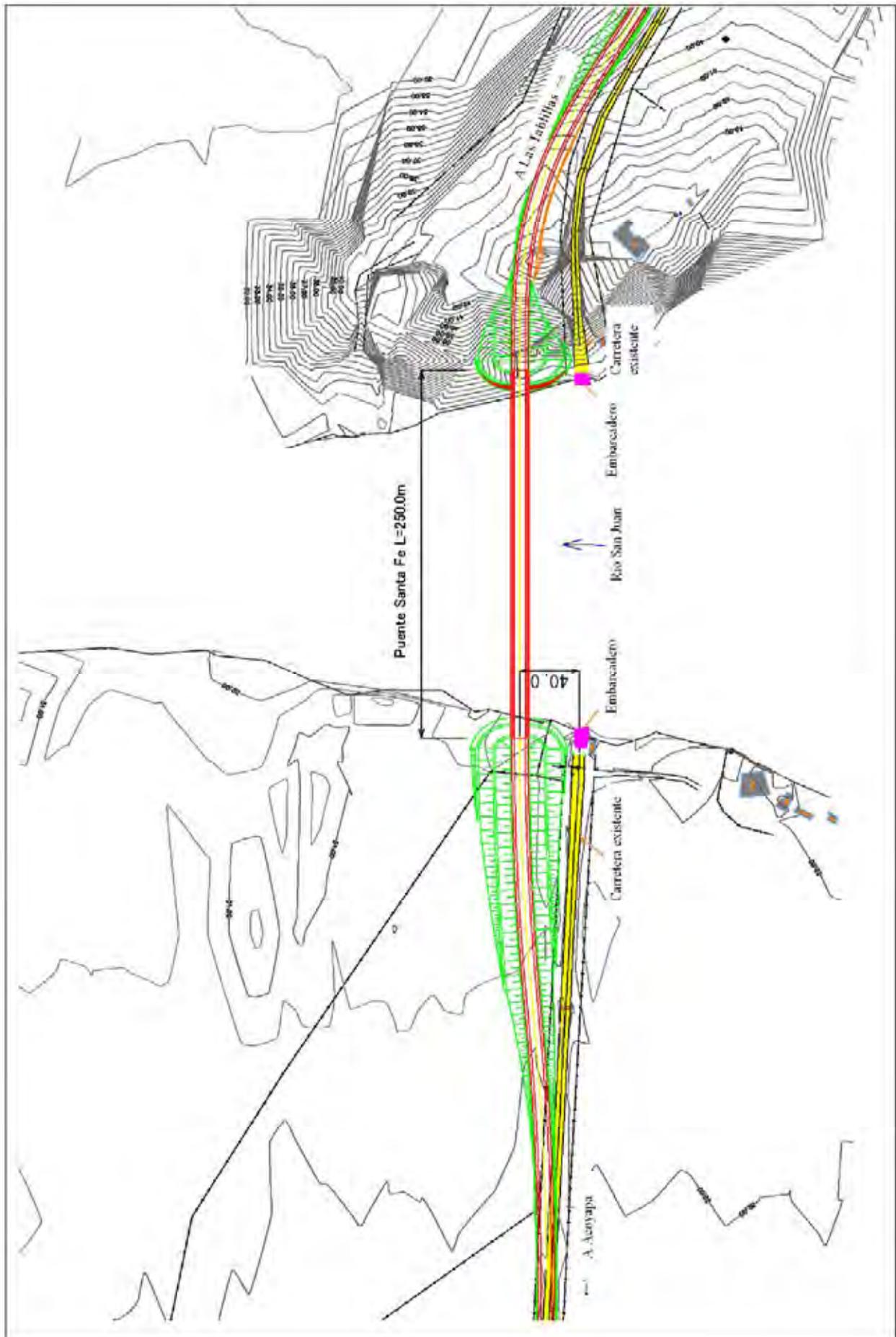


Figura 2-2-9 Plano de la ubicación seleccionada para el puente

2-2-2-3 Plan longitudinal del puente y la carretera

(1) Análisis comparativo del plan longitudinal

En el plan longitudinal del Puente Santa Fe, el considerar o no la navegación de embarcaciones, y el definir el límite de navegación, en caso de que se considere la navegación, constituyen un importante punto de control. Tomando esto en cuenta, en el Estudio Preparativo se propone realizar un análisis comparativo de las siguientes 3 opciones concebidas según el límite de navegación.

1) Opción 1 (Propuesta del Estudio Preliminar)

a) Barcos objeto

En esta opción se establece a las embarcaciones turísticas que circulan en el Lago de Nicaragua como embarcaciones navegables, según el Informe del Estudio Preliminar.

b) Límite de navegación

En esta opción se establece el límite de navegación en 15 m en base a la altura de las embarcaciones turísticas (con una altura de 13.2 m sobre el nivel del agua), según el Informe del Estudio Preliminar.

2) Opción 2 (propuesta del BID)

a) Barcos objeto

El informe de estudio de factibilidad del BID no se ha tomado en cuenta la navegación de las embarcaciones.

b) Límite de navegación

No se definió el límite de navegación ya que no se tomó en cuenta la navegación de las embarcaciones.

3) Opción 3 (propuesta del Estudio Preparatorio)

a) Barcos objeto

A continuación se indican las especificaciones de los barcos de gran tamaño que navegan actualmente por el Lago de Nicaragua. Entre ellos, únicamente el barco de carga La Gran Sultana ha navegado por el Río San Juan, lugar objeto del Proyecto.

A la fecha, no se conoce ningún plan que indique que en el futuro otros barcos navegarán por el Río San Juan.

Tabla 2-2-5 Especificaciones de los barcos objeto

No.	Embarcaciones	Largo (m)	Ancho (m)	Calado (m)	Altura total (m)	Altura fija (m)	Propietarios
1	La Gran Sultana	48.30	8.00	1.20	9.98	8.00	Empresa Portuaria Nacional
2	Hilario Sánchez	33.65	8.00	1.68	9.98		Empresa Portuaria Nacional
3	Gustavo Orozco	33.25	8.00	1.65	9.98	8.15	Empresa Portuaria Nacional
4	Rey del Cocibolca	48.60	8.80	1.40	11.00	10.80	Alcaldía de Altagracia
5	Ferry Ometepe	47.37	8.00	1.30	9.00		Sr. Milton Arcia

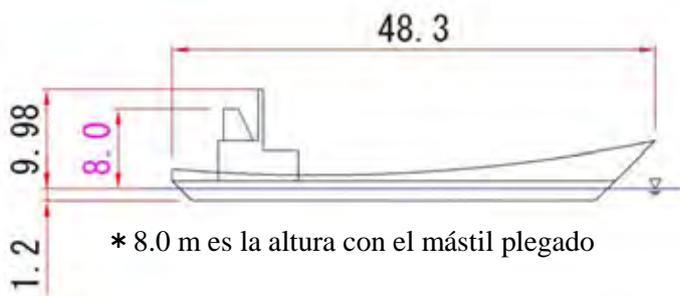


Figura 2-2-10 Especificaciones de La Gran Sultana

Foto 2-2-1 La Gran Sultana

b) Límite de navegación

El límite de navegación (espacio libre) puede influir mucho en el costo de construcción del puente. Por lo tanto, considerando los lineamientos del presente Proyecto de buscar lo justo necesario, se utiliza La Gran Sultana como el barco objeto para estudiar y estimar el espacio libre. Tal como se ve en la tabla de especificaciones arriba indicada, la altura total de La Gran Sultana, desde la superficie del agua hasta el tope del mástil, es de 9.98 m. No obstante, este mástil es plegable, y la altura desde la superficie del agua hasta el objeto fijo del barco con el mástil plegado es de 8.0 m. Por consiguiente, se tomará como referencia la altura máxima del barco, 8.0 m (sobre la superficie del agua) , para considerar la altura libre en el Proyecto.

Por otra parte, se determina un límite de navegación horizontal (ancho) que permita el paso del barco sin que éste choque contra las pilas, aún cuando no pueda navegar en línea recta debido a un accidente, desastre o avería. Es decir que el límite de navegación (ancho) será mayor que la longitud del barco para poder evitar los choques aunque navegue de costado. Por lo tanto, el límite de navegación horizontal adoptado en el Proyecto será de 48.3 m, equivalente a la longitud de La Gran Sultana.

c) Variación del nivel del agua

Tal como se menciona en el inciso 2-2-1-2(1)5) “Nivel de aguas máximo estimado”, el nivel mínimo registrado del agua del Río San Juan durante la época seca en los últimos 15 años en el lugar previsto para el Puente Santa Fe, fue de 30.4 m; y el máximo registrado en la época de lluvia fue de 32.4 m. Por lo tanto, la variación del nivel de agua del Río San Juan a ser considerada para el límite de navegación será de 2.0 m.

d) Antecedentes de la navegación

Los antecedentes de navegación de La Gran Sultana se indican en la figura siguiente. Según este gráfico, se entiende que dicho barco hizo 36 viajes por el Río San Juan en el 2007 (un promedio de 3 viajes por mes) , y 19 viajes en el 2008 (un promedio de 1.6 viajes por mes) . Suponiendo que esta situación de navegación no varía, La Gran Sultana navegará por el Río San Juan un par de veces al mes.



Figura 2-2-11 Antecedentes de navegación de La Gran Sultana

(2) Resultados del análisis comparativo del plan longitudinal

En la Tabla 2-2-6 se presentan los resultados del análisis comparativo de las 3 opciones mencionadas.

Tabla 2-2-6 Análisis comparativo del plan longitudinal

	Opción 1 (Límite de navegación 1.5m)	Opción 2 (sin límite de navegación)	Opción 3 (Límite de navegación de 10m)
Descripción general	<ul style="list-style-type: none"> Opción en la que se determinó la altura longitudinal en función de la altura de los barcos de recreo (1.3 2 m sobre el espejo de agua) que navegan en el Lago Nicaragua según el Estudio Preliminar. Opción que determina el límite de navegación en 1.5m. No tiene impacto sobre la navegación de las embarcaciones porque define el límite de navegación en función de la altura de las embarcaciones más grandes que navegarían en el futuro. 	<ul style="list-style-type: none"> Opción elaborada determinando la altura longitudinal sin tomar en cuenta la navegación de las embarcaciones según el E/F del BID. No se define el límite de navegación Opción muy problemática porque impide la navegación de la mayoría de las embarcaciones, incluyendo las actuales. La altura máxima del terraplen de 4m Vol. de terraplen 37 mil m³ aprox. No presenta problemas por ser una altura de terraplen común 	<ul style="list-style-type: none"> Opción que determina la altura longitudinal en función de la altura de las embarcaciones de carga (9.8m desde el espejo de agua) que navegan por el río San Juan. Opción que determina el límite de navegación en 10m. No tiene impacto sobre la navegación de las embarcaciones porque define el límite de navegación en función de la altura de las embarcaciones más grandes que navegan actualmente. La altura máxima del terraplen de 10m. Vol. de terraplen 55 mil m³ aprox. Terraplen de aprox. 10m de altura, pero el impacto es menor que la Opción 1
Impacto a la navegación	<ul style="list-style-type: none"> La altura máxima del terraplen de 1.6m (vol. de terraplen 162 mil m³ aprox.) La altura máxima del terraplen de 1.6m y requiere obras de medida para el suelo local. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejor opción desde el punto de vista paisajístico, porque se adecua al alineamiento de la topografía local. La opción de menor impacto. 	<ul style="list-style-type: none"> Impacto negativo sobre el medio ambiente por construir terraplen de 10 m en la orilla plana del río. El impacto de las taludes alcanza mayor dimensión, presentando problemas ambientales. Costo de obra intermedio entre opciones 1 y 2 % dentro del costo estimado de las obras: 0.81
Altura (volumen) de terraplen	<ul style="list-style-type: none"> Impacto muy negativo sobre el medio ambiente por construir terraplen de 16 m en la orilla plana del río. El impacto de las taludes alcanza mayor dimensión, presentando problemas ambientales. 	<ul style="list-style-type: none"> Menor costo de obras % dentro del costo estimado de las obras: 0.81 	<ul style="list-style-type: none"> Impacto negativo sobre el medio ambiente por construir terraplen de 10 m en la orilla plana del río. El impacto de las taludes alcanza mayor dimensión, presentando problemas ambientales. Costo de obra intermedio entre opciones 1 y 2 % dentro del costo estimado de las obras: 0.89
Impacto a los caminos de acceso	<ul style="list-style-type: none"> La longitud del límite de navegación es la más alta entre las tres opciones, y por lo tanto más costoso. % dentro del costo estimado de las obras: 1.00 	<ul style="list-style-type: none"> Calificación general: X 	<ul style="list-style-type: none"> Calificación general: O
Paisaje	<ul style="list-style-type: none"> Calificación general: Δ 		
Entorno social y ambiental			
Economía			
Calificación general	<ul style="list-style-type: none"> Calificación general: Δ 	<ul style="list-style-type: none"> Calificación general: X 	<ul style="list-style-type: none"> Calificación general: O

2-2-2-4 Análisis comparativo del tipo de estructura de las vías de acceso

(1) Análisis de la estructura por el lado de San Carlos

1) Medidas contra el suelo blando

Para asegurar el límite de navegación es necesario construir terraplenes altos en la sección de las vías de acceso, donde especialmente por el lado de San Carlos se distribuye una capa de suelo viscoso sumamente blando. En virtud de que las medidas de tratamiento de esta capa afectan considerablemente el costo del Proyecto, se examinarán las obras de contramedida y el plan de ejecución que sean más económicos, una vez identificados el alcance y la magnitud de las medidas a tomar mediante un estudio de las condiciones naturales.

i) Condiciones del suelo

El estudio geológico realizado puso de manifiesto que el suelo blando se extiende en la margen izquierda (lado de Acoyapa) con una profundidad de entre 6 y 7 m aproximadamente en la sección de las vías de acceso (hasta aproximadamente 170 m hacia el interior desde la orilla del río). Por el lado de Costa Rica, es decir, en la margen derecha, no se ha encontrado la distribución del suelo blando.

