

**LAS REPÚBLICAS DE ECUADOR Y PERÚ**

**PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN  
DEL NUEVO PUENTE INTERNACIONAL  
MACARÁ**

**INFORME DEL  
ESTUDIO DE DISEÑO BÁSICO**

**ENERO 2006**

**AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN**

## **PREFACIO**

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República del Ecuador y la República del Perú, el Gobierno del Japón decidió realizar un estudio de diseño básico para el Proyecto de Construcción del Nuevo Puente Internacional Macará encargó dicho estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

JICA envió a Ecuador y Perú una misión de estudio desde el 5 de mayo hasta el 21 de junio de 2005.

La misión sostuvo discusiones con las autoridades relacionadas de los Gobiernos de Ecuador y Perú, y realizó las investigaciones en los lugares destinados al Proyecto. Después de su regreso al Japón, la misión realizó más estudios analíticos. Luego se envió otra misión a Ecuador y Perú desde el 6 de noviembre hasta el 19 de noviembre de 2005, con el propósito de discutir el borrador del diseño básico y se completó el presente informe.

Espero que este informe sirva al desarrollo del Proyecto y contribuya al promover las relaciones amistosas entre los dos países.

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a las autoridades pertinentes de los Gobiernos de las Repúblicas de Ecuador y la República de Perú, por su estrecha cooperación brindada a las misiones.

Enero, 2006

Yoshihisa Ueda

Vice Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Enero, 2006

## **ACTA DE ENTREGA**

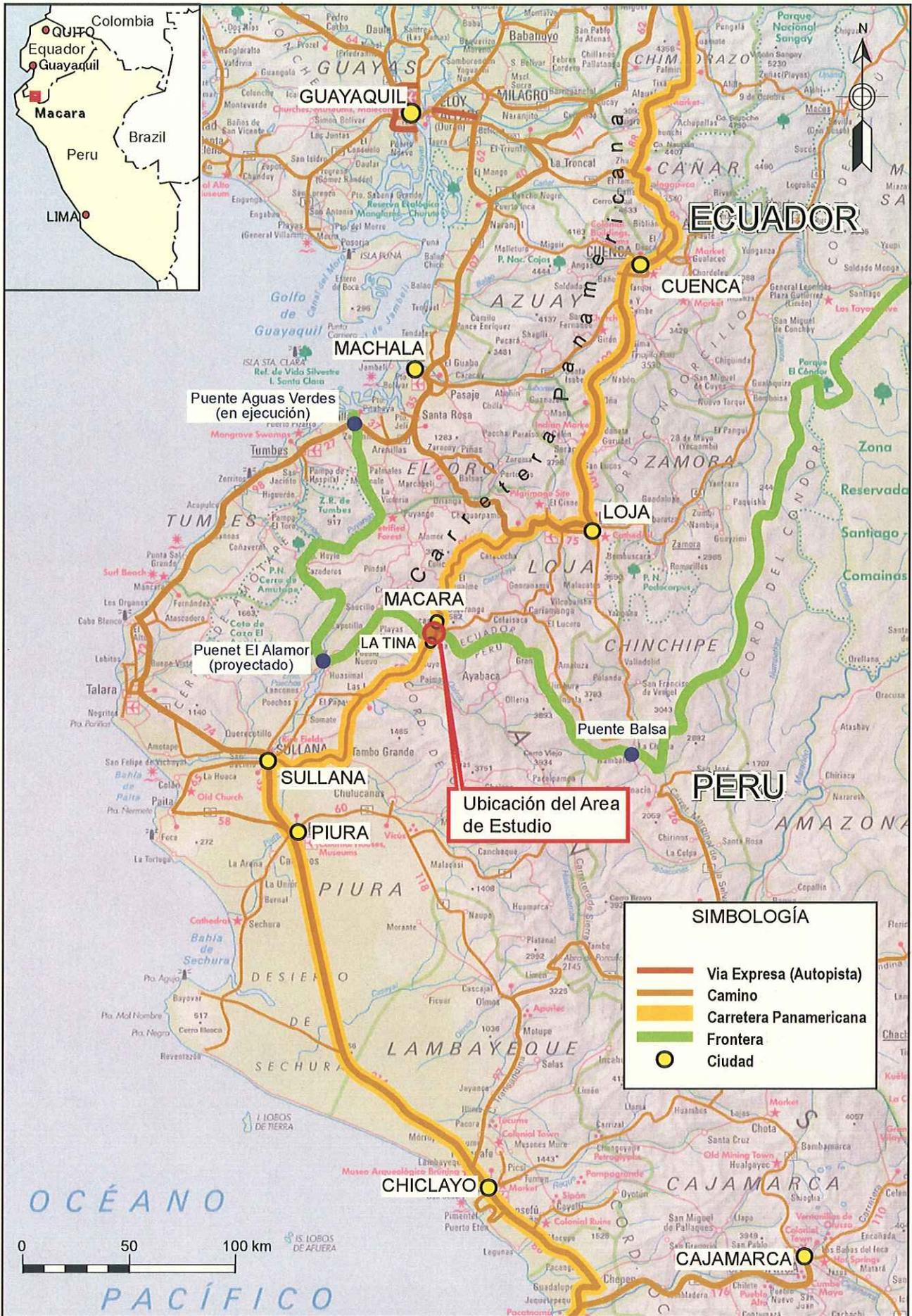
Tenemos el placer de presentarle el Informe del Estudio de Diseño Básico para el Proyecto de Construcción del Nuevo Puente Internacional Macará en las Repúblicas de Ecuador y Perú.

Bajo el contrato firmado con JICA, Nippon Koei Co., Ltd., hemos llevado a cabo el presente Estudio desde abril de 2005 hasta enero de 2006. En el Estudio hemos examinado la pertinencia del proyecto en plena consideración a la situación actual de Ecuador y Perú, y hemos planificado el Estudio más apropiado para el Proyecto dentro del marco de la Cooperación Financiera no Reembolsable del Gobierno del Japón.

Esperamos que este Informe sea de utilidad en el desarrollo del Proyecto.

Muy atentamente,

Ing. Tetsu Nakagawa  
Jefe del Equipo de Ingenieros  
Misión de Estudio de Diseño Básico  
Para el Proyecto de Construcción  
del Nuevo Puente Internacional Macará  
Nippon Koei Co., Ltd.



Estudio de Diseño Básico para el Proyecto de Construcción del Nuevo Puente Internacional Macará en las Repúblicas de Ecuador y Perú

PLANO DE UBICACIÓN



Estudio de Diseño Básico Para el Proyecto de Construcción del  
Nuevo Puente Internacional Macará en las Repúblicas de Ecuador y Perú

PERSPECTIVA

## Lista de Figuras

Figura 2-1	Niveles mensuales de agua observados.....	10
Figura 2-2	Posible organigrama a adoptarse para el Proyecto (Propuesta).....	16
Figura 2-3	Variación del ancho del río durante las inundaciones .....	20
Figura 2-4	Variación del ancho del río y del movimiento hidráulico.....	21
Figura 2-5	Relación del ancho mínimo del río y el largo recomendable del puente.....	22
Figura 2-6	Nivel de agua de diseño .....	23
Figura 2-7	Ancho estándar del puente .....	26
Figura 2-8	Ancho estándar del camino de acceso.....	26
Figura 2-9	Definición de la longitud del puente.....	27
Figura 2-10	Sección de la superestructura seleccionada .....	29
Figura 2-11	Plano de corte de la subestructura .....	32
Figura 2-12	Alcance de las obras de protección de márgenes.....	35
Figura 2-13	Estructura de la obra de protección de lecho (mampostería de hormigón).....	36
Figura 2-14	Alcance de las obras de protección de márgenes y del lecho.....	36
Figura 2-15	Estructura del pavimento (ordinario) .....	37
Figura 2-16	Estructura del pavimento (roca firme) .....	37
Figura 2-17	Plano de planta del Proyecto.....	40
Figura 2-18	Perfil de Camino Acceso .....	41
Figura 2-19	Esquema General del Nuevo Puente Internacional Macara.....	42
Figura 2-20	Plano Estructural de La Base del Puente A1 (1).....	43
Figura 2-21	Plano Estructural de La Base del Puente A1 (2).....	44
Figura 2-22	Plano Estructural de La Base del Puente A2 (1).....	45
Figura 2-23	Plano Estructural de La Base del Puente A2 (2).....	46
Figura 2-24	Parte Estructural de La Pila del Puente .....	47
Figura 2-25	Planos Estructurales ed La Superestructura, Estribos Y Pila .....	48
Figura 2-26	Seccion Transversal Tipica .....	49
Figura 2-27	Lugar previsto para el campo.....	65

## Lista de Cuadros

Cuadro 2-1	Ejes viales del Plan Binacional de Desarrollo de la Región Fronteriza Perú-Ecuador .....	2
Cuadro 2-2	Avance del plan de construcción.....	3
Cuadro 2-3	Resultados de la revisión de la capacidad de carga.....	4
Cuadro 2-4	Caudal de inundación de diseño (Unidad: m <sup>3</sup> /seg) .....	10
Cuadro 2-5	Principales empresas constructoras del Ecuador y Perú.....	15
Cuadro 2-6	Defectos, problemas y soluciones de las infraestructuras existentes .....	17
Cuadro 2-7	Análisis comparativo de las ubicaciones del puente .....	19
Cuadro 2-8	Criterios de diseño de los caminos.....	25
Cuadro 2-9	Criterios de diseño del puente .....	25
Cuadro 2-10	Opciones sujetas a comparación .....	28
Cuadro 2-11	Comparación de las opciones del nuevo Puente Internacional de Macará .....	30
Cuadro 2-12	Tipo de la subestructura y de la base.....	33
Cuadro 2-13	Perfil de las obras.....	38
Cuadro 2-14	División de responsabilidades .....	54
Cuadro 2-15	Lista de parámetros de control de calidad (tentativa).....	59
Cuadro 2-16	Posibles proveedores de los principales materiales de construcción .....	61
Cuadro 2-17	Adquisición de las principales maquinarias de construcción .....	62
Cuadro 2-18	Cronograma de ejecución.....	63
Cuadro 2-19	Compromisos a ser asumidos por Ecuador y Perú en relación con la operación y mantenimiento.....	66
Cuadro 2-20	Costo estimado del Proyecto .....	68
Cuadro 2-21	Costos correspondientes al Ecuador y Perú.....	68
Cuadro 2-22	Principales trabajos de mantenimiento y su respectivo costo.....	70
Cuadro 3-1	Problemas e impactos del Proyecto .....	71