De acuerdo a los resultados del estudio del suelo, el suelo blando está constituido de tierra arcilloso orgánico de color negro. Por lo general, el suelo arcilloso orgánico se caracteriza por ser sumamente compresible, y propenso a hundimiento prolongado en caso de que se realice un tratamiento convencional (deshidratación y otras técnicas ordinarias).

ii) Técnicas comunes de tratamiento del suelo blando

Las técnicas comúnmente utilizadas para el tratamiento del suelo viscoso y blando son las siguientes: si la capa es poco profunda (menos de 3 m), se realiza la sustitución con el suelo de mejor calidad. Otra opción es no tomar ninguna medida, porque cuando la capa es delgada, el hundimiento se estabiliza en un tiempo relativamente corto. Sin embargo, cuando el suelo blando alcanza una mayor profundidad, como el caso de este Proyecto, es necesario seleccionar una de las medidas que se describen a continuación. Aquí, se describen las diferentes medidas en orden del costo (de bajo a alto)

a) Sin tratamiento

En caso de no realizar ningún tratamiento, el terraplén estará sujeto a una altura límite (por lo general, de 3 m aproximadamente, dependiendo de la calidad del suelo), y no se puede construir un terraplén de mayor altitud porque se colapsa y es imposible realizar las obras.

b) Método de ejecución lenta

Este método consiste en construir el terraplén a un ritmo que concuerde con el incremento de la resistencia del suelo. Se necesita bastante tiempo hasta que se detenga el asentamiento. Por lo general, se debe esperar aproximadamente 2 años para lograr el 90 % del asentamiento. Por encima, se prevee el asentamiento continuo de las vías después de su inauguración (asentamiento residual). Es necesario prestar atención al manejo de la velocidad del terraplenado.

c) Método de consolidación acelerada

Este método consiste en acelerar el asentamiento del suelo instalando materiales de drenaje (columnas de arena, cartón, etc.) de manera continua en la dirección de la profundidad del suelo. La ventaja de este método está en la posibilidad de acortar el tiempo que se necesita para que se estabilice el asentamiento en comparación con el método anterior, pero es necesario conseguir desde un tercer país o desde Japón los equipos especiales y el personal técnico.

d) Método combinado con el sistema de precarga

Este método consiste en acelerar el asentamiento, al igual que el método c), y al mismo tiempo obtener el asentamiento máximo por consolidación en un menor tiempo. Para aplicar la precarga, por lo general, se levanta el rasante del terraplén por 2 m (dejando reposar más de 6 meses). Sin embargo, este método resulta ser poco económico si no se dispone de una gran cantidad de tierra, y al mismo tiempo, si no se tiene identificado el nuevo destino del material después de remover la precarga.

e) Instalación de columnas de arena

Es un método difundido como el método de compactación de arena, que consiste en inyectar a la fuerza una gran cantidad de columnas de arena en el suelo blando para establecer el suelo compuesto de arena y suelo del sitio. El incremento de la resistencia del suelo permite incrementar la estabilidad de la falla por deslizamiento y reducir el volumen de asentamiento. Se necesita conseguir desde un tercer país o desde Japón los equipos especiales y el personal técnico, y además se requiere de una gran cantidad de arena de buena calidad. Además, desde el punto de vista ambiental, se requiere prestar atención a la generación de ruido y vibración y tomar las medidas necesarias durante la ejecución de las obras.

f) Método de mezcla profunda

Este método consiste en construir en el suelo columnas de cemento y/o de otros solidificantes. Mediante la resistencia y la ubicación de las columnas, se puede controlar la estabilidad de la falla por deslizamiento y controlar el volumen del asentamiento. Por su lógica, la obra es similar a la construcción de una estructura artificial enterrada, y como tal, permite frenar el asentamiento del suelo después de su ejecución. Es un método muy difundido en Japón por su efecto inmediato. Produce poco ruido y vibración. Desde el punto de vista ambiental, es necesario monitorear la calidad del agua drenada puesto que se agita el cemento dentro del suelo. Además, se necesita conseguir desde Japón los equipos especiales y el personal técnico.

g) Terraplén ligero

Este método consiste en colocar materiales ligeros en lugar de tierra pesada para el terraplén. Los materiales ligeros pueden ser: mezcla del suelo del sitio + cemento espumado, cemento espumado, agregados ligeros, productos de poliestireno expandido. Se necesita conseguir de Japón los materiales livianos, los equipos especiales y el personal técnico. Generalmente, el precio unitario de estos materiales es alto. Además, para lograr el equilibrio del peso, se necesita excavar el suelo original hasta una determinada profundidad (aproximadamente 2 m).

h) Puente elevado

Es una estructura elevada que se construye sobre la fundación de pilotes. No produce la inestabilidad ni el asentamiento del suelo blando. Además, es fácil de construir como una parte de las obras del puente. Sin embargo, por lo general, es menos económico que el método de tratamiento del suelo blando.

iii) Análisis de los métodos a ser adoptados en el presente Proyecto

A continuación se plantean los aspectos que se deben tomar en cuenta debido a la presencia del estrato arcilloso orgánico altamente compresible del suelo en cuestión.

- Se requiere prevenir el asentamiento del suelo de la carretera existente asociado a la construcción del terraplén, dado que dicha obra se realiza a la par de la carretera. Al mismo tiempo, se debe prevenir el desplazamiento lateral del suelo provocado por la construcción del terraplén.
- Se debe prevenir el asentamiento continuo de la sección de conexión entre el puente y el terraplén después de haber puesto el puente en operación. En particular, el incremento local de la pendiente longitudinal debido al asentamiento parcial en un alineamiento longitudinal con una determinada pendiente, puede obstaculizar el tráfico fluido.

En la siguiente Tabla se resumen los diferentes métodos de ejecución analizados tomando en cuenta los limitantes que enfrenta el presente Proyecto. Al considerar la necesidad de evitar el asentamiento y el desplazamiento lateral del suelo por la construcción del terraplén, y de evitar el asentamiento después que se inicie el uso del puente, se concluye que los métodos viables son el método de mezcla profunda (deep mixing) y el del puente elevado. Cabe recordar que el método de terraplén ligero no es aplicable para una obra extensa, ya que los materiales son especiales y de alto costo y se necesita excavar el suelo.

Tabla 2-2-7 Comparación de la aplicabilidad de los diferentes métodos de tratamiento del suelo blando en el sitio del Proyecto

Métodos	Aplicabilidad		Economía			Propiedades técnicas			Calificación
	Estabilidad	Hundimiento	Costo	Disponibilidad materiales	Disponibilidad equipos	Nivel técnico	Hundimiento continuo	Medio ambiente	Aplicabilidad
Sin tratamiento	×	×	Bajo	Disponible localmente	Disponible localmente	Bajo	Fuerte	No	×
Ejecución lenta	△	△	Bajo	Disponible localmente	Disponible localmente	Intermedio	Fuerte	No	×
Consolidación acelerada	△	△	Regular	Importar	Importar	Intermedio	Intermedio	No	×
Precarga	○	○	Regular	Poco disponibles	Disponible localmente	Intermedio	Sí	Dispos. suelo residual	×
Columnas de arena	○	○	Alto	Poco disponibles	Importar	Alto	Sí	Ruidos / vibración	×
mezcla profunda	◎	◎	Alto	Disponible localmente	Importar	Alto	No	Monitoreo calidad de agua	○
Terraplén ligero	◎	◎	Alto	Importar	Importar	Alto	No	Dispos. suelo residual	△
Puente elevado	◎	◎	Alto	Disponible localmente	Disponible localmente	Alto	No	No	○

2) Análisis comparativo de diferentes tipos estructurales

Se analizaron y se compararon los siguientes 3 tipos de estructuras de las vías de acceso en el suelo blando por el lado de San Carlos.

- Opción 1: Terraplén (terraplén + mezcla profunda, deep mixing)
- Opción 2: Puente elevado
- Opción 3: Terraplén + puente elevado

En la Tabla 2-2-8 se presentan los resultados del análisis comparativo de las tres opciones mencionadas.

En base a la Tabla 2-2-8 se comprobó que la estructura óptima de la vía de acceso por el lado de San Carlos es la del puente elevado, por lo que se decidió adoptar esta opción.

Tabla 2-2-8 Análisis comparativo de los diferentes tipos estructurales (por el lado de San Carlos)

Opciones	Opción 1: terraplén	Opción 2: puente elevado	Opción 3: terraplén+puente elevado
Planos de las opciones	<p>Vista lateral</p> <p>Plano de planta</p>	<p>Vista lateral</p> <p>Plano de planta</p>	<p>Vista lateral</p> <p>Plano de planta</p>
Economía	Es la opción menos económica por el gran espesor del suelo blando y la altura del terraplén (1.03)	Es la opción más económica porque no se ve afectada por el espesor del suelo blando y la altura del terraplén (1.00)	Es la opción intermedia en términos de economía entre la Opción 1 y Opción 2 (1.01)
Consideraciones ambientales y sociales	Presenta problemas como: retención de agua, impedimento del movimiento de flora y fauna acuática, requerimiento de grandes cantidades de tierra.	Casi ningún impacto	Puede mitigar los efectos al construir puente elevado en un determinado tramo.
Área del terreno requerido	Grande	Reducido	Mediano
Paisaje	Sensación de opresión	Buena	Buena
Dificultades técnicas	Es necesario prestar atención en la estabilidad del terraplén alto durante sismos, y como estructura que se construye al borde del agua.	Ninguna	Ninguna
Operación y mantenimiento	Alto riesgo de derrumbes y hundimiento por los sismos, inundaciones, peso de los vehículos, etc.	No requiere de ningún mantenimiento por ser un puente de hormigón.	Alto riesgo de derrumbes y hundimiento del terraplén por los sismos, inundaciones, peso de los vehículos, etc.
Calificación general	Alto costo, por el volumen de la tierra a moverse por ser alto el terraplén Δ	opción más recomendable \odot	Viable económicamente con bajo terraplén \circ

(2) Análisis estructural por el lado de Costa Rica

A diferencia del lado San Carlos, no existe el suelo blando en el lado de Costa Rica. Sin embargo, es necesario ajustar el perfil longitudinal del puente en la parte del cruce para asegurar el límite de navegación, lo que implica que es necesario elevar la vía de acceso detrás del estribo. Así, se hace necesario un terraplén alto también por el lado de Costa Rica. Por esta razón, se realizó el análisis comparativo de las diferentes opciones del terraplén y del puente. Se seleccionaron las 4 opciones estructurales que se mencionan a continuación y se realizó el análisis comparativo enfocándose principalmente en el aspecto económico.

- Opción 1 (Terraplén): (longitud de la de la vía L=41.0m)
- Opción 2 (Puente A): Puente con vigas T continuas de PC de 2 claros
(longitud del puente L=2×21.5 m=43.0 m)
- Opción 3 (Puente B): Puente con vigas T simple de PC (longitud del puente L=43.0 m)
- Opción 4 (Puente C): Puente con vigas T simple de PC +terraplén
(longitud del puente L=30.0 m+longitud de la vía L=21.0 m)

La Tabla 2-2-9 muestra los resultados del análisis comparativo de las 4 opciones estructurales. El análisis indica que también para el lado de Costa Rica, la opción más conveniente es la del puente. Como el Puente A es el más económico de los 3 puentes, se decidió adoptar dicha opción.

Tabla 2-2-9 Análisis comparativo de los diferentes tipos estructurales (por el lado de Costa Rica)

Opciones	Vista lateral	Economía
<p>Opción 1 Terraplén (Longitud de la vía L=41.0 m)</p>		1.65
<p>Opción 2 Puente A (puente con vigas T continuas de PC de 2 claros) (Longitud del puente L=2×21.5 m=43.0 m)</p>		1.00
<p>Opción 3 Puente B (puente con vigas T simple de PC) (Longitud del puente L=43.0 m)</p>		1.18
<p>Opción 4 Puente C (puente con vigas T simple de PC +terraplén) (Longitud del puente L=30.0 m Longitud de la vía L=21.0 m)</p>		1.19

2-2-2-5 Plan General

(1) Alineamiento horizontal final

En virtud de haberse optado por la construcción de los puentes elevados, tanto por el lado de San Carlos como por el lado de Costa Rica, ya no es necesario ejecutar el terraplén para las vías de acceso, y por ende, tampoco es necesario construir las taludes del terraplén. Por consiguiente, se modificó el alineamiento horizontal inicialmente propuesto, para que éste se aproxime en lo posible al alineamiento de las vías existentes, procurando no afectar a los embarcaderos existentes. La ubicación del puente propuesto en el plan original, 40m aguas abajo de los embarcaderos, fue modificado a 28m aguas abajo de los mismos. En la Tabla 2-2-12 se presenta el alineamiento horizontal final.

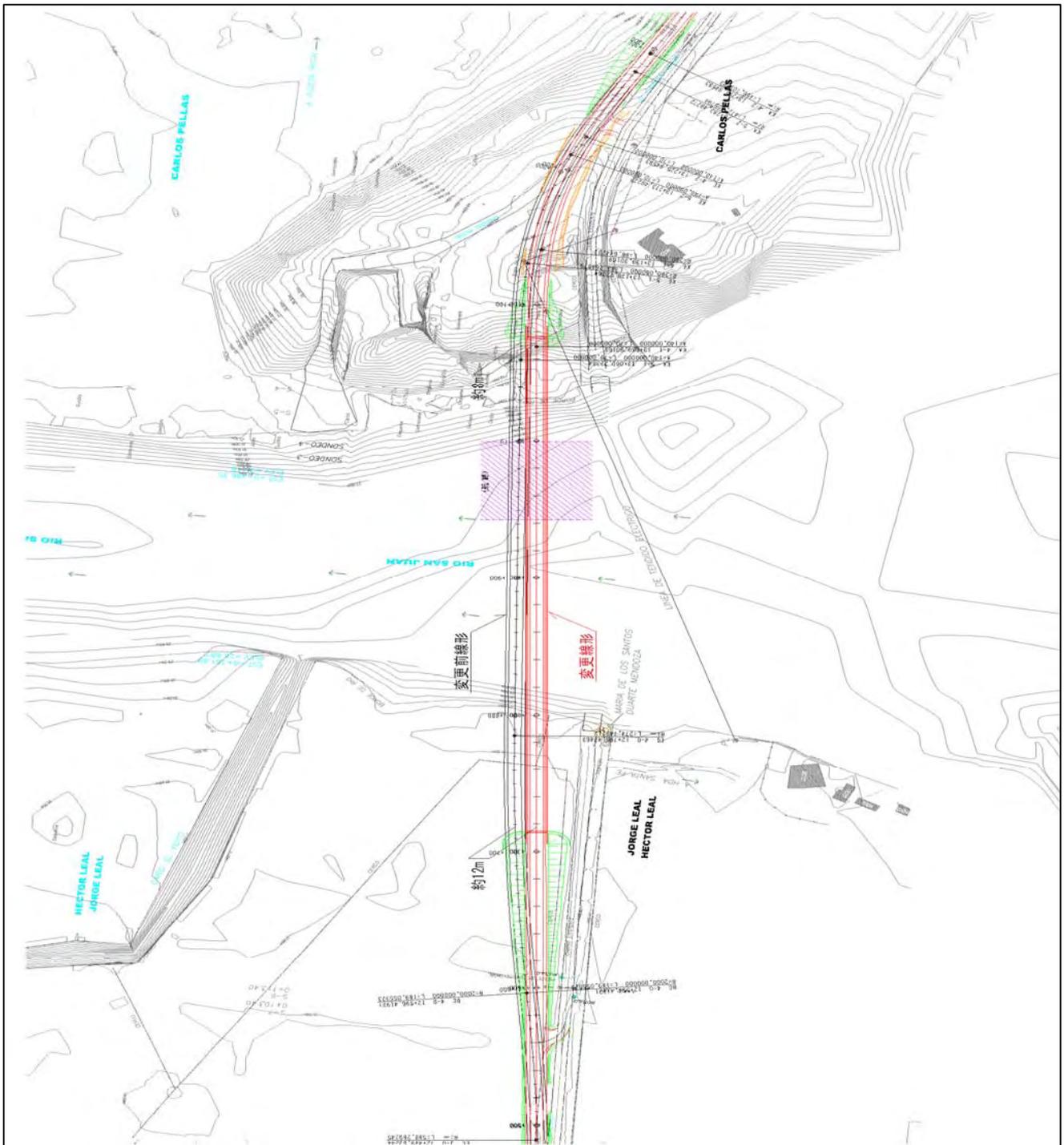


Figura 2-2-12 Alineamiento horizontal final

(2) Plan de alineamiento longitudinal (final)

Con relación a la Opción 3 (Estudio Preparatorio, límite de navegación de 8m) seleccionada en el inciso 2-2-2-3 “Plan longitudinal del puente y la carretera”, se determinó el punto de control aplicando los siguientes criterios, para determinar el alineamiento longitudinal de las opciones de PC de 3 claros y de PC de 5claros.