## **ABREVIATURAS**

A/P	Autorización de Pago
AASHTO	American Association of State Highways and Transport Officials
ASTM	American Society for Testing and Materials
BS	British Standard
CAF	Corporation Andia de Femento
CEBAF	Centros Binacionales de Atención en Frontera
CBR	California Bearing Ratio
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
JBIC	Japan Bank For International Cooperation
JIS	Japan Industrial Standard
KFW	Kreditanstalt fuer Wiederauf
MOP	Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
SNIP	Sistema Nacional de Inversion Publica

## SUMARIO

La República del Ecuador (en adelante se denominará “Ecuador”) cuenta con una red vial que suma un total de 43,197 km, que se desglosan en 8,637 km de carreteras nacionales, 11,954 km de caminos provinciales y 22,606 km de caminos rurales. La planificación, diseño, ejecución y mantenimiento de estas infraestructuras viales son responsabilidad del Ministerio de Obras Públicas (MOP). Actualmente, la baja tasa de pavimentación y la obsolescencia de los puentes existentes son problemas que aquejan seriamente el sector. Por otro lado, la República del Perú (en adelante se denominará “Perú”) cuenta con una red vial que suma un total de 78,017 km, que se desglosan en 16,857 km de carreteras nacionales, 14,250 km de caminos departamentales y 46,910 km de caminos rurales, y su administración corresponde al Ministerio de Transporte y Comunicación (MTC). Los principales problemas que aquejan el sector vial peruano la baja tasa de pavimentación, al igual que el Ecuador, y la falta de suficiente mantenimiento

La región fronteriza entre el Ecuador y el Perú es una zona con alto potencial minero, incluyendo el petróleo y ha sido el escenario de frecuentes conflictos armados entorno a la demarcación fronteriza entre ambos países desde el Siglo XIX. En octubre de 1998 ambos países suscribieron el Acuerdo Mutuo de Paz, con la mediación de los EE.UU. y los países vecinos. Tras esta firma, se creó el Plan Binacional de Desarrollo de la Región Fronteriza Perú-Ecuador y se llegó a firmar el acuerdo para dar inicio al proceso de mejoramiento de las infraestructuras sociales y la reducción del alto índice de la pobreza en la zona fronteriza que había sido marginada del proceso de desarrollo. El Comité Binacional ha elaborado un plan decenal que tiene por objetivo fomentar la integración y el desarrollo de esta región, en el que se han establecido cuatro políticas prioritarias, una de ellas es la “prestación de los servicios, incluyendo las obras físicas fronterizas, que faciliten y reactiven el tránsito y el comercio fronterizo”. Concretamente, el Plan consiste en la construcción de cinco Ejes Viales Internacionales, la construcción de los puentes internacionales ubicados en cuatro de los cinco ejes viales (Puente Aguas Verdes, Puente El Alamor, Puente Macará y el Puente la Balsa) y la integración de las infraestructuras fronterizas que se hallan actualmente en ambos países. El Puente Macará objeto del presente Estudio, es un puente internacional entre ambos países, y se ubica sobre la Carretera Panamericana comunicando la ciudad de Loja de la provincia homónima del Ecuador y la Ciudad Sullana del Departamento de Piura del Perú.

El Puente Macará existente data de 40 años de antigüedad y presenta un alto grado de obsolescencia, pudiendo observar varias zonas deterioradas, incluyendo las barras de refuerzo expuestas al aire, y varias zonas agrietadas con generación de cal libre. Actualmente, el tráfico está restringido sólo para vehículos de menos de 20 toneladas debido a la falta de capacidad de carga frente a la carga vigente. Además de este defecto estructural, el puente presenta una falta absoluta de la sección transversal del río frente al caudal de crecidas, debido a que se construyó

la estructura del puente con una luz efectiva de 40 m y se construyó el camino de acceso mediante el relleno en la zona de inundación del cauce, pese a que el ancho del río es de aproximadamente 120 m. Por esta situación, el nivel de agua arriba del puente actual se eleva considerablemente en la época de crecidas afectando las tierras de cultivo adyacentes, además que constituye un riesgo de que el puente se colapse. Dado que el actual Puente Macará constituye el paso fronterizo entre ambos países, existen puestos de control aduanero y de migración al extremo de los caminos de acceso de ambos lados, y además se levantan numerosas obras fronterizas, puestos comerciales ambulantes. También se observan varios taxis esperando clientes y otros vehículos que ocupan ilegalmente el espacio. Esta situación se traduce en una congestión crónica.

Con base en el Acuerdo Mutuo de Paz firmado entre ambos países, el Gobierno del Japón implementó el Estudio para la Formulación del Proyecto Ecuador – Perú (Desarrollo de la Región Fronteriza) en 1999 a través de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Como resultado de dicho estudio, se identificó como uno de los proyectos viables para ejecutarse en el marco de la cooperación japonesa la construcción de cuatro puentes internacionales entre el Ecuador y el Perú. Dentro de este contexto, en agosto de 1999 los gobiernos del Ecuador y del Perú solicitaron al Gobierno del Japón la Cooperación Financiera No Reembolsable para el Proyecto de Reconstrucción del Nuevo Puente Internacional Macará.

El Gobierno del Japón dio seguimiento al acuerdo bilateral sobre el tema de la región fronteriza, así como el sistema de ejecución del proyecto, entre otros factores, considerando que el Puente Macará es un puente internacional que comunica dos países. Luego de verificar que el Ecuador y Perú llegaron a establecer el acuerdo mutuo sobre el tema, JICA procedió a ejecutar el Estudio Preliminar en octubre de 2004 sobre el Proyecto de Construcción del Nuevo Puente Internacional Macará entre Ecuador y Perú. Dicho Estudio contribuyó a verificar preliminarmente la relevancia y la necesidad de aplicar el esquema de la Cooperación Financiera No Reembolsable al presente Proyecto, pero para su ejecución, Japón solicitó a ambos gobiernos cumplir con los siguientes requisitos, de acuerdo con la Guía de Consideraciones Ambientales y Sociales de JICA: (a) ejecutar la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) y obtener la licencia ambiental; (b) organizar la reunión para el diálogo de las múltiples partes interesadas (*stakeholder*); y, preparar el plan de traslado de viviendas afectadas. Luego de verificar que ambos gobiernos cumplieron con la ejecución de la EIA y la obtención de la licencia ambiental, el Gobierno del Japón decidió implementar el Estudio de Diseño Básico para el presente Proyecto y envió a través de JICA el Equipo de Estudio de Diseño Básico entre el 15 de mayo y el 21 de junio de 2005. En la primera etapa del estudio en el sitio del proyecto, el Equipo de Estudio confirmó el contenido de la solicitud, y explicó a las autoridades locales correspondientes la necesidad de demoler y retirar el actual Puente Macará, una vez terminada la construcción del nuevo puente, llegando a firmar la respectiva Minuta de Discusiones con las autoridades tanto del Ecuador como del Perú, en relación con la responsabilidad que tienen que ser asumidas por los respectivos países. Posteriormente, el

Equipo de Estudio volvió a viajar a ambos países entre el 6 al 19 de noviembre de 2005, para presentar el borrador del Diseño Básico elaborado con base en los resultados del estudio analítico ejecutado en Japón. Después de explicar el contenido del Diseño Básico, confirmar y acordar sobre las responsabilidades del Ecuador y del Perú, se firmaron la respectiva Minuta de Discusiones.

La cooperación japonesa para el Proyecto consistirá en la construcción del nuevo Puente Macará que reemplace al existente, y en la construcción de los tramos mínimos de los caminos de acceso, y de obras de protección de márgenes y lechos, tomando en cuenta la falta de la capacidad de carga y la luz efectiva por debajo de las vigas del actual puente. El Diseño Básico fue elaborado fundamentándose en las políticas básicas de satisfacer los requisitos mínimos para el diseño, incluyendo las normas aplicables, consideraciones naturales (sismos, inundaciones, etc.), y para la selección de la ubicación del sitio de construcción y de los métodos de ejecución, se procuró dar prioridad de minimizar el traslado de las viviendas y población afectada y de minimizar otras cargas ambientales.

Para determinar la dimensión del nuevo Puente Macará se analizaron los defectos y problemas del actual puente, y se procuró solucionar cada uno de ellos en el Diseño Básico. A continuación, en el siguiente cuadro se resumen los problemas del actual puente y las soluciones propuestas en el nuevo puente.

Defectos y faltas	Problemas	Soluciones
✓ Falta de la capacidad de carga (la carga de diseño vigente supera el esfuerzo tolerable de algunos miembros)	✓ El límite de carga es de 20 toneladas, pero se está permitiendo el paso de los vehículos de hasta 40 toneladas (peso total). En realidad el paso de este tamaño de vehículos constituye un riesgo de que el puente colapse.	✓ Reemplazar el actual puente por un nuevo puente de HS25 (aproximadamente 40 toneladas) (carga viva actual).
✓ Falta de capacidad de tránsito (El ancho actual de la calzada de 8.0 m del puente existente no permite el tránsito fluido, por la presencia de vehículos estacionados. Tampoco el ancho de los pasos peatonales de 1.5 m es suficiente para las horas pico)	✓ Se observan varios vehículos obligados a esperar largo tiempo para transitar por el puente, congestión y el paso de los vehículos sobre los pasos peatonales, lo cual constituye un riesgo para el tránsito seguro de los peatones.	✓ Construir un nuevo puente con anchura conforme a las normas geométricas de AASHTO.
✓ Falta de luz por debajo de las vigas (el puente actual ha dado lugar a un tramo angosto artificial con falta de espacio por debajo de las vigas)	✓ Se eleva el nivel de agua aguas arriba del puente al formarse un tramo angosto, provocando la ampliación del área avenida.	✓ Construir un nuevo puente que responda al caudal de crecidas de diseño con suficiente luz por debajo de las vigas, y demoler el puente actual
✓ Falta de visibilidad, obligando a los conductores bajar la velocidad al pasar por curvas agudas.	✓ Se reportan la reducción de velocidad, congestión y accidentes de tráfico.	✓ Adoptar un diseño de alineamiento horizontal apropiado para subsanar la situación.

Se elaboró el Diseño Básico del nuevo Puente Macará y los caminos de acceso tomando en cuenta las soluciones propuestas arriba, y ajustándose a las normas de estructura geométrica de AASHTO que se aplican ampliamente en los países de centro y sudamérica y las normas de diseño de puentes. Sin embargo, en cuanto a la carga sísmica que se determina en base a las

condiciones naturales del sitio del Proyecto, se aplicó el coeficiente sísmico horizontal de 0.19 calculado conforme el código ecuatoriano de diseño Antisísmico. Asimismo, el caudal de crecidas de diseño se determinó en 1,250m<sup>3</sup>/seg. que es un caudal de crecidas con probabilidades de retorno de 50 años. A continuación en el siguiente cuadro se resume el perfil de las obras determinado con base en los resultados del Diseño Básico.

#### Perfil de las obras

Atributos		Tipo y detalles
Ubicación		A 50 metros aguas abajo desde el actual puente existente de Macará
Tipo de estructura		Vigas cuadradas de concreto precolado continuas entre dos tramos
Longitud del puente		110 m
División de tramos		62.6 m + 45.6 m
Estribos en el lado peruano	Tipo	Estribo en forma T invertida
	Altura estructural	12.8m
	Fundación	Fundación directa
Estribos en el lado ecuatoriano	Tipo	Estribo en forma T invertida
	Altura estructural	12.3m
	Fundación	Fundación con pilotes (diámetro de pilote colado in situ: 1.2 m)
Pilas	Tipo	Tipo pared
	Altura estructural	12.02 m
	Fundación	Fundación directa
Ancho del puente		Calzadas: 3.65 m × 2, arcén: 1.2 m × 2, acera: 2.0 m × 2
Caminos de acceso	Lado ecuatoriano	164.0 m
	Lado peruano	290.0 m
	Anchos	Calzadas: 3.65m × 2, arcén: 2.40m × 2, arcén de protección: 1.00 m × 2
Protección de márgenes:	Lado ecuatoriano	Protección con mampostería de concreto, prolongación de 47.0 m
	Lado peruano	Protección con mampostería de concreto, prolongación de 47.5 m
Protección del lecho	Lado ecuatoriano	Mampostería de concreto con base esforzada, prolongación de 61 m
	Lado peruano	Mampostería de concreto con base reforzada, prolongación de 55 m
	Pilas	Protección de mampostería de concreto (29 m × 25 m)

El paso crítico del cronograma de implementación del presente Proyecto está en la ejecución de las obras del puente que consistirá en los preparativos, construcción de estribos (de ambos lados simultáneamente), construcción de pilas, superestructura (voladizos) y finalmente la construcción de la cubierta del puente. Se considera que la ejecución de las obras requerirá aproximadamente 23 meses en total. Los impactos positivos del presente Proyecto se manifestarán recién cuando se termine toda la porción de la cooperación japonesa y no se puede dividir su período de ejecución, el cual tomará más de un año hasta su terminación. Por lo tanto, tomando en cuenta las reglas del esquema de la Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón, se considera adecuado aplicar el esquema especial de la donación que permite ejecutar el proyecto en varios años fiscales.

El período de ejecución del presente Proyecto de Asistencia se estima en 31 meses aproximadamente hasta la terminación de todas las obras. Este período se desglosa en ocho meses para el Diseño de Ejecución, licitación, etc. y 23 meses para la ejecución de obras.

El costo total estimado del presente Proyecto se calcula en 1,149 millones de yenes japoneses (1,050 millones de yenes japoneses correspondientes a la Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón, y 99 millones correspondientes a las obras del Ecuador y el Perú)

Los impactos de la implementación del Proyecto son los siguientes. ① El actual Puente Macará presenta problemas tales como la falta de capacidad de carga y la falta de anchura provocando cuello de botella. Al construir un nuevo puente que sustituya al existente aplicando una carga de diseño y anchura que satisface la norma vigente, por los cuales se solucionará el cuello de botella, permitiendo acortar el tiempo de transporte y ahorrar el costo de viaje. Además, la vida útil del puente se alargará de 10 a 50 años y el costo de mantenimiento se reducirá en comparación con el presente. ; ② El camino de acceso actual del lado peruano tiene una curva aguda por debajo de la norma, obligando a los conductores reducir la velocidad y provocando el cuello de botella. Al adoptar un diseño de alineamiento horizontal apropiado se espera asegurar una circulación fluida y reducir la incidencia de los accidentes de tráfico; ③ El actual Puente Macará, conforma artificialmente un tramo angosto del río, además que reduce la sección transversal del río presentando probabilidad de que el puente sea arrastrado. Al reemplazar el actual puente por un nuevo puente diseñado con suficiente luz efectiva por debajo de las vigas para soportar un caudal de crecidas de diseño, se reducirá la probabilidad de que el puente sea arrastrado, y contribuirá al mejoramiento del entorno local, incluyendo la ampliación del horizonte agrícola.

Se considera que el presente Proyecto beneficiará a la Provincia de Loja por el lado ecuatoriano y el Departamento de Piura por el lado peruano en los que se construirá el nuevo Puente Macará, cuya población alcanza 404,000 habitantes de Loja y 1,636,000 habitantes de Piura, sumando en total 2,040,000 habitante (correspondiente al 5.0 % de la población total ecuatoriana y peruana).

La capacidad de carga del actual Puente Macará es insuficiente para soportar la carga, además que presenta un avanzado grado de deterioro. Al considerar la importancia del puente por ubicarse sobre la Carretera Panamericana, el presente Proyecto es sumamente importante y urgente, y su implementación fomentará el desarrollo de la región fronteriza. Sin embargo, si se toma en cuenta que actualmente el Gobierno de Ecuador a cargo de implementar el presente Proyecto atraviesa por una situación de austeridad financiera, así como el nivel técnico requerido para la reconstrucción del puente, la implementación del Proyecto se enfrentaría a múltiples dificultades y limitaciones, por lo que se considera que es sumamente importante que Japón extienda asistencia financiera y técnica al Ecuador y al Perú en el marco de la Cooperación Financiera No Reembolsable.

En cuanto al mantenimiento de las obras terminadas, el propio Puente Macará y el camino de acceso del lado ecuatoriano pasará a ser responsabilidad de la oficina zonal de Loja del MOP. Mientras tanto, el mantenimiento del camino de acceso del lado peruano será asumido por la Unidad Zonal Tumbes. El costo anual de mantenimiento se estima en aproximadamente 13,820 dólares correspondientes al Ecuador y 7,990 dólares correspondientes al Perú. Esta suma corresponde al 0.04 % del presupuesto anual de mantenimiento del MOP Ecuador de 28.8 millones de dólares y al 0.013 % del presupuesto anual de mantenimiento de la Gerencia de

Mantenimiento de la Red Vial Nacional del MTC del Perú de 59.0 millones de dólares. Se considera que tanto el Ecuador como el Perú podrán asumir sin mayores dificultades la responsabilidad de dar mantenimiento a las obras del presente Proyecto desde el punto de vista financiero y técnico, puesto que ambos tienen un nivel técnico relativamente alto de operación y mantenimiento de infraestructuras.

Se solicitan a los gobiernos del Ecuador y del Perú tomar las siguientes medidas, antes de iniciar las obras, a fin de agilizar y mejorar la eficiencia del desarrollo del presente Proyecto: terminar el traslado de viviendas y la población afectadas por las obras; trasladar las tuberías de agua, postes y cables eléctricos afectados por las obras; asegurar el terreno adicional requerido por el presente Proyecto; proporcionar y limpiar el patio de obras provisionales y los depósitos para la tierra residual. Además, se solicita emitir las tarjetas de identidad al personal y los sellos para los vehículos relacionados con las obras a fin de cruzar libremente la frontera, movilizar la policía de tránsito durante las obras, y desmontar y retirar el actual puente, poner protección de márgenes y dar el mantenimiento adecuado a las obras terminadas.

## Contenido

Prefacio	
Acta de Entrega	
Plano de Ubicación	
Perspectiva	
Lista de Figuras	
Lista de Cuadros	
Abreviaturas	
Sumario	
Contenido	
<b>CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 2 CONTENIDO DEL PROYECTO.....</b>	<b>2</b>
2-1 Perfil del Proyecto .....	2
2-1-1 Meta Superior y los Objetivos del Proyecto .....	2
2-1-2 Perfil del Proyecto .....	2
2-1-3 Evaluación del Puente Macará existente.....	4
2-2 Diseño Básico de la Asistencia Solicitada al Japón .....	7
2-2-1 Políticas de Diseño .....	7
2-2-1-1 Políticas básicas .....	7
2-2-1-2 Políticas Relacionadas con las Condiciones Naturales.....	8
2-2-1-3 Políticas Relacionadas con las Condiciones Sociales, etc. ....	10
2-2-1-4 Políticas relacionadas con las condiciones del sector de construcción.....	12
2-2-1-5 Políticas para la Contratación de los Servicios Locales .....	14
2-2-1-6 Políticas sobre la Capacidad Administrativa y Operativa del Organismo Ejecutor	15
2-2-1-7 Políticas para la Definición del Nivel Técnico de las Infraestructuras.....	16
2-2-1-8 Políticas sobre los Métodos y Período de Ejecución de Obras .....	23
2-2-2 Plan Básico .....	24
2-2-2-1 Plan General.....	24
2-2-2-2 Plan de Infraestructuras .....	28
2-2-3 Planos de Diseño Básico.....	39
2-2-4 Plan de Ejecución de Obras .....	50
2-2-4-1 Lineamientos de la Ejecución de Obras .....	50
2-2-4-2 Consideraciones a tomarse para la Ejecución de Obras .....	51
2-2-4-3 Alcance del Trabajo.....	54
2-2-4-4 Plan de Supervisión de Obras .....	55
2-2-4-5 Plan de Control de Calidad .....	59
2-2-4-6 Plan de Adquisición de Equipos y Materiales.....	60
2-2-4-7 Cronograma de Implementación .....	62
2-3 Descripción de los Compromisos de los Países Receptores de Asistencia.....	64