- Nivel de agua estándar: NAME=32.4m
- límite de navegación : H=8.0 m (Altura estructural máxima de una embarcación con mástil plegado)
- Ubicación del límite de navegación: Debajo de la viga de las pilas dentro de la ruta de navegación de las embarcaciones
- Punto de control: $H = H.W.L + \text{límite de navegación} + \text{altura de la viga} + \text{espesor del pavimento}$
- En caso de puente de PC de 3 claros: $H = 32.4\text{m} + 8.0\text{m} + 7.5\text{m} + 0.2\text{m} = 48.1\text{m}$
- En caso de puente de PC de 5 claros: $H = 32.4\text{m} + 8.0\text{m} + 3,8\text{m} + 0.2\text{m} = 44.4\text{m}$
- Pendiente máxima longitudinal: 3.5%

En la Figura 2-2-13 se presenta el alineamiento longitudinal de los puentes de PC3 y de PC5 diseñado aplicando los criterios antes mencionados. En base a la Figura 2-2-13 se decidió adoptar la opción de 5 claros (navegación en el tramo extremo), ya que esta opción permite minimizar la altura longitudinal.

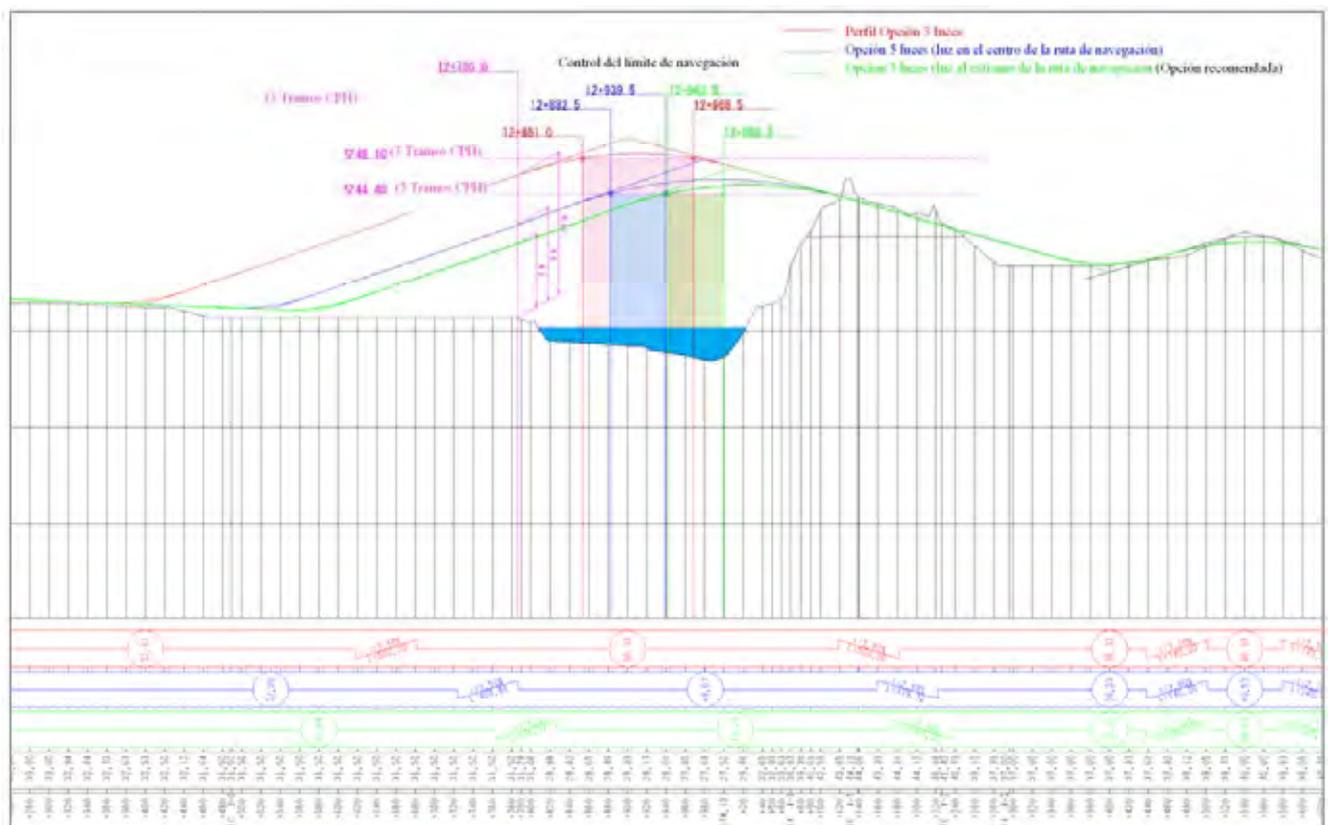


Figura 2-2-13 Comparación final de alineamiento longitudinal

(3) Criterios aplicables de diseño

1) Criterios de diseño de las carreteras

El diseño geométrico de las vías en Nicaragua se ajusta a las normas de SIECA, que básicamente se basa en las normas norteamericanas AASHTO. Si bien es cierto que actualmente, la Secretaría de Integración Económica Centroamericana está trabajando en la preparación de las diferentes especificaciones, éstas se fundamentan en las normas AASHTO de EE.UU., tanto es así que no existe gran diferencia entre los países, en lo concerniente al diseño y construcción de las carreteras principales. Por consiguiente, las obras del presente Proyecto se basarán en las normas establecidas en Nicaragua (SIECA) y en las de la AASHTO, utilizando las normas japonesas (Decreto sobre la Estructura Vial) en caso que se encuentren algunos elementos faltantes. En la Tabla 2-2-10 se muestran los criterios de diseño de las vías.

Tabla 2-2-10 Criterios de diseño de las vías

Variables		Normas nicaragüenses (SIECA)	AASHTO	Legislación sobre la estructuras de carreteras	Valores adoptados
Carreteras		Carreteras principales regionales	Carreteras principales regionales	Carreteras regionales (Clase III)	Caminos principales regionales
Topografía (plana/ondulada /montañosa)		Ondulado	Ondulado	Plana	Rolling
Velocidad de diseño	km/h	70	80 – 100	80	80
Vehículos de diseño		WB-20	N.A	Semirremolque	WB-20
Ancho del carril	m	3.6 x 2	7.2	3.5 x 2	3.6 x 2
Ancho del hombro (exterior)	m	1.2 – 1.8	2.4	1.75	1.8
Pendiente máxima longitudinal	%	5.0	5.0	4.0	3.5
Pendiente máxima lateral	%	8.0	10.0	10.0	9.0
Pendiente transversal normal	%	2.0	2.0	2.0	2.0
Distancia visual de paro	m	85 – 140	130	110	140
Radio mínimo de la curva horizontal (valor absoluto)	m	135 – 250	250	230-280	280
Radio mínimo de la curva longitudinal (Valor K) (convexo)	m	200m/%	2,600	3,000	3,800
Radio mínimo de la curva longitudinal (Valor K) (cóncavo)	m	203m/%	3,000	2,000	2,000
Parámetro mínimo de curva de transición (Valor A)	-	-	-	140	140
Curva mínima de transición	m	60	44	70	70

2) Criterios de diseño del puente

i) Condiciones hidrológicas

a) Caudal de crecida de diseño

Supuestamente, hay una distancia aproximada de 9km desde la estación limnimétrica hasta el lugar previsto para la construcción del puente (calculada según el mapa topográfico). En realidad, el nivel de agua de dicho lugar puede ser más bajo que el de la estación limnimétrica, por la pendiente del agua superficial del río. Sin embargo, en el caso del río en cuestión, se adoptará el nivel del agua de la estación limnimétrica por las siguientes razones: ① como la pendiente del río es muy moderada, se considera que la pendiente del agua superficial no afecta tanto la variación del nivel; ② no se ha realizado la observación del nivel de agua en el lugar previsto para la construcción del puente, por lo que es difícil calcular la pendiente del agua superficial, desde la estación limnimétrica hasta el lugar previsto para la construcción del puente; ③ la estación limnimétrica se encuentra aguas arriba del lugar previsto para la construcción del puente, de manera que es más seguro si se estima el nivel máximo del agua para la construcción del puente en base al nivel de la estación limnimétrica; y ④ se supone que ocurre una situación imprevista en casos de inundación, como la generación de afluentes o desbordamiento, por lo tanto, se requiere una planificación que tienda a buscar la mayor seguridad.

Para determinar el caudal de diseño se tomó en cuenta que la sección del río es casi homogénea con pocas variaciones, ya que la pendiente del río es moderada y hay pocos tributarios que afluyen. Además existen datos disponibles del nivel de agua. Se preparó la curva de nivel y caudal de agua del sitio propuesto del puente a partir de los datos de la sección del río según el levantamiento topográfico, y así se determinó el caudal correspondiente al nivel máximo estimado del aguas.

Como resultado, se puede estimar que el caudal correspondiente al nivel de aguas máximo estimado de 32.4 m es de aproximadamente 500 m³/s.

b) Nivel de aguas máximo estimado

La planificación longitudinal del puente que atraviesa un río se define generalmente según el nivel de aguas máximo estimado (NAME). Sin embargo en el caso del Puente Santa Fe, actualmente navegan barcos de carga y de turismo por el Río San Juan. Por consiguiente, es posible que la planificación longitudinal del puente se defina según el tamaño de estos barcos, aparte del nivel de aguas máximo estimado (NAME). Es sumamente importante examinar el límite de navegación.

Según los resultados del estudio del nivel de aguas máximo estimado (NAME) mediante el análisis hidráulico e hidrológico, no se detectó ni crecida rápida ni inundación por la lluvia.

Por otro lado, el nivel del agua fluvial varía extremadamente durante el año y existe una gran diferencia en el nivel entre la época de lluvia y la seca. Los datos registrados de la observación del nivel de agua en estos 15 años indican que la variación oscila entre 30.43m y 32.36m, lo que casi coincide con el nivel máximo del agua conocido por los antecedentes, según el resultado de las entrevistas realizadas. (No obstante existen períodos no observados en el registro. La conclusión se obtuvo utilizando únicamente los datos observados.)

Igualmente, se supone que la variación del nivel del agua en el lugar previsto para la construcción del puente es de unos 2m, es decir el nivel máximo estimado del agua es de unos 32.4m.

c) Profundidad de la socavación

La altura de la base de las pilas se determina tomando en cuenta la socavación por las pilas. La profundidad de socavación, según las normas japonesas, debe ser de 2.0 m más que el lecho de diseño o el lecho más profundo, cualquiera que sea más bajo. Por lo tanto, en el presente Proyecto se propone hacer penetrar la zapata de las pilas a más de 2.0 m desde el lecho más profundo, o dentro de la capa de roca. Para los estribos con cimentación directa, se empotrará suficientemente la base de la zapata en la capa de soporte de buena calidad como capa de roca, esquisto de barro, arenas y gravas, etc. Se ejecutarán las obras de protección de pilares según sea necesario.

d) Protección de la ribera

El lugar del puente sobre el Río San Juan se ubica aguas abajo del Lago de Nicaragua, donde el flujo de agua es relativamente lento y poco propenso a flujos rápidos provocados por las inundaciones. El suelo alrededor del lugar de construcción está constituido por sedimentos, principalmente de limo y arcilla, arrastrados por las aguas del Río San Juan, los cuales forman un suelo blando. Dado que aguas arriba está el Lago de Nicaragua, los sedimentos aportados son principalmente carga de lavado (wash load) con pocos cantos rodados.

Por lo tanto, para proteger las márgenes se propone ejecutar las obras de gaviones, ya que es difícil conseguir los materiales para el enrocado y los bloques de concreto son difíciles de trabajar, mientras que los gaviones se adaptan fácilmente a las diferentes condiciones del lecho y son fáciles de instalar.

ii) Carga viva de diseño

La carga viva de diseño será de HS20-44 (AASHTO) +25%, tomando en cuenta las condiciones que se mencionan a continuación para que ésta coincida con la carga de tráfico real.

- El MTI solicita a JICA aplicar la carga viva de diseño de HS20-44+25 % también para los puentes sobre la ruta No. 25.

- En los países centroamericanos se define la carga viva de diseño de las estructuras sobre las carreteras de transporte donde pasan los camiones grandes articulados en HS20-44+25 %.
- El peso límite por eje de los vehículo en Nicaragua se define según el tipo de vehículos, pero en todo caso la carga máxima supera los valores de HS20-44 (AASHTO) (véase la Figura 2-2-14).
- En realidad, transitan los vehículos que superan el peso límite por eje arriba indicado.
- El Estudio de Diseño Básico para el Proyecto de la Reconstrucción de los Puentes en Carreteras Principales (segunda fase) demostró la relevancia de aplicar una carga viva de diseño de HS20-44+25 % con base en los resultados de medición de peso por eje de los vehículos circulantes.