2-3-1	Compromisos generales relacionados con la Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón.....	64
2-3-2	Compromisos Específicos para el presente Proyecto de Asistencia.....	64
2-4	Plan de Operación y Mantenimiento del Proyecto .....	66
2-5	Costo Estimado del Proyecto.....	68
2-5-1	Costo estimado de la Asistencia Solicitada al Japón .....	68
2-5-2	Costo de Operación y Mantenimiento .....	70
<b>CAPÍTULO 3 EVALUACIÓN DEL PROYECTO Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>71</b>
3-1	Impactos del Proyecto.....	71
3-2	Recomendaciones .....	72

[Documentación Anexa]

1	Miembros del Equipo de Estudio
2	Cronograma de Estudio
3	Lista de Autoridades Relacionadas o Entrevistadas
4	Minuta de Discusión (M/D)
4-1	Estudio en los Países Receptores de Cooperación
	(1) En Ecuador (El 30 de Mayo de 2005)
	(2) En Perú (El 2 de Junio de 2005)
4-2	Misión Informativa del Informe
	(1) En Ecuador (El 10 de Noviembre de 2005)
	(2) En Perú (El 17 de Noviembre de 2005)
5	Costos a Asumir entre las Partes Ecuatoriana y Peruana
6	Otros Datos e Información

## **Capítulo 1**

### **Antecedentes del Proyecto**

## **Capítulo 1      Antecedentes del Proyecto**

Con base en el Acuerdo Mutuo de Paz firmado en octubre de 1998 entre ambos países, el Gobierno del Japón implementó el Estudio para la Formulación del Proyecto Ecuador – Perú (Desarrollo de la Región Fronteriza) en 1999 a través de JICA. Como resultado de dicho estudio, se identificó como uno de los proyectos viables para ejecutarse en el marco de la cooperación japonesa la construcción de cuatro puentes internacionales (Aguas Verdes, El Alamor, Puente Macará y Puente la Balsa), junto con otros proyectos de donación de equipos y materiales para la rehabilitación de caminos.

Dentro de este contexto, en agosto de 1999 los gobiernos del Ecuador y del Perú solicitaron al Gobierno del Japón la Cooperación Financiera No Reembolsable para el Proyecto de Reconstrucción del Nuevo Puente Internacional Macará. Este proyecto consiste en construir un nuevo puente y los caminos de acceso 50 m aproximadamente aguas abajo del puente existente en vista de que eventualmente éste último se halla en un avanzado estado de deterioro y falta de capacidad de soporte de cargas. El Gobierno del Japón dio seguimiento al acuerdo bilateral sobre el tema de la región fronteriza, así como el sistema de ejecución del proyecto, entre otros factores, considerando que el Puente Macará es un puente internacional que comunica dos países. Luego de verificar que el Ecuador y Perú llegaron a establecer el acuerdo mutuo sobre el tema, el Gobierno del Japón procedió a ejecutar el Estudio Preliminar en 2004 sobre el Proyecto de Construcción del Nuevo Puente Internacional Macará entre Ecuador y Perú. Dicho Estudio contribuyó a verificar preliminarmente la relevancia y la necesidad de aplicar el esquema de la Cooperación Financiera No Reembolsable al presente Proyecto, pero para su ejecución, Japón solicitó a ambos gobiernos cumplir con los siguientes requisitos, de acuerdo con la Guía de Consideraciones Ambientales y Sociales de JICA: (a) ejecutar la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) y obtener la licencia ambiental; (b) organizar la reunión para el diálogo de las múltiples partes interesadas (stakeholder); y, preparar el plan de traslado de viviendas afectadas. Luego de verificar que ambos gobiernos cumplieron con la ejecución de la EIA y la obtención de la licencia ambiental, el Gobierno del Japón decidió implementar el Estudio de Diseño Básico para el presente Proyecto.

## **Capítulo 2**

### **Contenido del Proyecto**

## Capítulo 2 Contenido del Proyecto

### 2-1 Perfil del Proyecto

#### 2-1-1 Meta Superior y los Objetivos del Proyecto

La República del Ecuador (en adelante, se denominará “Ecuador”) y la República del Perú (en adelante, “Perú”) han suscrito el Acuerdo Mutuo de Paz en octubre de 1998 con el que dieron punto final a un largo y conflictivo proceso de demarcación fronteriza entre ambos países que arrancó en Siglo XIX. Tras esta firma, se creó el Plan Binacional de Desarrollo de la Región Fronteriza Perú-Ecuador para dar inicio al proceso de mejoramiento de las infraestructuras sociales y la reducción del alto índice de la pobreza en la zona fronteriza que había sido marginada del proceso de desarrollo.

El Comité Asesor Internacional ha elaborado un plan decenal que tiene por objetivo la integración y el desarrollo de esta región, en el que ha establecido cuatro políticas prioritarias, una de ellas es el Programa B “prestación de los servicios, incluyendo las obras físicas fronterizas, que faciliten y reactiven el tránsito y el comercio fronterizo”. Concretamente, el Plan consiste en la construcción y mantenimiento de los cinco Ejes Viales, la construcción de los puentes internacionales ubicados en cuatro de los cinco ejes viales y la integración de las infraestructuras fronterizas que se hallan actualmente en ambos países.

**Cuadro 2-1 Ejes viales del Plan Binacional de Desarrollo de la Región Fronteriza Perú-Ecuador**

No. de rutas	Rutas	Long.	Puente internacional
1	Guayaquil – Piura (Carretera Panamericana)	538 km	Puente Aguas Verdes
2	Arenillas – Sullana	244 km	Puente El Alamor
<b>3</b>	<b>Loja – Sullana (Carretera Panamericana)</b>	<b>319 km</b>	<b>Puente Macará</b>
4	Loja – Sarameriza	690 km	Puente la Balsa
5	Méndez – Sarameriza	385 km	-

Nota: Sobre el Eje Vial No. 3 existe el Puente Macará, objeto de la Asistencia Solicitada al Japón.

El objetivo es reactivar el intercambio comercial y la economía local, mejorar la calidad de vida de la comunidad, y así, reducir la pobreza, mediante la realización de obras que faciliten el tránsito de estos ejes viales, en particular la construcción de los puentes internacionales y de los Centros Binacionales de Atención en Frontera (CEBAF) que integren el paso de la frontera obedeciendo las normas vigentes.

#### 2-1-2 Perfil del Proyecto

Actualmente se está llevando a cabo la construcción de los puentes internacionales sobre los Ejes Viales 1 al 4, así como de los CEBAF que integran el paso de la frontera con el apoyo de diferentes países. En el Cuadro 2-2 se describen el avance y el perfil de los proyectos propuestos para estos cuatro ejes.

**Cuadro 2-2 Avance del plan de construcción  
del puente internacional Ecuador – Perú**

Puentes	Aguas Verdes	El Alamor	Macará	La Balsa
Situación actual del cruce de ríos internacionales	Existe un puente de dos carriles, de capacidad limitada para el paso peatonal y vehicular	No existe ninguna estructura de cruce del río	Existe un puente obsoleto de dos carriles	Anteriormente no existía ninguna estructura de cruce del río, pero recientemente se construyó un nuevo puente.
Infraestructuras fronterizas existentes	Existen dos puestos de control aduanero	No existen los puestos de control aduanero	Existen dos puestos de control aduanero	No existen los puestos de control aduanero
País ejecutor	Perú	Ecuador	Ecuador	Perú
Avance del plan de construcción del nuevo puente	Diseño Detallado en ejecución	Indefinido	Objeto de este estudio	Se concluyó la construcción del nuevo puente en marzo de 2003
Avance del proyecto de construcción de CEBAF	Diseño Detallado en ejecución del CEBAF tipo "1-stop"	Indefinido	Se concluyó el Diseño Básico de la construcción del CEBAF	Ninguno
Organismos cooperantes	UE (Cooperación Financiera No Reembolsable)	No definido	Japón (Cooperación Financiera No Reembolsable)	Parcialmente por Brasil (Cooperación Financiera No Reembolsable)

Como impactos directos de la implementación de estos proyectos se espera acortar el tiempo requerido para el paso fronterizo, ahorro del costo de viaje, alivio del cuello de botella, etc, los cuales se traducen en el ahorro del costo de transporte, mayor facilidad en la planificación productiva y de transporte, reactivación de las actividades económicas, corrección de las brechas regionales, mejoramiento de la administración civil, mayor accesibilidad a las infraestructuras públicas, etc.

En agosto de 1999, los gobiernos del Ecuador y del Perú solicitaron al Gobierno del Japón la implementación de la Cooperación Financiera No Reembolsable para el proyecto de reconstrucción del nuevo puente internacional Macará sobre el Eje Vial 3 "Loja – Sullana", en el marco del plan de construcción de los cuatro puentes internacionales y las infraestructuras fronterizas integradas del Programa B que constituye uno de los componentes principales del plan decenal elaborado sobre la base del convenio de desarrollo de la región fronteriza. El actual Puente Macará, objeto de la solicitud presenta un avanzado grado de deterioro y de obsolescencia, y conforma artificialmente un tramo angosto del río desde el punto de vista de la ingeniería hidráulica. Además, el camino de acceso del lado peruano contiene una curva aguda provocando un cuello de botella. También es preocupante la falta de solidez y funcional ante la carga del tráfico que tiende a incrementarse año tras año, y ante los desastres naturales como los sismos, inundaciones, etc. Por lo tanto, Ecuador y Perú solicitaron al Japón la construcción de un nuevo puente que reemplace al existente, obedeciendo las normas de diseño vigentes. Una vez implementada la construcción del Nuevo Puente Internacional Macará por el Japón, conforme a lo solicitado, la asistencia japonesa contribuirá al avance del este Proyecto. A modo de referencia, actualmente existen dos puestos de control de los respectivos países, a ambos lados del Puente Macará existente, para el que se está proyectando construir un CEBAF al lado ecuatoriano, cuyo costo será sufragado por el gobierno del Ecuador.

### 2-1-3 Evaluación del Puente Macará existente

El Puente Macará existente es un puente pórtico de hormigón reforzado que cruza el Río Macará y ha sido construido por Perú en 1964. Se observa un avanzado grado de deterioro en sus miembros, además que no presenta una suficiente espacio debajo de la viaga transversal del río, constituyendo un tramo angosto del río Macará. En el presente Estudio se realizó un análisis desde el punto de vista de la ingeniería hidráulica y estructura cuantitativa sobre su resistencia considerada como insuficiente.

#### (1) Análisis desde el punto de vista estructural

La evaluación del Puente Macará existente desde el punto de vista estructural se enfocó en dos parámetros principales: ① la capacidad de carga en función del grado de deterioro y ② la capacidad de carga en función de la carga de diseño.

##### a) Capacidad de carga en función del grado de deterioro

Las vigas principales y apuntaladas del puente presentan grietas sin llegar a ser grave deterioro. Sin embargo, las losas presentan un elevado porcentaje de grietas, algunas de ellas penetrantes. Su superficie presenta desgaste o disminución del grosor en orden de 3 a 5 cm por la rotura del hormigón, pudiendo observarse las barras de refuerzo expuestas o quebradas. Se considera que la capacidad de carga de las losas se ha visto sustancialmente afectada al soportar directamente la carga vehicular.

##### b) Capacidad para soportar la carga de diseño

Para determinar la capacidad de carga del puente existente, se revisaron el diámetro de las barras de refuerzo y el plano de armaduras mediante los planos de las obras ejecutadas, y se evaluó el esfuerzo aplicando una carga AASHTO HS-25 que es 25 % más que HS-20 que es la carga de diseño de la Carretera Panamericana. Los resultados se presentan en el Cuadro 1-3, según el cual, el esfuerzo de las barras de refuerzo en los puntos de apoyo y en la sección central supera el valor tolerable, llegando casi al esfuerzo de punto cedente. También para el hormigón, los resultados superaron el nivel tolerable en la sección central. Con base en estos resultados, se concluye que el puente existe presenta una falta evidente de la capacidad de carga frente a la carga de diseño.

**Cuadro 2-3 Resultados de la revisión de la capacidad de carga**

Ubicación del punto estudiado		Fuerza interseccional (kN·m,KN)	Cantidad de las barras de refuerzo (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (Mpa)	Margen de tolerancia (Mpa)	Resultado de evaluación
Puntos de apoyo	Hormigón	M <sub>máx</sub> = 3670.7	58.904	7.2	< 8.3	○
	Barras de refuerzo	S <sub>máx</sub> =862.6		277.5	> { 137.9 } { 275.8 }	×
Centro	Hormigón	M <sub>mín</sub> =909.7	58.904	13.7	> 8.3	×
	Barras de refuerzo	S <sub>máx</sub> =404.6		270.7	> { 137.9 } { 275.8 }	×

Nota: Las cifras de { } corresponden al esfuerzo de punto de fractura de las barras de refuerzo.

## (2) Análisis desde el punto de vista de la ingeniería hidráulica

El análisis del Puente Macará existente desde el punto de vista de ingeniería hidráulica, se clasifica grosso modo en: ① el análisis de la variación histórica del cauce del río; y ② análisis de la variación del nivel de agua basada en el análisis hidrológico. Para una descripción más detallada del proceso de análisis, véase el Anexo 6.

### a) Análisis de la variación histórica del cauce

Para los efectos de este análisis, primero se revisaron las fotografías aéreas del sitio donde se ubica el Puente Macará existente, antes (1962) y después (1972) de su construcción, para tomar los datos del ancho del cauce y los patrones de uso del suelo, los cuales fueron comparados con los resultados del reconocimiento en campo realizado en el presente Estudio. A continuación se presentan los resultados de este análisis.

- Después de la construcción del Puente Macará existente, la margen derecha aguas arriba fue fuertemente erosionada, cambiando considerablemente el ancho del cauce.
- El incremento del ancho del cauce sólo se dio aguas arriba del puente.
- Después de la construcción del Puente Macará existente, se produjeron pérdidas concretas en la margen derecha aguas arriba, por el arrastre de las tierras de cultivo, etc.

### b) Análisis de la variación de nivel de agua

Se realizó el cálculo hidráulico mediante el método de flujo variado con y sin el puente existente. Para el cálculo, se aplicaron los siguientes datos del Puente de Macará sobre el río homónimo: caudal máximo histórico de inundación de 833 m<sup>3</sup>/seg; caudal de inundaciones de diseño con probabilidades de 50 años de 1,250 m<sup>3</sup>/seg; coeficiente de rugosidad de  $n = 0.040$ . Como resultado, se percataron los siguientes hechos.

- Con el puente existente, al discurrir el caudal máximo histórico de inundación de 833 m<sup>3</sup>/seg, se produce una diferencia de 3.5 m entre los niveles de agua aguas arriba y abajo del puente existente. Por lo tanto, se ha verificado mediante el cálculo hidráulico, que se produce el incremento de nivel de agua por la reducción del ancho del río.
- Bajo las condiciones hidráulicas mencionadas anteriormente, el nivel de agua aguas arriba del puente es 1.5 m más alto que la altitud de las tierras de cultivo de la margen derecha aguas arriba, por lo que ellas quedarían avenadas si ocurren las crecidas máximas históricas.
- Al discurrir el caudal de inundación de diseño de 1,250 m<sup>3</sup>/seg bajo las condiciones hidráulicas mencionadas anteriormente, se produce una diferencia de 5 m aproximadamente entre los niveles de agua aguas arriba y abajo del puente. El nivel de agua aguas arriba es mayor a la altura de la calzada del Puente Macará existente. Es decir, con el caudal de inundación de diseño, el Puente Macará existente queda inundado.

- Sin el Puente Macará existente, este fenómeno de incremento del nivel de agua del río se desaparece.

### **(3) Conclusiones**

De los resultados del análisis desde los puntos de vista estructural e hidráulico antes presentados, se concluyen lo siguiente.

- La capacidad de carga del Puente Macará existente es insuficiente para soportar la carga de diseño vigente, pudiendo quedarse inundada o arrastrada cuando ocurre el caudal de inundaciones de diseño con probabilidades de 50 años. Por lo tanto, requiere ser reemplazado en brevedad por un nuevo puente que satisfaga la norma de diseño vigente.
- En el caso de construir el nuevo Puente Macará en un sitio diferente al actual Puente, se requiere demoler el puente existente así como los caminos de acceso que incluyen los cajones (*box-culvert*) construidos sobre las zonas de inundación de cauce, inmediatamente después de terminada la nueva estructura. Las razones son: ① el puente actual produce un tramo angosto artificialmente en el río, provocando el incremento de nivel de agua, y consecuentemente ampliando el área avenada, márgenes erosionadas y pérdida de las tierras de cultivo aguas arriba del puente; y, ② el actual puente puede ser arrastrado cuando ocurre el caudal de inundaciones de diseño. En el caso de construirse un nuevo puente aguas abajo del puente actual, bajo las mismas condiciones, algunos elementos desprendidos del puente actual y arrastrados por el agua pueden colapsarse con el nuevo puente provocando un impacto negativo.

## **2-2 Diseño Básico de la Asistencia Solicitada al Japón**

### **2-2-1 Políticas de Diseño**

#### **2-2-1-1 Políticas básicas**

##### **(1) Políticas para el diseño del puente que satisfaga los requisitos mínimos**

La política básica del presente Estudio de Diseño Básico consiste en elaborar un plan que satisfaga los requisitos mínimo necesarios analizando cuidadosamente el contenido de la solicitud, así como los requisitos relacionados con las condiciones naturales del sitio de construcción, incluyendo los temas que quedaron inconclusos en el Estudio Preliminar, enmarcándose en el esquema de la Cooperación Financiera No Reembolsable.

Concretamente, había quedado pendiente el tema del ancho de berma del puente en el Estudio Preliminar, puesto que el ancho solicitado por Ecuador y Perú había sido de 2.4 m, lo cual ha sido considerado por la misión japonesa como excesiva. En el presente Estudio de Diseño Básico se recomienda adoptar el ancho de berma mínimo establecido por la AASHTO, considerando que las normas estructurales geométricas aplicables a las obras del presente Proyecto son las establecidas por AASHTO.

Por otro lado, el puente actual se ubica en las proximidades del tramo angosto natural, y la presencia del puente ha reducido artificialmente aún más el ancho del río, lo cual facilita la elevación del nivel de agua aguas arriba del puente en la época de crecidas, afectando negativamente a la zona puesto que una extensa área de cultivo queda inundada. Adicionalmente, la costa del Pacífico del continente sudamericano donde se extienden los territorios ecuatoriano y peruano se caracteriza por su esquema geotectónico de la subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, produciendo frecuentes sismos del tipo trinchera oceánica. Por lo tanto, en el diseño del puente se incorporarán estos factores naturales mínimo necesarios del Área del Estudio.

##### **(2) Políticas sobre las condiciones ambientales sociales y naturales**

El actual Puente Macará es un puente internacional que cruza el río homónimo y constituye la línea fronteriza entre el Ecuador y el Perú. Dado que el actual Puente Macará constituye el paso fronterizo entre ambos países, existen puestos de control aduanero al extremo de los caminos de acceso de ambos lados, y además se levantan numerosas obras fronterizas, puestos comerciales (fijos y ambulantes), así como las viviendas particulares. Se propone dar prioridad a las consideraciones sociales para la ubicación del nuevo puente, minimizando el impacto negativo incluyendo la demolición, traslado, etc. de estas instalaciones existentes. En cuanto al entorno natural, los aspectos que deben ser resueltos incluyen, entre otros, la búsqueda del área de depósito de los residuos de construcción durante la obra, control de arrastre del suelo y dispersión de polvos en las canteras y préstamos, disposición del agua de lavado de los bidones de hormigón, control de

contaminación de agua durante la ejecución de la fundación de la pila. Para ello, se propone elaborar las especificaciones de ejecución de obras que minimicen el impacto al entorno natural, incluyendo los aspectos mencionados, estimando apropiadamente los costos necesarios a fin de asegurar la puesta en práctica de las medidas necesarias.