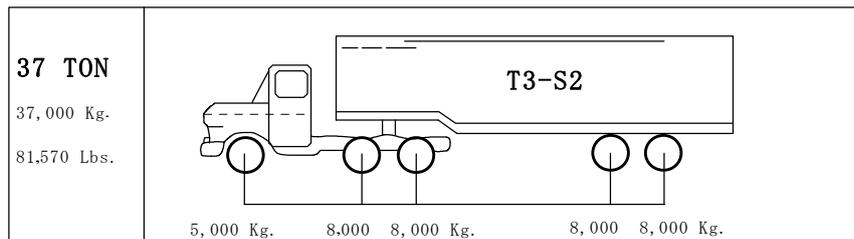


Figura 2-2-14 Carga máxima permisible y peso por eje en Nicaragua

iii) Carga sísmica

El coeficiente sísmico horizontal para el diseño sismorresistente en Nicaragua está definido en el (Reglamento Nacional de Construcción Junio 2005). Este documento incluye un mapa que define los diferentes niveles de coeficiente sísmico horizontal de diseño para todo el país (エラー! 参照元が見つかりません。). De acuerdo a este mapa, el coeficiente es de 0.20 en el lugar de construcción del Puente Santa Fe. Por lo tanto, se considera relevante aplicar $K_h=0.20$ para el diseño termorresistente del presente Proyecto.

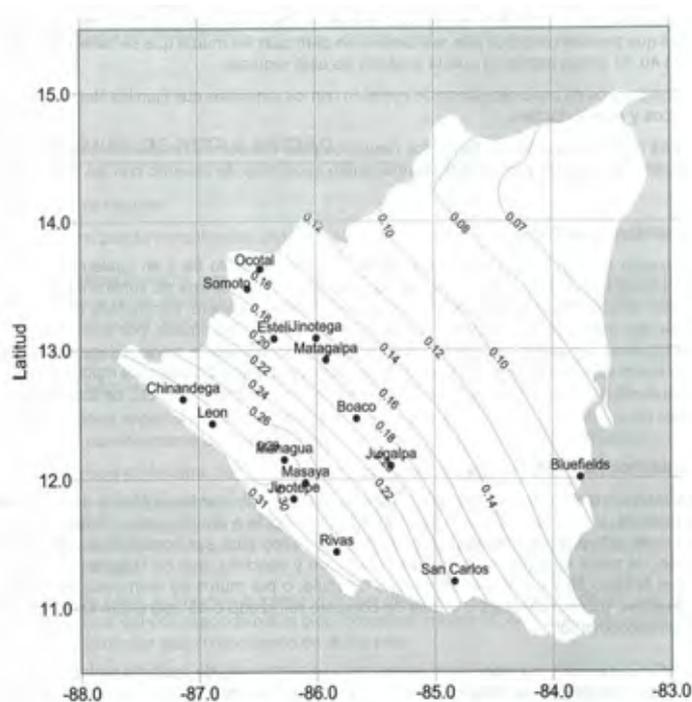


Figura 2-2-15 Mapa de coeficientes sísmicos horizontales de Nicaragua

iv) Resistencia de los materiales

- ① Resistencia de diseño del PC de la superestructura
La resistencia de diseño del PC para la superestructura será de $\sigma_{ck}=35 \text{ N/mm}^2$.
- ② Resistencia de diseño del concreto armado
La resistencia de diseño del concreto armado para la subestructura, la cimentación, la vereda, las baranda tipo muro, etc. será de $\sigma_{ck}=24 \text{ N/mm}^2$.
- ③ Resistencia de diseño del concreto sin refuerzo
La resistencia de diseño del concreto sin refuerzo de nivelación y de relleno para las juntas de las aceras, etc. será de $\sigma_{ck}=18 \text{ N/mm}^2$.
- ④ varillas de acero
Las varillas de acero a ser utilizadas en el presente Proyecto estarán de acuerdo a las especificaciones de SD345.
El esfuerzo unitario de elasticidad de de las varillas será de $\sigma_{sy}=345 \text{ N/mm}^2$.
- ⑤ Materiales de acero PC
 - Cable interno: cable trenzado de acero de PC 12S12.7 (SWPR7BL)
 - Tensado transversal: cable trenzado de acero de PC 1S28.6 (SWPR19L)

(4) Plan del ancho de la acera

Se realizó el análisis comparativo de las siguientes cuatro opciones sobre el ancho de la acera.

- Opción 1: Aceras a ambos lados (ancho de 1.0 m)
- Opción 2: Aceras a ambos lados (ancho de 1.5 m)
- Opción 3: Aceras a ambos lados (ancho de 2.0 m)
- Opción 4: Acera a un sólo lado (ancho de 2.0 m)

En la Tabla 2-2-11 se presenta los resultados del análisis comparativo de las 4 opciones. La tabla demuestra que la Opción 1 es la más conveniente, por lo que se adoptó la opción de construir aceras a ambos lados (con ancho de 1.0 m).

Tal como se indicó en el inciso 2-2-1-4 “Lineamientos sobre el ancho del puente”, la sección transversal estándar del puente se establece a como sigue: ancho de la sección de rodamiento: $3.6\text{m}\times 2=7.2\text{m}$, ancho del hombro: $0.9\text{m}\times 2=1.8\text{m}$, ancho de la acera: $1.0\text{m}\times 2=2.0\text{m}$, sumando en total 11.0 m (ancho efectivo).

2-2-2-6 Plan de la obra (instalación) vial

(1) Análisis del tipo de la superestructura

1) Análisis comparativo del tipo del puente principal

De acuerdo a la Figura 2-2-9 “Plano de la ubicación seleccionada para el puente”, la longitud del puente principal es de 250.0 m., por lo tanto se decide el claro del puente según la siguiente tabla.

Tabla 2-2-12 Longitud del claro estándar aplicable

Tipo de superestructura	Claro recomendable			Idoneidad curvas		Altura viga/claro	
	50 m 36m	100 m 120m	150 m	Estruct. principal	Superficie puente		
Puente de acero	Viga de acero compuesta				○	○	1/18
	Viga de acero simple				○	○	1/17
	Viga de acero continuas				○	○	1/18
	Viga de cajón simple				○	○	1/22
	Viga de cajón continuo				○	○	1/23
	Armadura simple				×	○	1/9
	Armadura continua				×	○	1/10
	Viga “deck Langer” inversa				×	○	1/6,5
	Viga “deck Lohse” inversa				×	○	1/6,5
	Arco				×	○	1/6,5
Puente de PC	Viga pretensada				×	○	1/15
	Losa alveolada				○	○	1/22
	Viga simple en T				×	○	1/17,5
	Viga Simple compuesta				×	○	1/15
	Viga continua en T , viga compuesta				×	○	1/15
	Viga continua compuesta				×	○	1/16
	Viga simple de cajón				○	○	1/20
	Viga continua de cajón (cantilever)				○	○	1/18
	Viga continua de cajón (proceso de empuje del tablero o de apoyo)				○	○	1/18
	Marco rígido tipo π				×	○	1/32
puente de RC	Losa alveolada				○	○	1/20
	Continuo, con spot arch				○	○	1/2

Tomando como referencia esta información, se seleccionaron las siguientes 3 opciones de tipo de puente y se realizó un análisis comparativo.

Cabe recordar que si se compara el puente de acero con el puente de PC, el puente de acero tiene algunas ventajas como el período de ejecución relativamente más corto y la facilidad de la construcción. Sin embargo, desde el punto de vista económico, tiene la desventaja de ser más costoso, ya que se tiene que contratar empresas japonesas o de terceros países para la adquisición de los

materiales de la superestructura y fabricación y montaje de la misma. Si se contrata una empresa de un tercer país para la fabricación y montaje de la superestructura, es probable que no se realicen las inspecciones necesarias de la soldadura de la conexión de las partes, etc., por lo que la calidad puede ser problemática. Además, por la corrosión que se puede presentar, es desventajoso en cuanto al mantenimiento. Como el puente de acero es inferior en el aspecto económico y en el mantenimiento comparado con el puente de PC, se descartó la opción del puente de acero.

- Opción 1: Puente con vigas I continuas de PC de 7 claros ($7@36.0\text{ m}=252.0\text{ m}$),
- Opción 2: Puente con vigas continuas de cajón de marco rígido de PC de 5 claros ($35.0+60.0+60.0+60.0+35.0=250.0\text{ m}$)
- Opción 3: Puente con vigas continuas de cajón de marco rígido de PC de 3 claros ($65.0+120.0+65.0=250.0\text{ m}$)

En la Tabla 2-2-13 se presentan los resultados del análisis comparativo de las 3 opciones. En base a la Tabla 2-2-13, se seleccionó la Opción 2 (puente con vigas continuas de cajón de marco rígido de PC de 5 claros) para el puente principal por ser la opción más ventajosa.

Tabla 2-2-13 Análisis comparativo de tipos de puentes de cruce del río

Tipos de puentes		Características	
<p>Opción 1: Puente de PC de vigas compuestas en "I" de 7 luces</p>	<p>Estructura y resistencia a sismos</p> <p>Comportamiento fluvial</p> <p>Trabajabilidad</p> <p>Operación y mantenimiento</p> <p>Economía</p> <p>Calificación</p>	<ul style="list-style-type: none"> Estructura común con vigas de hormigón pretensado Es el tipo continuo, pero por utilizar vigas simples con mayor número de tramos, es la opción con menos resistencia a los sismos. Mayor número de pilas, razón de bloque por pila de más de 8%, requiere de medidas de seguridad ante inundaciones La longitud de luz de 36m no permite el paso de las embarcaciones actuales (de 48.3 m de largo) en sentido La viga principal tipo montada permite ejecutar las obras independientemente a la variación del nivel de agua. El tipo de fabricación de las vigas en el terreno de las nuevas vías de acceso. El tipo de fabricación de las vigas permite fabricar las vigas paralelamente con la ejecución de la subestructura. Periodo estimado de ejecución [Aprox. 29 meses] El puente de hormigón que no requiere de ningún mantenimiento. Sin embargo, las vigas simples requieren de apoyo, además se requiere mayor número de pilas que se traduce también en mayor número de apoyos, que requieren de mantenimiento. La superestructura más económica, pero la subestructura (incluyendo las zapatas) más costosa por mayor número de pilas. Sin embargo, en conjunto, el costo total de obras es el más económico. % del costo estimado de obras [1.00] Es el tipo más económico. Sin embargo, presenta problemas en términos del límite (ancho) de navegación, la razón de bloque por pila, resistencia a sismos, y mantenimiento de apoyos. 	
	<p>Opción 2: Puente PC de vigas cajón portico continuo de 5 luces</p>	<p>Estructura y resistencia a sismos</p> <p>Comportamiento fluvial</p> <p>Trabajabilidad</p> <p>Operación y mantenimiento</p> <p>Economía</p> <p>Calificación</p>	<ul style="list-style-type: none"> El tipo de puente PC con vigas cajón portico continuas. Estructura portico continua ofrece mayor resistencia a los sismos y mejor trabajabilidad. La razón de bloque por pila es de 5 a 7% que no presenta ningún problema. La longitud de luz de 50m permite asegurar el suficiente límite de navegación aun cuando un buque carguero (de 48.3m de largo) navegue en dirección horizontal. Menor número de pilas ofrece menos impacto en la ejecución de obras dentro del río y al entorno acuático. La viga principal es del tipo voladizo que se ejecuta con vehículo móvil (vagoneta), independientemente a la variación de nivel de agua, además puede ejecutarse en tiempo de lluvias. Permite ejecutar simultáneamente el terraplenado para las vías de acceso y el montaje de las vigas. Periodo estimado de ejecución [Aprox. 31 meses] El puente de hormigón que no requiere de ningún mantenimiento. La superestructura y pilas de estructura de marco rígido no requieren de apoyos, y por lo tanto no requiere de mantenimiento de las pilas. La superestructura es más costosa que la Opción 1, pero la subestructura (incluyendo las zapatas) es más económica que la Opción 1 En conjunto, el costo total es similar al de la Opción 1. % del costo estimado de obras [1.03] Es el tipo de puente excelente en términos de resistencia a los sismos, transitabilidad, comportamiento fluvial, trabajabilidad y operación y mantenimiento El costo de obras es similar al de la Opción 1, es decir, es una opción económica.
		<p>Opción 3: Puente PC de vigas cajón portico continuo de 3 luces</p>	<p>Estructura y resistencia a sismos</p> <p>Comportamiento fluvial</p> <p>Trabajabilidad</p> <p>Operación y mantenimiento</p> <p>Economía</p> <p>Calificación</p>

2) 2) Análisis comparativo del tipo del puente de las vías de acceso

i) Por el lado de San Carlos

En el inciso 2-2-2-4(1)2) "Análisis comparativo de diferentes tipos estructurales" se seleccionó la opción de construir un puente elevado por ser más económico. Aquí se analiza el tipo de puente. A continuación se mencionan las 2 opciones para el puente elevado.

- Opción 1: Puente con vigas T continuas postensadas de PC de 3 claros
- Opción 2: Puente con vigas T continuas postensadas de PC de 2 claros

En la Tabla 2-2-14 se resumen los resultados del análisis comparativo de las 2 opciones desde el punto de vista económico. En base a la Tabla 2-2-14 se confirmó que la Opción 1 (Puente con vigas T continuas postensadas de PC de 3 claros) es la más económica, por lo que se decidió adoptar esta opción para el puente elevado por el lado de San Carlos

Tabla 2-2-14 Análisis comparativo final de diferentes tipos estructurales (por el lado de San Carlos)

Opciones	Vista lateral	Economía
<p>Opción 1 Puente con vigas T continuas postensadas de PC de 3 claros (Longitud del puente $L=3 \times 24.0 \text{ m} = 72.0 \text{ m}$)</p>		1.00
<p>Opción 2 Puente con vigas T continuas postensadas de PC de 2 claros (Longitud del puente $L=2 \times 36.0 \text{ m} = 72.0 \text{ m}$)</p>		1.36

ii) Por el lado de Costa Rica

Por el lado de Costa Rica, se adoptó la Opción 2-A por ser la óptima según el inciso 2-2-2-4(2) "Análisis estructural por el lado de Costa Rica" (puente con viagas T continuas de PC de 2 claros).

(2) Análisis de los diferentes tipos de subestructura

1) Selección del subsuelo

Según el estudio geológico, por el lado de San Carlos (margen izquierda) se distribuye el suelo blando constituido de tierra arcilloso orgánico, cuyo espesor oscila entre 6 y 11 m. Por debajo, yace una capa cohesiva de $N = 50$ ó más, la cual es el subsuelo. En cuanto a la parte del río, a una profundidad de entre 3 y 12 m del lecho yace la capa de tierra arcilloso orgánico y arena limosa, y por debajo se encuentra una capa cohesiva de $N = 50$ ó más, la cual es el subsuelo.

Por el lado de Costa Rica (margen derecha) no se encuentra el suelo blando. Existe una capa cohesiva de $N = 20$ aprox. con una profundidad de entre 10 y 12 m. Por debajo, yace una capa cohesiva de $N = 50$ ó más, la cual es el subsuelo. Asimismo, en el sitio del estribo A2, existe una capa de roca a unos 4 m desde la superficie actual del suelo y ésta el subsuelo.

2) Empotramiento de las pilas

Las zapatas de las pilas dentro del río (cauce de aguas bajas) serán empotradas a más de 2.0 m desde la parte más profunda del lecho. Asimismo, las zapatas de las pilas en el cauce de aguas altas serán empotradas a más de 1.0 m desde la superficie actual del suelo.

3) Tipos de subestructura y cimentación

En la Tabla 2-2-15 se presenta la comparación de los tipos de la subestructura y en la Tabla 2-2-16 los tipos de la cimentación.

La altura del estribo se determinó en 12 m tomando en cuenta la altura de diseño en el sitio del puente y la profundidad de empotramiento en la capa de soporte (empotramiento de 50 cm aproximadamente). Por lo tanto, se seleccionó el estribo tipo T invertido. En lo que concierne a las pilas, éstas serán de forma ovalada, ya que se las instalan dentro del río.

Tabla 2-2-15 Selección del tipo de subestructura

Tipo	Tipos	Altura aplicable (m)			Condiciones de aplicación
		10	20	30	
Estribos	1. Gravedad	■			Es un tipo apropiado cuando la capa de soporte es poco profundo y para la cimentación directa.
	2. T invertido	■	■		Es el tipo muy aplicado y es apropiado para la cimentación directa.
	3. Contrafuerte		■		Es un tipo adecuado para los estribos altos. Requiere pocos materiales pero el período de ejecución es prolongado.
	4. Cajón		■		Es el tipo desarrollado para estribos altos. El período de ejecución es relativamente prolongado.
Pilas	1. Columna	■			Es el tipo apropiado para pilas bajas, con difíciles condiciones de cruce, o para ser instalada dentro del río.
	2. Marco rígido		■		Es el tipo apropiado para un puente ancho con pilas relativamente altas. Puede obstaculizar el flujo en el momento de inundaciones si está dentro del río.
	3. Caballete de empalizada		■		Es el tipo más económico pero no es apropiado para un puente de gran fuerza horizontal. Puede obstaculizar el flujo en el momento de inundaciones si está dentro del río.
	4. Ovalada		■	■	Es el tipo apropiado para un puente con pilas altas y de gran fuerza externa.

Tabla 2-2-16 Selección del tipo de cimentación

Criterios de selección		Tipo de cimentación		Cimentación de pilotes hincados		Cimentación de pilotes instalados por excavación interna				Cimentación de pilotes fundidos en el sitio				Cimentación de cajón		Cimentación de tubo de acero y tablaestacas	Cimentación de muro continuo empujado				
				Cimentación directa	Pilotes reforzados	Pilotes de concreto	Pilotes de acero	Pilotes de concreto reforzado	Pilotes de acero	Pilotes de concreto		Pilotes de acero		All casing	Reverso			Taladro de tierra	Profundo	Cimentación de cajón	
										Extrusión, agitación	PerCUSión concreto	Extrusión, agitación	PerCUSión concreto							Neumático	Abierto
Condiciones del suelo	Condiciones hasta el subsuelo	Suelo blando en la capa intermedia		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
		Suelo sumamente rígido en la capa intermedia		○	×	△	△	○	○	○	○	○	△	○	△	○	○	△	○		
		Grava en la capa intermedia	Gravas con diám. de 5 cm o menos	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
			Gravas entre 5 cm~10 cm de diám.	○	×	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	○	○	○	△	○	
			Gravas entre 10 cm~50 cm de diám.	○	×	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	○	○	△	×	△	
	Contiene suelo propenso a licuefacción		△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	Condiciones del subsuelo	Profundidad del subsuelo	Menos de 5 m		○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
			5~15 m		△	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	△	
			15~25 m		×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			25~40 m		×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○
			40~60 m		×	×	△	○	△	△	○	○	△	○	×	×	△	○	○	○	○
		60 m ó más		×	×	×	△	×	×	×	×	×	△	×	×	×	△	○	△	△	
		Calidad del subsuelo	Suelo cohesivo (20=N)		○	○	○	○	○	×	△	○	×	△	○	○	○	○	○	○	○
	Arena, arena/gravas (30=N)		○	○	○	○	○	○	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○		
	Muy inclinado (30° o más)		○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	△	△	○	○	△	△	△		
Superficie del subsuelo muy irregular		○	△	△	○	△	△	△	○	△	△	○	○	○	○	○	△	△			
Condiciones del agua subterránea	Nivel freático cercano a la superficie		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○			
	Abundante manantial de agua		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	×	○	○	○	○	△		
	Agua confinada de más de 2m desde la superficie del suelo		×	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	△	△	○	×			
	Velocidad de flujo de agua subterránea de más de 3 m/min		×	○	○	○	○	×	×	○	×	×	×	×	○	△	○	×			
Propiedades de las estructuras	Magnitud de carga	Bajo carga vertical (claro libre 20m ó menor)		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	△	×	×		
		Carga vertical normal (luz libre 20 m~50 m)		○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		Carga vertical alta (luz libre 50 m)		○	×	△	○	△	△	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	
		Carga vertical más alta que la carga horizontal		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	
		Carga horizontal más alta que la carga vertical		○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Tipo de apoyo	Pilotes de carga		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	pilotes de rozamiento		△	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
Condiciones de ejecución de las obras	Sobre agua	Profundidad de agua: menos de 5 m		○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	×	○	△	×	△	△		
		Profundidad de agua: más de 5 m		×	△	△	○	△	△	△	△	△	△	×	△	×	△	△	○	×	
	Reducido espacio de trabajo		○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	△	△	×	△		
	Ejecución de pilotes inclinados		△	△	○	○	×	×	×	△	△	△	△	△	×	×	×	△	△		
	Impacto de gas tóxico		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○	○		
Ambiente circundante	Medidas contra vibraciones y ruidos		○	×	×	×	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	△	○		
	Influencia sobre estructuras adyacentes		○	×	×	△	△	○	○	△	○	○	○	○	△	△	△	△	○		

(3) Análisis de las obras de protección de la ribera

1) Selección de los métodos de obras de protección de la ribera

Existen diferentes métodos de protección de la ribera, como por ejemplo, enrocado, gaviones, bloques de concreto, etc. A continuación se describen las principales características de estos métodos.

① Enrocado

Este método consiste en proteger el talud y el pie del talud con el uso de las piedras que pueden resistir a la fuerza de arrastre del río. Es de bajo costo y fácil de instalar y dar mantenimiento. Sin embargo, la unión entre las piedras es relativamente débil y no se consigue la resistencia esperada al flujo si no tiene más de un determinado peso. Asimismo, en algunas zonas es difícil obtener suficiente cantidad de materiales, o no se adecua a las características del cauce del río, lo que puede provocar problemas ambientales.

② Gaviones

Este método consiste en cubrir las piedras con canastas metálicas para complementar la falta de unión entre los materiales que se presenta en el caso del enrocado. Como se puede complementar la unión entre las piedras con la canasta externa, tiene la ventaja de poder reducir el tamaño de las piedras utilizadas. Es de bajo costo y fácil de ejecutar y dar mantenimiento.

Por otro lado, en los lugares donde el flujo de agua es muy veloz, puede ser que los materiales se muevan a un lado y como resultado la canasta se quede demasiado inestable. Al mismo tiempo, su flexibilidad permite que los gaviones funcionen adaptándose al cambio de las condiciones del lecho aun cuando el suelo es blando. El alambre de hierro tiene que ser de suficiente resistencia y durabilidad para que no se rompa con el impacto que produce los sedimentos y otros objetos arrastrados por el río.

③ Bloques de concreto

Este método consiste en proteger la ribera acoplado los bloques de concreto. Dependiendo del método de acoplamiento, pueden ser bloques con concreto mixto o bloques acoplados. Es más difícil de ejecutar las obras comparado con los gaviones o el enrocado. Además requiere de mantenimiento. Por ser una estructura totalmente artificial, puede provocar problemas ambientales y de paisaje.

El lugar previsto para la construcción del puente sobre el Río San Juan se ubica aguas abajo del Lago de Nicaragua, donde el agua fluye de manera relativamente lenta y la probabilidad de que la inundación genere una corriente de alta velocidad es mínima. El suelo alrededor del lugar es blando, compuesto de sedimentos, principalmente limo y arcilla, arrastrados por el Río San Juan. Dado que aguas arriba está el Lago de Nicaragua, los sedimentos aportados son principalmente carga de lavado (wash load) con pocos cantos rodados.

Por lo tanto, para proteger la ribera se propone ejecutar las obras de gaviones, considerando que es difícil obtener los materiales para el enrocado o ejecutar las obras de los bloques de concreto, mientras que los gaviones se adaptan fácilmente a las diferentes condiciones del lecho y son fáciles de colocar.

2) Alcance de instalación de las obras de protección

Los datos de monitoreo del nivel del agua demuestra que el lugar previsto para la construcción del puente casi no sufre de la subida repentina del nivel de agua ni de inundaciones, pero que existe una gran fluctuación durante el año, entre la épocas de lluvia y la seca. Como la pendiente del lecho es suave, se supone que la probabilidad de que se genere una corriente rápida es baja. Por otro lado, numerosos barcos circulan por el Río San Juan, siendo el mismo el río estratégico para el tráfico marítimo que conecta el Océano Atlántico con el Lago de Nicaragua. Las olas que producen los barcos ocasionan la erosión de los taludes.

Para el estribo de la margen izquierda que forma parte del terraplén de la vía de acceso, se instalan las obras de protección semicircular de acuerdo a la curva del terraplén, hasta el nivel máximo estimado del agua, las cuales servirán como una medida para prevenir la erosión causada por las olas que producen los barcos.

Mientras tanto, el estribo de la margen derecha se encuentra a una altura mayor que el nivel de aguas máximo estimado, por lo que no es necesario ejecutar las obras de protección.

(4) Análisis del pavimento de las vías de acceso

1) Tipos de pavimento

El Puente Santa Fe a ser construido en el marco del presente Proyecto constituye parte de la Carretera Acoyapa-San Carlos. Por lo tanto la estructura de las vías de acceso, en la parte delantera y trasera del puente, debe ser congruente con dicha carretera de manera global, al igual que el caso del plan de alineamiento. En la Tabla2-2-17 se muestra la reseña del plan del proyecto de la Carretera Acoyapa-San Carlos. Según el plan, la carretera va a ser de pavimento asfáltico, de manera que se planificó básicamente lo mismo para las vías de acceso del Puente Santa Fe.

Tabla2-2-17 Descripción del plan de la Carretera Acoyapa-San Carlos

	Sección 1	Sección 2		Sección 3
		Sección 2-1	Sección 2-2	
Pavimentación	Pav. asfáltico	Pav. asfáltico	Pav. asfáltico	Pav. asfáltico
Puente	Rehabilitación	Rehabilitaciónx Construcción del nuevo puente El Tule	11 puentes de madera → caja puente	Construcción del Puente Santa Fe
Ancho de la sección de rodamiento	3.6m x 2 = 7.2 m	3.6m x 2 =7.2m	3.3m x 2=6.6m	3.6m x 2=7.2m
Ancho del hombro	1.8 m x 2	1.8m x2	1.8m x 2	1.8m x 2
Derecho de vía	40 m	40m (construir by-pass porque no se puede asegurar el derecho de vía en estos2 tramos)	30m	40m
Velocidad de diseño	80km/hr	80 km/hr	50 km/hr	80 km/hr
Radio mínimo de curvatura	230 m	23	230m	230m
Pendiente máxima longitudinal	7.15%	7.15%	10%	5%
Pendiente máxima lateral	8%	8%	8%	8%
Financiamiento	BID (todos el tramo)	BID (todos el tramo)	BID (todos el tramo)	BID: 9.0km OPEC: 12.0km Japón: Puente Santa Fe

2) Estructura del pavimento de las vías de acceso

En la Figura 2-2-16 se muestra la estructura de pavimento de la Carretera Acoyapa-San Carlos. Como se puede observar en la Figura 2-2-17 el Puente Santa Fe está incluido en la Sección 3, por lo que las vías de acceso, en la parte delantera y trasera del puente, estarán básicamente de acuerdo a las siguientes especificaciones de pavimento asfáltico.