## **2-2-1-2 Políticas Relacionadas con las Condiciones Naturales**

### **(1) Condiciones meteorológicas**

El Área del Estudio se ubica a 440 m.s.n.m. aproximadamente. La precipitación media anual es de unos 800 mm; el mes más lluvioso es marzo cuando ocurre precipitación mensual de 1,092 mm. La época de lluvia comienza en diciembre y termina en mayo. El mes menos lluvioso es julio con precipitación mensual de 3 mm, y la época de estiaje comienza en junio y termina en noviembre. La temperatura media anual es de 24.9 °C, la humedad media es de 67.0 %, la velocidad media de viento es de 2.1 m/seg. La variación de estos parámetros es relativamente reducida. Estos datos meteorológicos servirán de base para calcular el número de días laborables, y establecer las condiciones de hormigonado (necesidad o no del uso de hormigón mezclado en caliente), método de curado del hormigón, etc.

### **(2) Diseño Sismorresistente**

La Costa del Pacífico Sudamericano se caracteriza por ser una de las zonas sísmicas más activas del mundo, y el Área del Estudio está comprendida en ella, por lo que se propone elaborar un diseño sismorresistente apropiado para el nuevo Puente Macará tomando en cuenta estas condiciones sísmicas severas.

El Equipo de Estudio obtuvo las informaciones sísmicas históricas de un radio de 300 km desde el sitio de construcción con el fin de determinar la respuesta de aceleración del Área del Estudio, y se obtuvo la aceleración máxima del sitio de construcción. El movimiento sísmico que produce la aceleración máxima en el sitio ha sido de magnitud 6.7 que azotó la zona norte de Cabo Inga (epicentro) en diciembre de 1953. La aceleración máxima registrada en este evento en el sitio de construcción se calculó en 180 gal (coeficiente sísmico horizontal) suponiendo un factor de dispersión de 1.7 y una importancia de la infraestructura de 1.2.

Por otro lado, el coeficiente sísmico horizontal fue calculado con base en el “Código Ecuatoriano de la Construcción – Requisitos Generales de Diseño y Requisitos Mínimos de Cálculos para Diseño Sismorresistente –2001”, adoptando para el diseño el mayor valor arrojado de entre las siguientes fórmulas ① y ②. De acuerdo con los cálculos, la fórmula ① ha arrojado  $H = 0.19$ , y la fórmula ② arrojó  $H = 0.15$ , por lo que se adoptó la fuerza horizontal calculada mediante la fórmula ①.

$$H = 0.48 \times Z \times I \dots \dots \dots \text{Fórmula } \textcircled{1}$$

$$H = 1.14 \times Z \times I \times 1/R \dots \dots \dots \text{Fórmula } \textcircled{2}$$

Donde, H: Coeficiente sísmico horizontal

Z :Valor factor Z (= 0.3)

I :Tipo de uso, destino e importancia de la infraestructura; infraestructura en uso y operación permanente (= 1.3)

R :Factor de Reducción de respuesta = 3

Dado que el coeficiente sísmico horizontal calculado conforme el Código Ecuatoriano de Diseño ha sido de 0.19, que es mayor al valor calculado de la historia sísmica de 0.18, se decidió aplicar el primero (0.19) como el coeficiente sísmico horizontal de diseño.

### (3) Condiciones hidrológicas y fluviales

La presencia del puente actual ha reducido notablemente el ancho del río al construirse en un tramo angosto natural, lo cual ha provocado inundaciones de amplias áreas durante la época de crecidas en la que se eleva el nivel de agua aguas arriba del puente existente. Esto ha producido, a su vez, la pérdida del suelo superficial, erosión de las márgenes, y otros impactos negativos. Por lo tanto, para el diseño del nuevo puente se requirió determinar una luz suficiente entre el espejo de agua y la viga para minimizar el impacto negativo de la obra hidráulica en función del caudal de inundación de diseño, así como la longitud adecuada del puente. Asimismo, las estructuras provisionales que sean construidas para la ejecución de la fundación de la pila, deben ser diseñadas con base en los datos de nivel de agua, evitando construir estructuras excesivamente grandes.

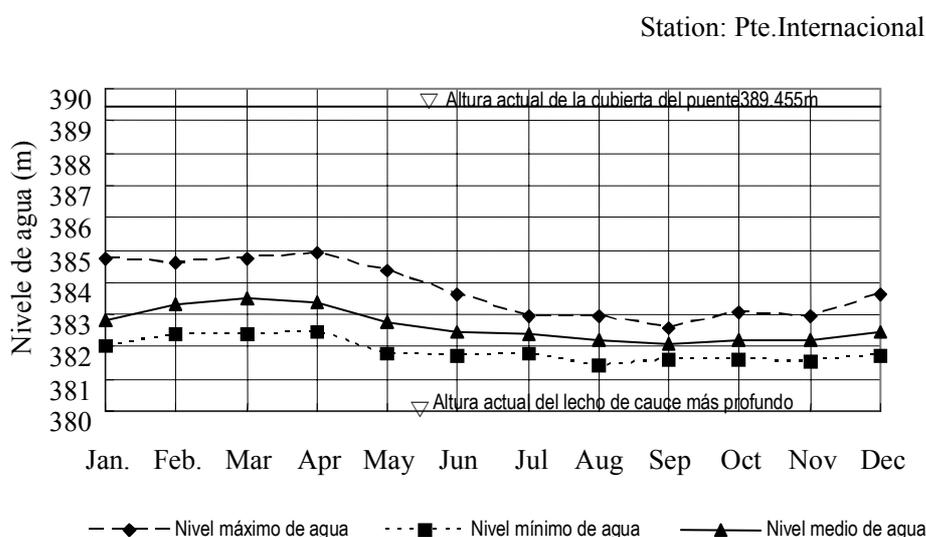
La cuenca hidrológica del Río Macará tiene una extensión de 2,899 km<sup>2</sup>. La gran diferencia de distribución de lluvia dentro de la cuenca según zonas, y la gran capacidad que tiene el cauce para almacenar el agua, hace que sea difícil realizar un análisis de escurrimiento preciso con base en los datos de precipitaciones. Por lo tanto, para el presente Estudio, se decidió adoptar el método de cálculo de caudal de inundación de diseño mediante el método de probabilidad de los datos reales. Se obtuvieron de la Oficina de Proyecto Chira Catamayo los datos observados y analizados correspondientes a un período de 31 años, entre 1973 y 2004, de la margen izquierda del puente existente. El caudal máximo o el caudal pico observado ha sido sometido a un proceso probabilístico para obtener el caudal de inundación de diseño para períodos de retorno de 50 años y de 10 años. Los resultados se presentan en el siguiente cuadro. Los datos con probabilidades de 50 años sirven de base para determinar la dimensión del puente, mientras que los de 10 años sirven para determinar la dimensión y otros datos técnicos de las obras provisionales.

**Cuadro 2-4 Caudal de inundación de diseño (Unidad: m<sup>3</sup>/seg)**

	Caudal de inundación de diseño	Valor estimado en estudios similares <sup>/1</sup>
Período de retorno de 10 años	900	899
Período de retorno de 50 años	1,250	1,210

Nota: <sup>/1</sup> Caudal de inundación en el Puente Macará determinado en el Proyecto Binacional Catamayo-Chira

Asimismo en la Figura 2-1 se presentan los niveles de agua (nivel máximo mensual, nivel mínimo y nivel medio) según la fuente citada anteriormente. Estos sirven de base para determinar las fechas de ejecución de la corona de la presa provisional para la construcción de las fundaciones de la pila.



**Figura 2-1 Niveles mensuales de agua observados**

### 2-2-1-3 Políticas Relacionadas con las Condiciones Sociales, etc.

#### (1) Planificación que minimice los impactos sociales

A lo largo de los caminos de acceso del Puente Macará existente se encuentran varios comercios, restaurantes y viviendas que ilegalmente están ocupando parte de las infraestructuras fronterizas y caminos. Aunque ellos sean ocupantes ilegales, es necesario al planificar las obras del puente y de los caminos de acceso, tomar consideraciones sociales procurando minimizar la necesidad de trasladar o remover las obras existentes. Si la ejecución del Proyecto va a afectar parte de ellas, debiendo remover, trasladar o comprar terrenos adicionales, este proceso deberá ser gestionado por el gobierno de contraparte correspondiente. En todo caso, es necesario confirmar en el presente Estudio que se les va a brindar una compensación apropiada, asegurándoles un proceso de traslado que posibilite continuar realizando las actividades económicas comparables a las actuales, agotando todas las discusiones e intercambio de opiniones con los habitantes y propietarios locales que se

verán afectados. Asimismo, se debe asegurar en el presente Estudio el compromiso del gobierno contraparte de terminar el proceso de traslado antes del inicio de las obras.

El ancho del terreno de construcción de los caminos existentes ha sido de 30 m desde el eje del camino en el caso de Ecuador, y de 25 m en el caso del Perú, según la información proporcionada. Sin embargo, el Equipo de Estudio no pudo verificar los pilotes de demarcación durante el estudio en campo, ni las cartas catastrales que lo demuestren. En el caso de implementar la presente Asistencia, es fundamental diseñar nuevas obras que se adecuen en la mayor medida de lo posible dentro de los terrenos disponibles.