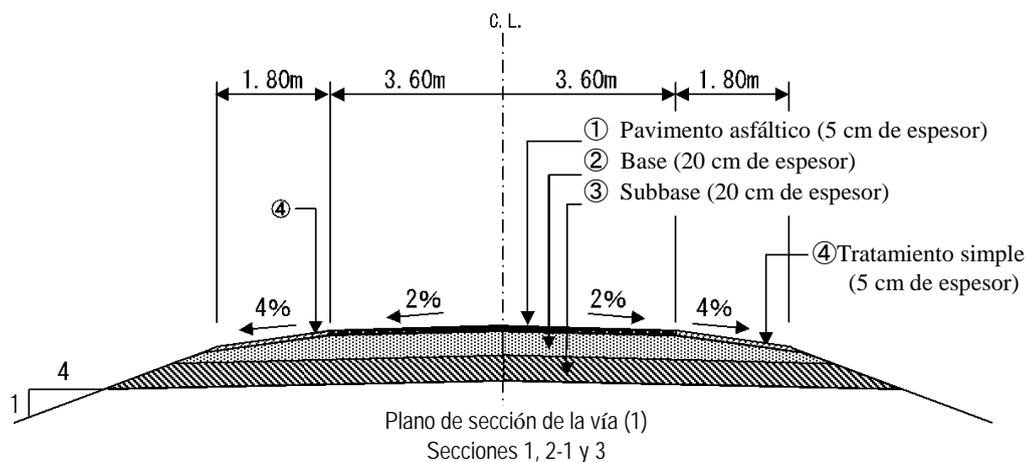


Figura 2-2-16 Estructura del pavimento de la Carretera Acoyapa-San Carlos

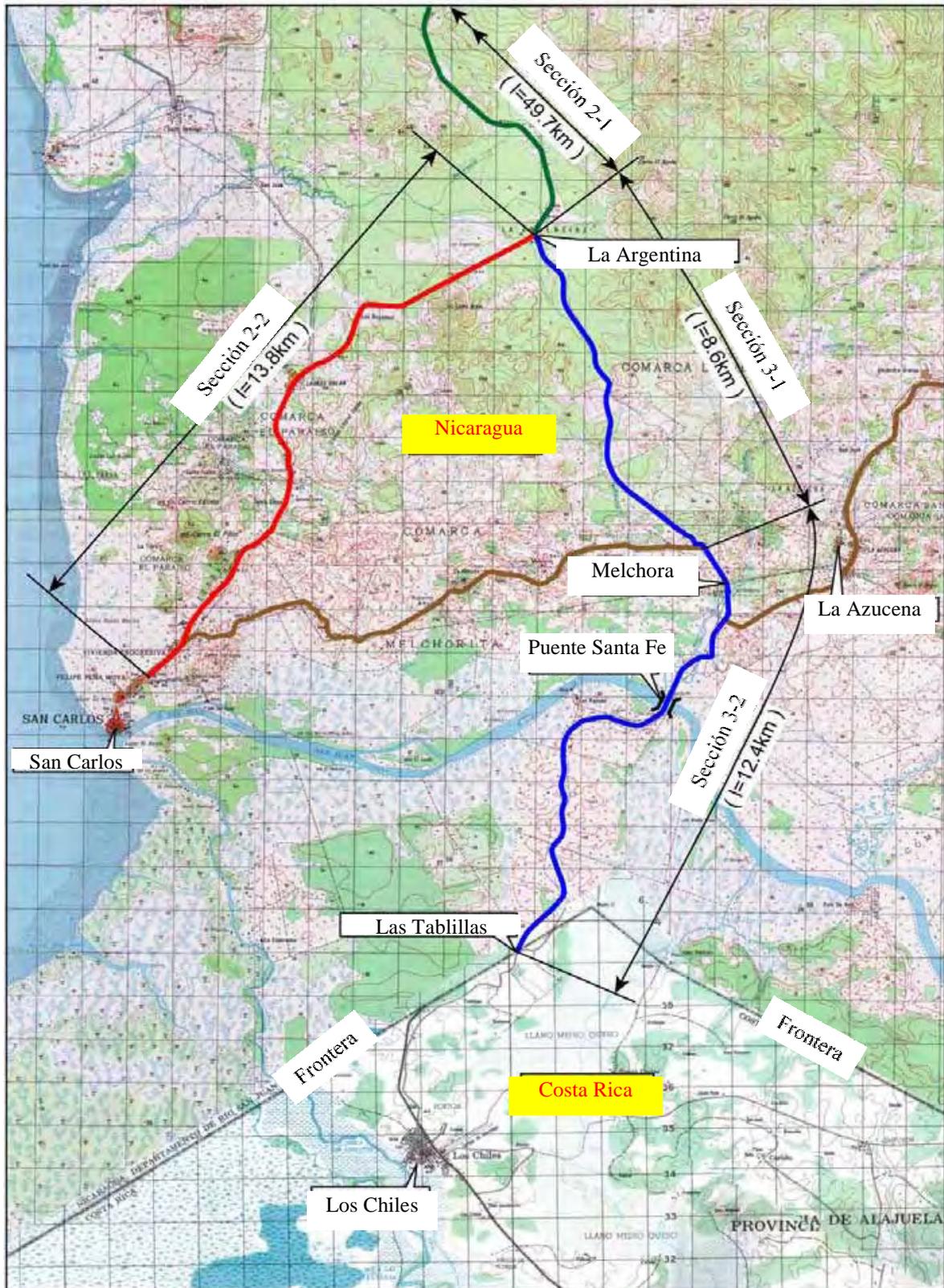


Figura 2-2-17 Mapa de ubicación de la Sección 3 y el Puente Santa Fe

(5) Descripción resumida de la obra (instalación) vial

En la siguiente Tabla se presenta la descripción resumida de la obra (instalación) vial para el presente Proyecto decidida de acuerdo los análisis mencionados anteriormente.

Tabla 2-2-18 Descripción resumida de la obra (instalación)

Componentes		Tipos, especificaciones	
Ubicación del puente		Aprox. 40m aguas abajo de los embarcaderos	
Ancho	Puente	Ancho de la sección de rodamiento $3.6\text{m}\times 2=7.2\text{ m}$, Ancho del hombro $0.9\text{m}\times 2=1.8\text{ m}$, Ancho de la acera $1.0\text{ m}\times 2=2.0\text{ m}$ Total 11.0 m (ancho efectivo) Vereda $0.4\text{m}\times 2=0,8\text{ m}$ Total 11.8 m (Ancho total)	
Tipo de puente	Puente principal	Sección principal del puente (cruce)	Puente con vigas continuas de cajón de marco rígido de PC de 5 claros ($35.0+3@60+35.0=250.0\text{ m}$)
	Puente elevado	Por el lado de San Carlos	Puente con vigas T continuas postensadas de PC de 3 claros ($3@24.0=72.0\text{ m}$)
		Por el lado de Costa Rica	Puente con vigas T continuas postensadas de PC de 2 claros ($2@20.0=40.0\text{ m}$)
Estribo A1 (por el lado de San Carlos)	Tipo		Estribo de T invertido
	Altura de la estructura		8.5 m
	Cimentación		Fundación de pilotes (pilotes fundido en el sitio, ϕ 1.2 m)
Estribo A2 (por el lado de Costa Rica)	Tipo		Estribo de T invertido
	Altura de la estructura		12.5 m
	Cimentación		Cimentación directa
Pilas P1, P2	Tipo		Ovalada
	Altura de la estructura		P1=7.0 m P2=8.0 m
	Cimentación		Fundación de pilotes (pilotes fundido en el sitio, ϕ 1.2 m)
Pilas P3, 4	Tipo		Ovalada
	Altura de la estructura		P3=12.5 m P4=15.0 m
	Cimentación		Cimentación directa
Pilas P5-7	Tipo		Pórtico
	Altura de la estructura		P5=22.5 m P6=19.0 m P7=20.0 m
	Cimentación		Cimentación directa
Pilas P8, 9	Tipo		Ovalada
	Altura de la estructura		P8=14.5 m P9=13.5 m
	Cimentación		Fundación de pilotes (pilotes fundido en el sitio, ϕ 1.2 m)
Vías de acceso	Longitud total		Lado del estribo A1 34 m Lado del estribo A2 24 m Total 58 m
	Pavimentación		Pavimento asfáltico 5 cm
Obras de protección de la ribera	Margen izquierda		64 Gaviones (Dimensiones de cada gavión: 2.0m de longitud, 1.0m de ancho y 1.0m de altura)

2-2-3 Planos Esquemáticos de Diseño

En las siguientes páginas se presentan los Planos de Diseño Esquemático elaborados en base al Plan Básico.

- Figura 2-2-18 Plano en planta de las vías de acceso
- Figura 2-2-19 Perfil longitudinal de las vías de acceso
- Figura 2-2-20 Sección transversal de las vías de acceso
- Figura 2-2-21 Plano general del puente

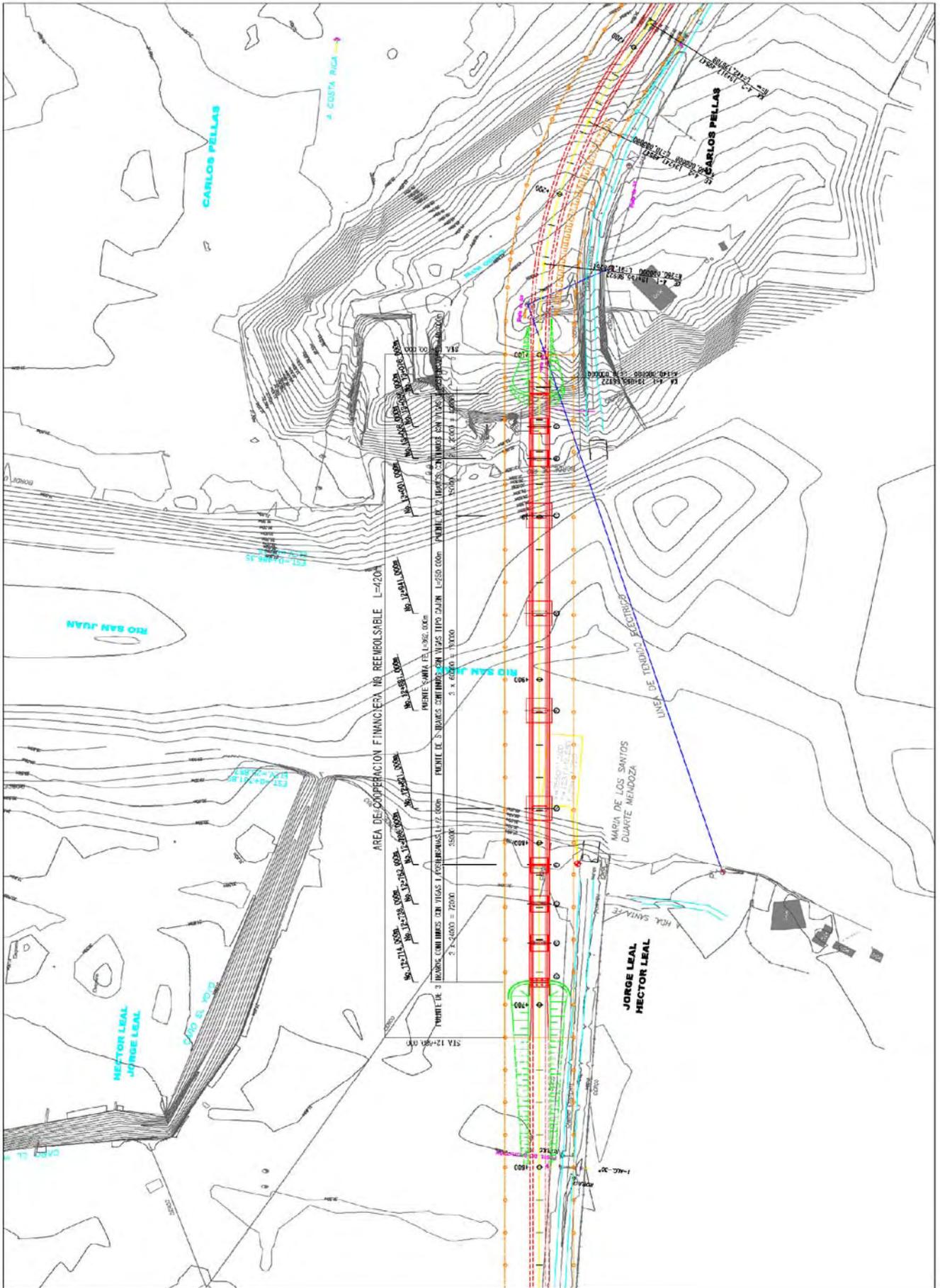


Figura2-2-18 Plano en planta de las vías de acceso

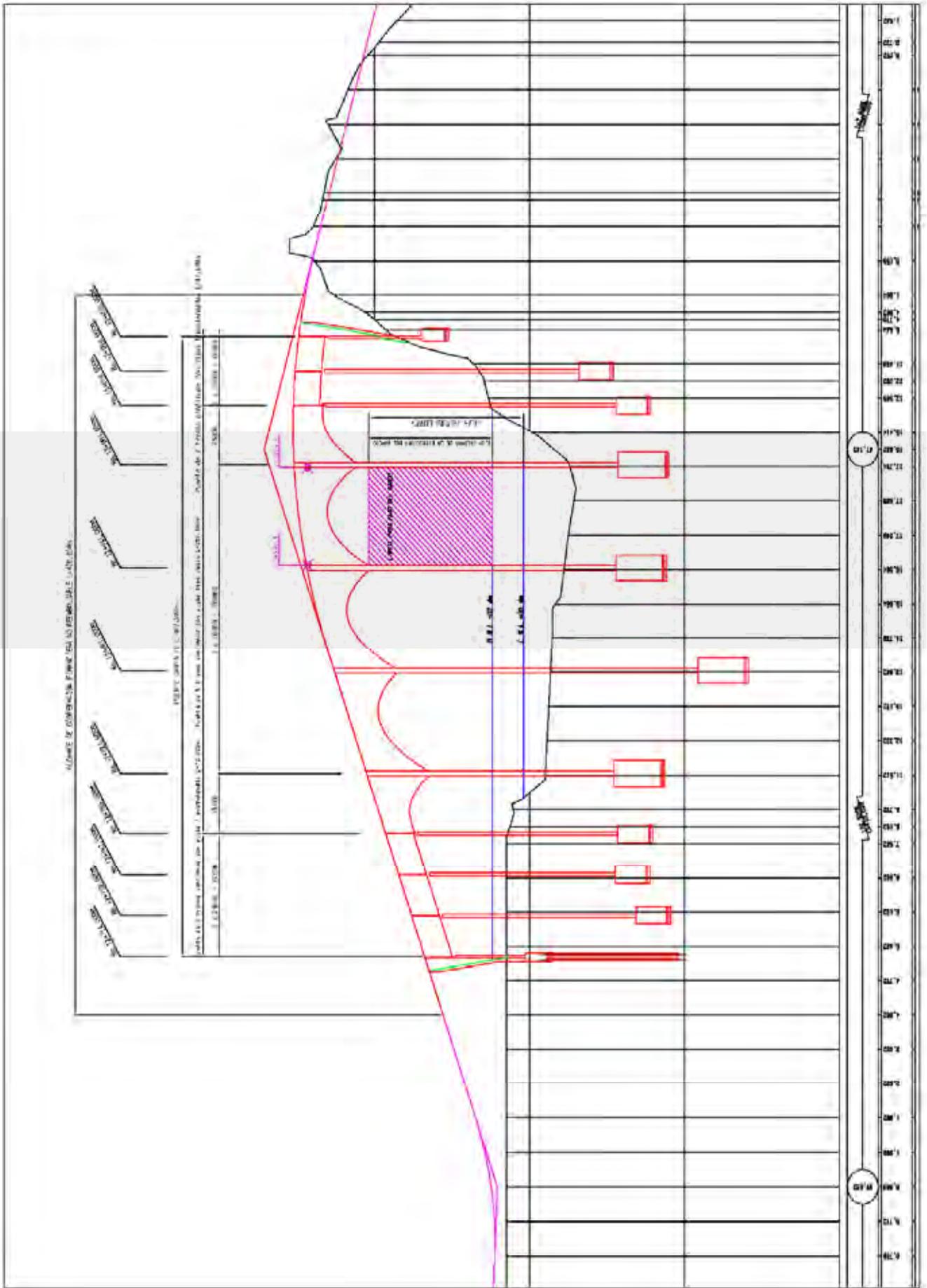


Figura2-2-19 Perfil longitudinal de las vías de acceso

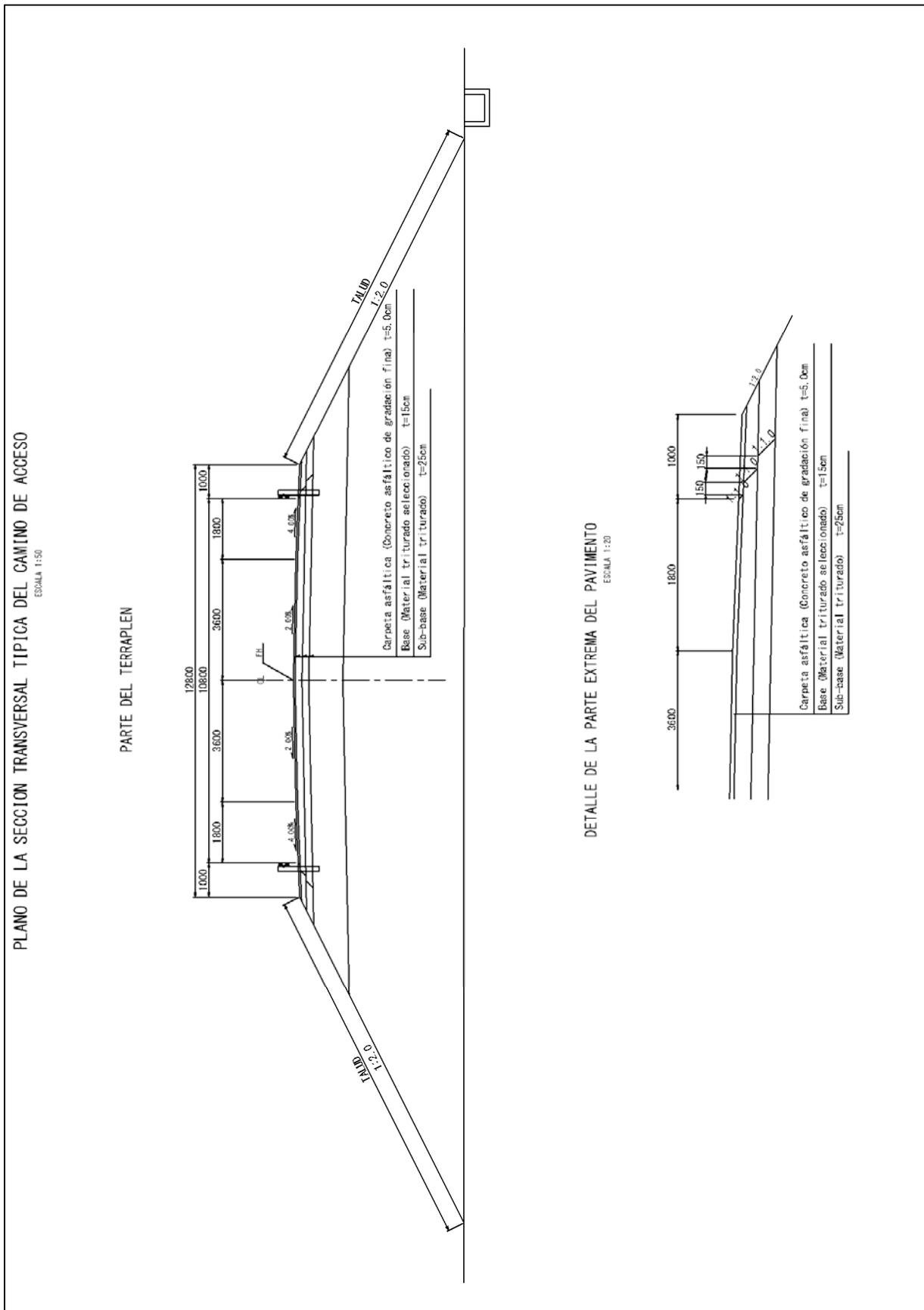


Figura 2-2-20 Sección transversal de las vías de acceso

2-2-4 Plan de ejecución de las obras

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

Considerando que el presente Proyecto será implementado en el marco de la Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón, se plantea los siguientes lineamientos de ejecución de las obras.

- ① Contratar en lo posible el personal técnico y trabajadores, y adquirir los equipos y materiales de Nicaragua para la implementación del Proyecto, con el fin de contribuir en la vitalización de la economía local, generación de empleos y promoción de la transferencia tecnológica.
- ② Solicitar al Gobierno de Nicaragua el aseguramiento de los terrenos necesarios para la implementación del presente Proyecto (reubicación de viviendas y expropiación de terrenos) antes del inicio del mismo. El Gobierno de Nicaragua asumirá los gastos pertinentes.
- ③ Solicitar al Gobierno de Nicaragua la exoneración del pago de derechos aduaneros, impuestos nacionales, IVA, etc. gravados en Nicaragua con respecto al presente Proyecto, incluyendo la adquisición e importación de los equipos y materiales relacionados a las obras.
- ④ Solicitar al Gobierno de Nicaragua que facilite la entrada y salida del país al personal relacionado al presente Proyecto.
- ⑤ Solicitar al Gobierno de Nicaragua que tome las medidas pertinentes para asegurar la circulación fluida y segura de los vehículos relacionados a las obras del Proyecto cuando dichos vehículos transitan por las carreteras existentes.
- ⑥ Al ejecutar las obras de cimentación, estudiar las condiciones geológicas actuales y supervisar cuidadosamente las obras (verificación de la superficie del subnivel de la cimentación directa, etc.) con el fin de garantizar la segura ejecución de las obras.
- ⑦ Adoptar el método adecuado y razonable de construcción tomando en cuenta los patrones de precipitación y la variación del nivel del agua, y elaborar el plan realístico y seguro de la ejecución de las obras.
- ⑧ Proponer el método de mantenimiento y reparación y el momento oportuno para tal actividad, así como las medidas a tomar en el proceso operativo, una vez terminadas las obras, e incluir en el presente plan las actividades para el fortalecimiento del componente no estructural (intangibles) como la capacitación de los técnicos nicaragüenses que se responsabilizan del mantenimiento.

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

A continuación se mencionan los puntos a considerar en la ejecución del Proyecto.

(1) Seguridad durante la ejecución de las obras

Se prestará atención a lo siguientes para garantizar la seguridad durante el período de ejecución de las obras,.

- La entrada y la salida de los vehículos para las obras estarán ubicadas en la intersección con la carretera actual. Como en la carretera actual hay mucho tráfico de vehículos grandes como buses y camiones que transportan los pasajeros que van al embarcadero y cargas, se colocará un vigilante en la entrada y la salida, y se solicitará la asignación de un oficial de tránsito.
- Se garantizará la seguridad, realizando con cuidado el transporte de los equipos y materiales que se adquieren en Japón, del Puerto de Corinto al sitio de las obras, y obteniendo ayuda del Gobierno de Nicaragua en lo que se refiere al tránsito de los vehículos grandes.

- Se garantizará la seguridad de los barcos que navegan por el río y se hará un llamado de atención sobre la seguridad al personal de los barcos y los vehículos de construcción.
- Como la construcción se efectúa dentro del río, se creará un sistema adecuado de vigilancia de las crecidas y un sistema de comunicación, para garantizar la seguridad y evitar los accidentes que podrían ser causados por dicho fenómeno natural.

Durante la etapa de construcción, se celebrará una reunión conjunta sobre las medidas de seguridad entre la alcaldía, la policía, el contratista y el consultor, con el fin de elaborar en conjunto un reglamento de circulación segura de los vehículos relacionados a las obras y discutir las medidas para controlar el tráfico general.

(2) Conservación ambiental durante la ejecución de las obras

Se realizará lo siguiente con el fin de conservar el medioambiente durante la ejecución de las obras. El contratista tomará las medidas ambientales y de mitigación abajo mencionadas, las cuales serán verificadas durante la supervisión de las obras y reportadas en el Informe Mensual.

Tabla 2-2-19 Componentes ambientales y las medidas de mitigación / métodos de monitoreo

Componente ambiental	Impacto	Medidas de mitigación	Métodos de monitoreo
Desechos sólidos	Desechos generados por las obras de construcción	Instalar depósitos y clasificar los desechos sólidos.	Confirmación del Plan de Construcción y verificación de la ejecución / Informe Mensual
Ruidos y vibraciones	Ruidos y vibraciones causados por las obras de construcción	Evitar las obras a primeras horas de la mañana (antes de las 6:00 am) y nocturnas (después de las 8:00 pm).	Confirmación del Plan de Construcción y verificación de la ejecución / Informe Mensual
Contaminación del agua	Contaminación del agua causada por las obras de construcción y filtración de aceite y grasa	Conservar la calidad del agua que se descarga, usando tanques de reserva y bombas.	Verificación del Plan de Construcción y verificación de la ejecución Medición de la densidad de los sólidos suspendidos / Informe Mensual
Contaminación atmosférica (polvo)	Generación del polvo debido al paso de los vehículos de construcción	Controlar la generación del polvo por riego de agua y regulación de la velocidad vehicular	Verificación del Plan de Construcción y verificación de la ejecución / Informe Mensual

(3) Cumplimiento del Código Laboral

El presente Proyecto está bajo la supervisión del Gobierno de Nicaragua y, como tal, se aplicarán las leyes laborales y la Ley General de Higiene y Seguridad del Trabajo de Nicaragua. Según las leyes laborales nicaragüenses, las horas laborales básicas son de 40 horas semanales y los días laborales básicos de 5 días, de lunes a viernes. El Plan de Construcción se ejecutará respetando dichas leyes.

(4) Ejecución de las obras dentro del río tomando en cuenta la época seca y de lluvia

Para las obras de subestructura a ejecutarse dentro del río y por el lado de San Carlos, se adopta el método de confinamiento con tablaestacas, el cual contribuye a controlar la influencia del nivel del

agua y del suelo blando durante las obras. En los proyectos anteriores de construcción de puentes ejecutados en Nicaragua, se terminaron las obras dentro del río durante la época seca. En el caso del presente Proyecto, las condiciones del río no permite una reducción en el nivel del agua aún durante la época seca. Además, las obras de subestructura son grandes, tanto en cantidad como en escala, y es imposible terminarlas en la época seca, de manera que es importante planificar las obras de subestructura tomando en cuenta las condiciones de trabajo de la época de lluvia.

Por lo tanto, para que los licitadores tengan el pleno conocimiento de dichas condiciones en el momento de la licitación, se las mencionarán detalladamente en los documentos de licitación. Asimismo, cuando las obras de construcción se inicien, se darán instrucciones al contratista para que procuren la ejecución segura de las obras dentro del río, considerando la diferencia entre la épocas seca y de lluvia.

(5) Priorización de la calidad de concreto

Las principales estructuras construidas mediante el presente Proyecto son de concreto y el método de control de calidad es siempre igual. Por lo tanto, se ejecutarán las obras dando mayor prioridad no solamente al manejo de materiales (agregados, agua, cemento, etc.) sino también a la administración de la proporción de agua-cemento que afecta la durabilidad, las especificaciones de la planta dosificadora, las reglas sobre el transporte del concreto, la administración del colado y curado del concreto, etc.

Con respecto al concreto, se tomarán medidas especiales para garantizar la calidad precisada en las especificaciones técnicas, ya que en Nicaragua la calidad de los agregados pueden causar un deterioro en la calidad del concreto. Además, la ejecución de las obras se llevan a cabo en un clima tropical.

2-2-4-3 División de responsabilidades

A continuación se indican las responsabilidades a ser asumidas por los Gobiernos de Japón y de Nicaragua al ejecutar el presente Proyecto de Cooperación Financiera No Reembolsable.

Tabla 2-2-20 División de responsabilidades entre los Gobiernos de Japón y de Nicaragua

Responsabilidades de Japón	Responsabilidades de Nicaragua
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Construcción del Puente Santa Fe (longitud total de m), las vías de acceso (58 m) y las obras de protección de la ribera, etc. que constituyen el proyecto de cooperación presentada en el Plan Básico. ▪ Construcción y desmontaje de las instalaciones provisionales (depósito de equipos y materiales, oficina, etc.). ▪ Medidas de seguridad para la ejecución de las obras y la circulación del tráfico general dentro del área de construcción durante el período de ejecución. ▪ Medidas de prevención de la contaminación ambiental asociada con las obras durante su ejecución. ▪ Adquisición, importación y transporte de los equipos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expropiación de los terrenos necesarios para la ejecución del Proyecto, desmontaje de instalaciones y viviendas afectadas, reubicación debida de los habitantes. ▪ Facilitación gratuita del terreno para las instalaciones provisionales necesarias para la ejecución del presente Proyecto de cooperación. ▪ Expedición del carnet de identificación para el personal y etiquetas adhesivas (stickers) para los vehículos relacionados a las obras. ▪ Facilitación del vertedero de desechos sólidos necesario para el presente Proyecto de cooperación. ▪ Asignación del oficial de tránsito al sitio de las obras.

<p>y materiales de construcción indicados en el plan de adquisición de equipos y materiales. Reexportación de los equipos importados al país de origen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Preparación del diseño de ejecución, elaboración de los documentos de licitación y contratos, asistencia al proceso de licitación y supervisión de las obras, de conformidad con el plan de supervisión, incluyendo la observación del plan de manejo ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exoneración del pago de derechos aduaneros, impuestos nacionales, y otros cargos fiscales aplicados por el Gobierno de Nicaragua. ▪ Facilitación de la entrada y salida del país del personal japonés y de terceros países relacionados al presente Proyecto de cooperación. ▪ Pago de las comisiones bancarias (apertura de la cuenta bancaria [C/B] y trámites de Autorización de Pago [A/P]).
--	--

2-2-4-4 Plan de supervisión de las obras

(1) Lineamientos básicos de supervisión de las obras

A continuación se plantean los lineamientos básicos de supervisión de las obras en el caso de ejecutarse el presente Proyecto en el marco de la Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón.

- En virtud de que la calidad de las obras incide fuertemente a la vida útil y durabilidad de las instalaciones terminadas, se le da la mayor prioridad a la supervisión de la calidad en el proceso de supervisión. Se prestará particular atención a las obras de concreto, cimentación y de protección de la ribera que se realizan dentro del río.
- Después de la calidad, se le dará importancia a la supervisión del avance de las obras, medidas de seguridad y los trámites del pago.
- Para dar cumplimiento a estas tareas, se propone organizar semanalmente una inspección conjunta del sitio y la reunión ordinaria entre el contratista y el consultor, para identificar los problemas y discutir las medidas a tomar.
- Adicionalmente, se organizará mensualmente una reunión entre el representante del MTI (cliente), el contratista y el consultor para identificar los problemas y discutir las medidas a tomar.
- Se propone contratar un técnico local como inspector, a quien se le transferirán las técnicas relacionadas a la supervisión de las obras (métodos de control de calidad, avance y seguridad).
- Todas las instrucciones dirigidas al contratista, las actas de las reuniones, los informes al cliente, etc. serán documentados e transmitidos por escrito.

(2) Supervisión de las obras por el consultor

A continuación se describen los principales servicios que serán incluidos en el Acuerdo de Servicio de Consultoría.

1) Fase de preparación de los documentos de licitación

Se elaborará el diseño de ejecución de cada una de las instalaciones de acuerdo a los resultados del Informe del Estudio Preparatorio. Luego se elaborará los documentos de contratación de las obras, y se someterá los siguientes productos al MTI del Gobierno de Nicaragua para su aprobación.