## **(2) Articulación con el programa de construcción de nuevas estructuras fronterizas**

El organismo rector del programa de construcción de nuevas estructuras fronterizas es el Ministerio de Gobierno, a través del Consejo Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre. El Diseño Básico de las obras que constituyen el CEBAF ha sido elaborado por la Universidad de Loja, según el cual, se requiere comprar 13 ha de terreno, e invertir un costo de construcción del orden de 5,5 millones de dólares. El Consejo Nacional modificará el diseño básico del CEBAF con base en el Diseño Básico del presente Estudio, y posteriormente, procederá a compensar a los dueños de las viviendas afectadas y a comprar los terrenos que sean afectados por la construcción del CEBAF, y del camino de acceso del lado ecuatoriano del nuevo Puente Macará.

Por lo tanto, para el diseño del camino de acceso del lado ecuatoriano del presente Proyecto de Asistencia requiere también tomar en cuenta el plan de construcción del CEBAF, debiendo articular oportunamente la ejecución de obras. A modo de referencia, las obras de construcción del CEBAF se contemplan terminarse en mayo de 2007 si no existe ningún contratiempo, según el cronograma propuesto.

## **(3) Medidas de seguridad**

Según la información local, el Área del Estudio se encuentra en una zona de alta incidencia de contrabandos por ser la zona fronteriza, con presencia de las personas involucradas en dichas transacciones ilegales, lo que se traduce en una alta incidencia de crímenes en la Ciudad de Macará, en comparación con otras zonas de la provincia de Loja.

Por lo tanto, entre los compromisos asignados a los gobiernos de contraparte se debe incluir, además de la asignación de la policía de tránsito para asegurar la integridad del personal y productos involucrados durante la ejecución de obras, el presupuesto para la seguridad de las obras provisionales de los contratistas (alojamiento, equipos y materiales) que presten servicio en la Asistencia Solicitada al Japón, así como del sitio de construcción del puente (costo de cercos, alumbrado, contratación de vigilantes, etc.) Asimismo, es necesario el envío del personal de policía que permanezca en estos sitios, cuyo costo debe ser sufragado por los gobiernos de contrapartida.

## **2-2-1-4 Políticas relacionadas con las condiciones del sector de construcción**

### **(1) Principales proveedores de mano de obra, de los equipos y materiales**

El Puente Macará se ubica lejos de Lima, ciudad capital del Perú, a 1,420 km. Sin embargo, por el lado ecuatoriano se sitúa en un punto relativamente cercano a las principales ciudades del país; a 402 km hasta la segunda ciudad más importante de Ecuador, Guayaquil, y a 837 km hasta la ciudad capital Quito. Al compararse los precios en las áreas metropolitanas de ambos países, los precios de Ecuador son relativamente más bajos que Perú. Adicionalmente, el diseño y la construcción del Puente Macará corresponden al Ecuador, según lo acordado en el plan binacional.

Por lo anteriormente expuesto, se considera más conveniente adquirir la mano de obra y los equipos de construcción en el Ecuador donde los bienes y servicios son más baratos, incluyendo el costo de transporte, si los proveedores son capaces de cumplir con la calidad y el plazo de entrega requeridos. Por lo tanto, se propone adoptar este esquema de compra de la mano de obra, equipos y materiales para el proyecto, exponiendo y logrando el acuerdo de las autoridades de ambos gobiernos. En este caso, se establecerá explícitamente en la Minuta de Discusiones que “para la contratación de la mano de obra y la compra de los equipos y materiales disponibles en plaza para la ejecución del presente Proyecto de Asistencia, se dará mayor prioridad al mercado que ofrezca los precios más bajos con la condición de que los bienes y servicios reúnan la calidad requerida”.

### **(2) Disponibilidad de los materiales y maquinarias de construcción**

Muchos de los materiales necesarios para el presente Proyecto de Asistencia están disponibles en el mercado local, ya sean ellos productos ecuatorianos, peruanos o importados de otros países latinoamericanos. Salvo algunas excepciones, como los accesorios de las vigas y otros materiales especiales, la mayoría de los productos pueden ser comprados en el mercado local. A continuación se presentan las condiciones del mercado de los principales materiales.

#### **a) Cemento**

En Guayaquil, Ecuador, existe una planta de cemento Holcim que es una empresa mundialmente reconocida, en la que está realizando la producción de clinker. La capacidad instalada es de 2.7 millones de TM al año, y en 2004 la empresa produjo 1.95 millones de TM. Tiene una participación de más del 60 % en el mercado ecuatoriano, y ofrece una estabilidad tanto en términos de calidad como en la capacidad proveedora.

En Perú, existen principales productores de cemento, incluyendo Cementos Lima, Cemento Andino, Cementos Pacasmayo, etc. y las empresas locales de hormigón preparado comercializan sus productos en bajo contrato con estos fabricantes de cemento. UNICON, la empresa más importante de hormigón preparado del Perú, tiene experiencias operativas en Ecuador, incluyendo la construcción de aeropuerto, y ofrece estabilidad

tanto en términos de calidad como en la capacidad proveedora.

b) Barras de refuerzo

ANDEC es la empresa productora de barras de refuerzo más importante en el Ecuador, que tiene una planta en Guayaquil. El 50 % del acero crudo, materia prima, es producido por la propia empresa a partir de las chatarras (el 50 % restante es importado de Brasil, Venezuela, etc.) Dado que son barras recicladas, se requiere tomar cuidado en la selección de los productos de buena calidad, pero la empresa obedece las normas de ASTM (EE.UU.) y de INEN (Ecuador) para el control de calidad, además que ha obtenido el certificado ISO9001: 2000. también los resultados del ensayo de muestras respaldan que la empresa tiene un sistema adecuado de gestión de calidad. Adelca también es un fabricante importante de barras, con su planta de producción en Guayaquil. La empresa importa el acero crudo y produce las barras de refuerzo de calidad comparable. Además, en el Perú existen otras empresas fabricantes de barras como la Corporación Aceros Arequipa, etc., Por lo tanto, se considera que no existe ninguna dificultad para comprar localmente estos productos.

c) Productos de acero

IPAC es la empresa comercializadora más importante de los materiales de acero en el Ecuador. Además de importar las planchas, perfiles y tubos de acero desde Brasil, Venezuela, Ucrania, países europeos, etc. produce también los productos procesados de acero laminado. Para el control de calidad, la empresa aplica las normas ASTM (EE.UU.), BS (Inglaterra), JIS (Japón), etc. y ofrece stock permanente. En el Perú, la empresa más importante es Comercial del Acero; al igual que Ecuador, esta empresa comercializa los productos de acero importados, pero no está fabricando propiamente.

d) Hormigón asfáltico

La planta asfáltica más cercana al sitio de construcción se halla en Sullana aproximadamente 150 km en el lado peruano. Esta planta ha suministrado la mezcla asfáltica para la construcción de la pista de aterrizaje del aeropuerto de Macará. Los agregados son suministrados por las empresas de la zona. Por lo tanto, se considera realista la alternativa de contratar el servicio de esta planta para la implementación del presente Proyecto de Asistencia. A modo de referencia, no existe una planta asfáltica cercana en el lado ecuatoriano.

e) Acero para hormigón pretensado

En el Ecuador, la empresa UNIDECO como representante de la empresa alemana DYWIDAG, está importando y comercializando los productos de Alemania, EE.UU., y Brasil. Los productos ofrecidos incluyen los cables de hormigón pretensado, anclajes, vainas, etc. También existe un representante local en el Perú. Por lo tanto, se considera que el acero para hormigón pretensado está disponible en el mercado local, si bien no habría mucha diferencia de precios de ser importado desde Japón.

f) Maquinarias de construcción

En el Ecuador existen varias empresas de alquiler de maquinaria de construcción. Estas empresas ofrecen una amplia gama de máquinas de uso universal con suficientes unidades. En cuanto a la maquinaria especial como por ejemplo, las grúas sobre orugas, cucharones de almeja, etc., hay pocas unidades pero sí son disponibles en el mercado local, excepto las unidades móviles para el montaje en voladizo superior, que serán traídas desde Japón debido a su indisponibilidad en el mercado local. Por otro lado, se ha confirmado, mediante los datos de perforación registrados, que en la base subterránea existen grandes rocas. Sin embargo hay pocas excavadoras para los pilotes y, además, las empresas no quieren alquilar únicamente las máquinas, por todo ello será más realista encargar las obras de hincas de pilotes in situ a las empresas especializadas en este caso.

**(3) Criterios de diseño y ejecución de obras de caminos y puentes**

Las normas de estructura geométrica vial aplicadas tanto en el Ecuador como en el Perú obedecen a la norma denominada “Una Política sobre Diseño Geométrico de Carreteras y Calles” de AASHTO (Asociación Estadounidense de Funcionarios de Carreteras Estatales y de Transporte). La Carretera Panamericana sobre la cual se ubica el Puente Macará también ha sido construida con aplicación de una norma que obedece a AASHTO. Por otro lado, los criterios de diseño de los puentes en el Ecuador se basan en AASHTO “Especificaciones Standard para puentes carreteros”. En el Perú existe el “Manual de Diseño de Puentes” cuyo contenido es casi igual a los criterios de diseño establecido por AASHTO. En conclusión, para el diseño de las obras en el presente Estudio se aplicarán las normas de estructura geométrica vial y las normas de diseño de puentes de AASHTO. Sin embargo, en cuanto a los parámetros particulares de la zona, incluyendo la variación de temperatura, impacto de los sismos, se aplicarán las normas ecuatorianas que se adecuan a las condiciones locales.

**2-2-1-5 Políticas para la Contratación de los Servicios Locales**

El presente Estudio incluyó la evaluación de la posibilidad de participación de las empresas locales al presente Proyecto. La evaluación consistió en entrevistas a las empresas constructoras representativas, y recopilación de información sobre el tamaño de la empresa, experiencias, disponibilidad de las maquinarias, etc. desde las principales empresas recomendadas por el Ministerio de Obras Públicas. Como resultado, se identificaron las siguientes empresas como las más experimentadas en los proyectos de caminos y puentes, con capacidad suficiente para participar en el presente Proyecto de Asistencia como subcontratistas.