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

2) Fase de licitación de las obras

El MTI, asistido por el consultor, seleccionará a una empresa constructora de nacionalidad japonesa mediante la licitación pública. El representante nombrado por el Gobierno de Nicaragua que asistirá a la licitación pública y a la contratación del contratista deberá tener la plena facultad de aprobar todo lo

relacionado al contrato de las obras. El consultor asistirá al MTI en los siguientes procesos.

- Convocatoria para la licitación
- Precalificación
- Licitación y evaluación

3) Fase de supervisión de las obras

Después de la firma del contrato de las obras entre el contratista seleccionado mediante la licitación y el MTI que representa el Gobierno de Nicaragua, el consultor emitirá la orden de inicio de las obras al contratista e iniciará el trabajo de supervisión de las obras. Al realizar el trabajo de supervisión, el consultor informará directamente al MTI, la Embajada del Japón en Nicaragua y JICA sobre el avance de las obras. Para los demás actores involucrados, se les hará llegar por correo el informe mensual según sea necesario. Ante el contratista, el consultor supervisará el avance de las obras, la calidad, la seguridad, las gestiones administrativas de pago, etc. y presentará medidas y recomendaciones técnicas concernientes a las obras.

Un año después de la terminación del trabajo de supervisión de las obras, el consultor realizará la inspección de defectos, y con esto dará por terminado el servicio de consultoría.

(3) Plan de recursos humanos

A continuación se describen los recursos humanos necesarios para cada etapa del Proyecto (diseño detallado, licitación y supervisión de las obras) y sus funciones.

1) Fase de diseño detallado

- Jefe del equipo: Asume la responsabilidad de supervisar las operaciones técnicas, coordinar los trabajos a nivel general, y responder al cliente.
- Ingeniero en puentes (superestructura): Realiza el estudio en sitio, el cálculo estructural, el diseño de montaje, la elaboración de los planos de diseño y el cálculo de cantidades relacionados al diseño de la superestructura.
- Ingeniero en puentes (subestructura): Realiza el estudio en sitio, el cálculo estructural, el cálculo de estabilidad, la elaboración de los planos de diseño y cálculo de cantidades relacionados con al diseño de la subestructura.
- Ingeniero en caminos: Realiza el cálculo para determinar el alineamiento, determinación de la sección estándar, análisis de las obras de talud, diseño del drenaje vial, elaboración de los planos y cálculo de cantidades relacionados con el diseño de la carretera.
- Ingeniero en obras provisionales: Realiza el estudio en sitio, el cálculo estructural, el cálculo de estabilidad, la elaboración de los planos de diseño y el cálculo de cantidades relacionados al diseño de las obras provisionales.
- Encargado de planificación de las obras y estimación de costos: Prepara el plan de ejecución de las obras y la estimación de costos en base a las cantidades de diseño y los precios unitarios de las obras de acuerdo a los resultados del diseño detallado.
- Encargado de los documentos de licitación: Prepara los documentos de licitación.

2) Fase de licitación de las obras

Asiste al MTI en la elaboración de los documentos finales de precalificación y de licitación, realización de la precalificación y evaluación de las ofertas.

- Jefe del equipo: Supervisa la adecuada prestación de los servicios de consultoría arriba indicados durante todo el proceso de la licitación.
- Ingeniero en puentes: Asiste en el proceso de la aprobación de los documentos de licitación y de evaluación de las ofertas.

3) Fase de supervisión de las obras

- Jefe del equipo: Supervisa la adecuada prestación de los servicios de consultoría en la fase de

supervisión de las obras.

- Ingeniero residente: Realiza la supervisión general de las obras del Proyecto en Nicaragua e informa y coordina el avance de las obras a las autoridades nicaragüenses.
- Ingeniero estructural: Revisa el plan de ejecución de las obras de construcción del puente y de protección de la ribera, y supervisa las obras de concreto y el postensado de PC de la superestructura. Asimismo, durante las obras de cimentación, inspecciona las condiciones de la capa de soporte que se revela después de la excavación y se encarga de coordinar las obras de cimentación in situ, cuando el caso así lo amerite.

2-2-4-5 Plan de control de calidad

Tabla 2-2-21 Lista de ítems de control de calidad (Preliminar)

Ítem		Método de Prueba	Frecuencia de Pruebas	
Subrasante (macádam)	Material compuesto	Límites líquido y índice de plasticidad (tamiz No.4)	Por cada mezcla	
		Granulometría (compuesto)	Por mezcla	
		Pruebas de reducción por desgaste de agregados	Por mezcla	
		Prueba de densidad de agregados	Por mezcla	
		Densidad seca máxima (ensayo de compactación)	Por mezcla	
	Colocación	Prueba de densidad (tasa de compactación)	1 vez/día	
Capa de imprimación Riego de liga	Material bituminoso	Certificado de calidad	Por material	
		Volumen de aplicación	Cada 500 m ²	
Asfalto	Material bituminoso	Certificado de calidad, tabla de análisis de componentes	Por material	
		Agregados	Granulometría (compuesto)	Por mezcla, 1 vez/mes
			Tasa de absorción	Por material
	Pruebas de reducción por desgaste de agregados		Por material	
	Prueba de mezcla	Estabilidad	Por mezcla	
		Valor de flujo	Por mezcla	
		Tasa de vacíos	Por mezcla	
		Tasa de vacíos de agregados	Por mezcla	
		Resistencia a la tracción (indirecta)	Por mezcla	
		Estabilidad residual	Por mezcla	
		Volumen de asfalto de diseño	Por mezcla	
	Pavimento	Temperatura en el momento de la mezcla	En el momento oportuno	
		Temperatura en el momento de la nivelación	Por acarreo	
		Prueba Marshall	Aprox.1 vez/día	
Concreto	Material	Cemento	Certificado de calidad, resultados de las pruebas químicas y físicas	Por material
		Agua	Resultados de las pruebas de componentes	Por material
		Aditivos	Certificado de calidad, tabla de análisis de componentes	Por material
		Agregado fino	Peso específico seco absoluto	Por material
			Granulometría, tasa de granos gruesos	Por material
			Tasa de granos de arcilla y partículas blandas	Por material
		Agregado grueso	Peso específico seco absoluto	Por material
			Tasa de escamas finas	Por material
			Granulometría (mezcla)	Por material
			Diagnóstico de sulfuro de sodio (pérdida de masa)	Por material
	En el momento de la prueba de mezcla	Prueba de resistencia a la compresión	Por mezcla	
	En el momento del colado	Revenimiento	1 vez/tanda	
		Temperatura	1 vez/día	
	Resistencia	Prueba de resistencia a la compresión (a los 7 días y a los 28 días)	1 vez/día o más de 50 m ³	
Acero de refuerzo	Material	Certificado de calidad, resultados de la prueba de resistencia a la tracción	Por lote	
Acero para estructuras	Material	Certificado de inspección	Por lote	
Pintura	Material	Certificado de calidad, tabla de componentes	Por lote	
Apoyos	Material	Certificado de calidad, resultados de la prueba de resistencia	Por lote	
Equipos de iluminación	Material	Certificado de calidad, resultados de la prueba de resistencia	Por lote	

Nota: Básicamente se realiza 1 prueba antes del uso. Sin embargo, cada vez que hay cambio de material, también se realiza la prueba.

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

(1) Adquisición de materiales de construcción

Los materiales fabricados en Nicaragua son arena, agregados, materiales de subrasante y madera. Los demás serán importados.

A continuación se plantean los lineamientos para la adquisición de materiales.

- Si existen productos importados en el mercado de manera permanente y estos tienen la calidad satisfactoria, se adquirirán dichos productos.
- Los productos que no se pueden conseguir en el mercado local, serán adquiridos en Japón o en terceros países. El proveedor de los productos será decidido después de realizar un análisis comparativo de los precios, calidad y el tiempo necesario para los trámites aduaneros, entre otros.

La siguiente Tabla muestra los posibles países proveedores de los principales materiales de construcción.

Tabla 2-2-21 Posibles países proveedores de los principales materiales de construcción

Material	Proveedor			Razón de adquirir en Japón
	Nicaragua	Japón	Tercer país	
Acero de PC		○		No se comercializan en Nicaragua. Es posible adquirirlos en los 3 países vecinos, pero no se sabe si satisfacen las especificaciones.
Baranda de acero		○		Los pretiles son visibles para los transeúntes. Las irregularidades en la calidad de los productos de los 3 países vecinos pueden afectar el acabado de la obra.
Materiales de acero para obras provisionales y montaje		○		Lo que no se pueden alquilar localmente, serán importados de Japón.
Soportes de caucho		○		No se comercializan en Nicaragua. Es posible adquirirlos en los 3 países vecinos, pero la calidad de los materiales (caucho) no es homogénea y puede ser que no satisfaga las especificaciones requeridas.
Perfiles		○		No se comercializan en Nicaragua. Es posible adquirir en los 3 países vecinos, pero puede ser que los productos no satisfagan las especificaciones.
Material bituminoso	○			
Agregado	○			
Material bituminoso para asfalto	○			
Cemento Portland (cemento mezclado)	○			
Dispositivo de expansión		○		No se comercializa en Nicaragua. Es posible importar de un país vecino, pero la calidad no es homogénea y puede ser que no satisfaga las especificaciones requeridas.
Aditivo para cemento		○		Se adquirirá en Japón por su calidad.
Varilla de refuerzo	○	○		Se adquirirá en Japón las varillas de diámetro grande (más de D29).
Madera para encofrado	○			
Gasóleo	○			
Gasolina	○			
Impermeabilizante para la superficie del puente		○		Es difícil de conseguir en Nicaragua y en los países vecinos. En Nicaragua, por lo general, cuando se utiliza el impermeabilizante se lo importa de Japón, Europa o EE.UU.

(2) Equipos de construcción

Existen en Nicaragua varias empresas que alquilan la maquinaria de construcción (Komatsu, Caterpillar, etc.), y es posible alquilar la maquinaria de uso general. La maquinaria como la grúa sobre orugas grande o el cucharón de almeja, un equipo especial, no se alquilan en Nicaragua, de manera

que serán adquiridos en el exterior. Por otro lado, las empresas especializadas en las obras de cimentación poseen la maquinaria pero no alquilan solamente la maquinaria, por lo tanto se contratarán a estas empresas si tienen la disponibilidad de hacer el trabajo.

En la siguiente Tabla se indican los países proveedores de los principales equipos de construcción y la razón por la cual se los adquieren en Japón.

Tabla 2-2-22 Posibles países proveedores de los principales equipos de construcción

Equipo	Proveedor			Razón de adquirir en Japón
	Nicaragua	Japón	Tercer país	
Tractor de oruga	○			
Pala sobre tractor	○			
Camión volquete	○			
Retroexcavadora	○			
Grúa sobre oruga		○	○	El número de grúas sobre oruga en Nicaragua es limitado y el alquiler es costoso.
Cucharón de almeja (aditamento)	○			
Camión grúa	○			
Elevador de vigas		○		El elevador de vigas están disponibles en México, pero su número es limitado, y no se sabe si se puede asegurarlo durante el período de ejecución de obras. Por lo tanto, se considerará la posibilidad de adquirirlo en Japón.
Vehículo de trabajo para construcción de superestructura (montaje de la superestructura por método voladizo)		○		Los contratistas locales no tienen experiencias en el método voladizo y no está confirmado la disponibilidad del equipo. Considerando la precisión y la manejabilidad, se lo adquirirá en Japón.
Triturador grande (aditamento)	○		○	
Martillo vibratorio (aditamento)		○		Solamente las empresas japonesas han usado este equipo en Nicaragua y no se pudo confirmar la disponibilidad del equipo.
Compresor de agua		○		Solamente las empresas japonesas han usado este equipo en Nicaragua y no se pudo confirmar la disponibilidad del equipo.
Mezclador de concreto	○			
Planta de concreto		○		Existen plantas que poseen las empresas nicaragienses, pero no se ha podido confirmar si son móviles. Se optó por la opción más económica, comparando el caso de comprarla en Nicaragua con el de traerla de Japón.
Enfriador de concreto		○		No se ha podido comprobar las obras ejecutadas localmente con el uso de este equipo. Éste es un equipo importante para lograr la calidad requerida del concreto, y por lo tanto, será importado desde Japón.
Camión bomba de concreto	○			
Compactadora de rodillos vibradores	○			
Aplanadoras	○			
Motoniveladora	○			
Pulidor de asfalto	○			
Distribuidor de asfalto	○			
Generador con motor	○	○		Se adquirirá en Japón, ya que el costo es elevado si se lo adquiere en Nicaragua.

2-2-4-7 Programa de trabajo

Una vez suscritos el Canje de Notas (C/N) y el Acuerdo de Donación (A/D) para el Diseño de Ejecución del presente Proyecto, el consultor firmará el acuerdo de prestación de servicios de consultoría con el Gobierno de Nicaragua, e iniciará los trabajos concernientes al diseño de ejecución del presente Proyecto en el marco de la Cooperación Financiera No Reembolsable. Posterior al inicio del trabajo, el consultor llevará a cabo un estudio en Nicaragua para el diseño de ejecución por 2 semanas aproximadamente, y subsiguientemente, elaborará en Japón el diseño detallado y los documentos de licitación.

Luego, después de la suscripción del Canje de Notas (C/N) y del Acuerdo de Donación (A/D) relacionados a los servicios de asistencia para la licitación, supervisión de las obras y ejecución de las obras, el consultor prestará servicios de asistencia para la licitación a ser convocada por el Gobierno de Nicaragua. Estos servicios incluyen la preparación de los documentos de licitación, calificación de los contratistas, ejecución de la licitación, selección del contratista, contratación para las obras de construcción y otros trabajos relacionados a la licitación.

Posterior a la licitación, el contratista firmará el contrato de ejecución de las obras con el Gobierno de Nicaragua, el cual debe ser aprobado por el Gobierno del Japón. Una vez obtenida esta aprobación, y la orden de inicio que emite el consultor, el contratista emprenderá las obras.

En la Tabla 2-2-23 se indica el programa para ejecutar los trabajos descritos arriba.

Tabla 2-2-23 Programa de trabajos

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Diseño de Ejecución	■ (Estudio en Nicaragua)		□ (Trabajo en Japón)					▨ (Trabajos relacionados con la licitación)																										
	(Total 7.0 meses)																																	
Ejecución de obras y suministro de equipos y materiales	■ (Preparativos obras)		□ (Via de acceso a la obra)					▨ (Subestructura)										▨ (Superestructura)																
	(Ejecución de la cubierta del puente y la via de acceso)																					□ (Protección márgenes)							■ (Limpieza del sitio de la obra)					
	(Total 34 meses)																																	