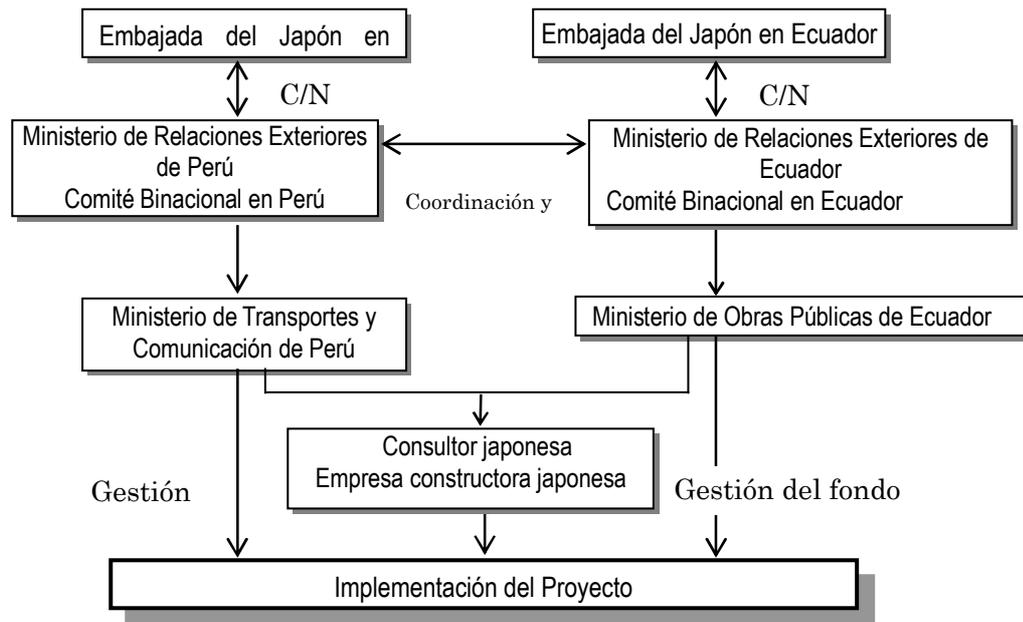
**Cuadro 2-5 Principales empresas constructoras del Ecuador y Perú**

Ecuador	Perú
- Azul	- Energoprojekt
- Cuerpo de Ingenieros del Ejercito	- GYM S.A
- Constructora Foleca S.A.	- JJC Constatistas
- Hidalgo e Hidalgos A	- RVV (Incot)
- Constructora Hidrobo Estrada Cialtda	- Comargo Correa
- Semaica	- Cosapi

Por lo tanto, es muy probable que parte de las obras de la Asistencia Solicitada al Japón sea ejecutada por contratación de los servicios locales.

#### **2-2-1-6 Políticas sobre la Capacidad Administrativa y Operativa del Organismo Ejecutor**

Conforme al acuerdo bilateral, la construcción, operación y mantenimiento del presente Proyecto de Asistencia corresponderá a Ecuador. Por otro lado, se prevé que la donación del Japón para el presente Proyecto de Asistencia sea canalizada en el marco de la cooperación regional de amplia dimensión, cuyos recursos serán repartidos a partes iguales entre Perú y Ecuador, con la suscripción del C/N con los dos gobiernos. Para ejecutar la Asistencia Solicitada al Japón de manera ágil y bajo este procedimiento previamente trazado, se requiere que el fondo asignado a ambos países sea transferido a las cuentas del Ministerio de Transportes y Comunicación del Perú y el Ministerio de Obras Públicas del Ecuador como entidades ejecutoras para su debida administración y, en este sentido, los Gobiernos de ambos países deberán suscribir el contrato con sus bancos, abrir cuenta bancaria y emitir carta de autorización a recibir pagos. Concretamente, se suscribirá, después de la suscripción del C/N, el contrato sobre el diseño detallado para la ejecución del proyecto entre la Comisión Bilateral/Ministerio de Transportes y Comunicación del Perú, la Comisión homóloga ecuatoriana/Ministerio de Obras Públicas de Ecuador y el consultor japonés (este contrato lo firmarán los dos representantes de las partes implicadas). Procederán después a ejecutar el diseño detallado. En base al diseño detallado se suscribirá de nuevo el C/N sobre ejecución y supervisión del proyecto y, de igual manera, el contrato con el consultor y la empresa constructora japonesa para iniciar las obras. El MOP ecuatoriano, por su parte, será entidad solicitante de las obras y aprobará el pago a las facturas, emitirá certificado de finalización de la construcción, certificado de inspección de las obras acabadas, etc., en representación de los dos países.



**Figura 2-2 Posible organigrama a adoptarse para el Proyecto (Propuesta)**

Con el supuesto de implementar el presente Proyecto de Asistencia a través del esquema de ejecución propuesta anteriormente, se solicitará a las autoridades implicadas del Perú y Ecuador comprensión de este sistema y una mayor agilización de trámites para llevar a cabo el proyecto. Supuestamente estas autoridades han trabajado muy pocas veces en este tipo de proyectos, por lo que se necesitará informarles por escrito y de forma previa de sus detalles de responsabilidades de los partes de Ecuador y Peru, como coste, plazo y método de ejecución para cumplir con sus obligaciones surgidas del proyecto y dar todo apoyo a las autoridades implicadas. En cuanto al mantenimiento y administración de las instalaciones, después de finalizadas las obras, tanto la parte ecuatoriana como la peruana cuentan con amplias experiencias de haber ejecutados proyectos incluidos los de asistencia financiera extranjera, además el MOP está realizando adecuada y oportunamente la operación y mantenimiento de las carreteras existentes, se considera que no existirá problema alguno.

### **2-2-1-7 Políticas para la Definición del Nivel Técnico de las Infraestructuras**

#### **(1) Evaluación del Alcance de la Asistencia Solicitada al Japón**

La meta superior del presente Proyecto de Asistencia, tal como se indicó en los apartados 3-1-1 y 3-1-2, es reactivar el intercambio comercial y la economía local, corregir la brecha regional y contribuir a la reducción de la pobreza, mediante la realización de las obras que faciliten el tránsito, concretamente, a través de la construcción de un nuevo puente que reemplace al actual puente de Macará conforme las normas vigentes. En el siguiente Cuadro se resumen los defectos, problemas y soluciones del actual Puente Macará.

**Cuadro 2-6 Defectos, problemas y soluciones de las infraestructuras existentes**

Defectos	Problemas	Soluciones
Falta de la capacidad de carga (la carga de diseño vigente supera el esfuerzo tolerable de algunos miembros)	✓ El límite de carga es de 20 toneladas, pero se está permitiendo el paso de los vehículos de hasta 40 toneladas (peso total). En realidad el paso de este tamaño de vehículos constituye un riesgo de que el puente colapse.	✓ Reemplazar el actual puente por un nuevo puente de HS25 (carga viva actual).
✓ Falta de capacidad de tránsito (El ancho actual de la calzada de 8.0 del puente existente no permite el tránsito fluido, por la presencia de vehículos estacionados. Tampoco el ancho de los pasos peatonales de 1.5 m es suficiente para las horas pico)	✓ Se observan varios vehículos obligados a esperar largo tiempo para transitar por el puente, congestión y el paso de los vehículos sobre los pasos peatonales.	✓ Construir un nuevo puente de mayor anchura.
✓ Falta de luz por debajo de las vigas (el puente actual ha dado lugar a un tramo angosto artificial con falta de espacio por debajo de las vigas)	✓ Se eleva el nivel de agua aguas arriba del puente al formarse un tramo angosto, provocando la ampliación del área avenida.	✓ Demoler el puente actual y construir un nuevo puente que responda al caudal de inundación de diseño con suficiente luz por debajo de las vigas.
✓ Falta de visibilidad, obligando a los conductores bajar la velocidad al pasar por curvas agudas en el camino de acceso del actual Puente Macará por el lado peruano.	✓ Se reportan la reducción de velocidad, congestión y accidentes de tráfico.	✓ Adoptar un diseño de alineamiento horizontal apropiado para subsanar la situación.

Al resumir las soluciones planteadas anteriormente, la Asistencia Solicitada al Japón estará compuesta por: ① la construcción del nuevo puente acorde con las normas de diseño vigentes; y, ② la construcción de los caminos de acceso. En lo que respecta al numeral ①, el dimensionamiento de las obras se fundamentará en los resultados del análisis que se realizan en los apartados posteriores (2) “Definición de los anchos de los caminos y puente” y (4) “Análisis de la longitud del puente”. Por otro lado, en cuanto al numeral ② se propone diseñar los caminos de acceso del nuevo puente, por una longitud (tramo) mínima para conectarse con los caminos existentes, y que tengan un alineamiento horizontal y vertical que se ajusten a las normas de estructura geométrica aplicables, o diseñar los caminos de acceso por una longitud mínima para conectarse con los caminos existentes que tenga un nuevo alineamiento a modo de mejorar el alineamiento horizontal actual que no reúne las normas de estructura geométrica aplicables. Concretamente, el camino de acceso del lado ecuatoriano tendrá una distancia mínima de 140 m aproximadamente dado que no existe en la cercanía del puente existente un tramo con radio de curva horizontal que está por debajo de lo normado. Sin embargo, por el lado peruano existe un tramo con radio de curva horizontal de  $R = 50$  m que conecta directamente con el actual Puente Macará, y otro tramo con  $R = 60$  m. Por lo tanto, el camino de acceso del lado peruano requiere mejorar el alineamiento horizontal en estos dos tramos. La longitud mínima para conectar al camino existente con el alineamiento tanto horizontal como vertical, se calcula en 290 m aproximadamente.

## **(2) Definición de los anchos de los caminos y puente**

Los anchos de los cuatro puentes internacionales que atraviesan la frontera Ecuador-Perú proyectados por el Plan Binacional, son: de 3.65 m para el ancho de la calzada; 2.5 m de la banquina; 2.0 m de paso peatonal (a ambos lados) sumando en total 16.1 m. Sin embargo, dado que para el presente Estudio se ha decidido aplicar para los caminos en los lados tanto ecuatoriano como peruano la norma “Una Política sobre Diseño Geométrico de Carreteras y Calles” de AASHTO (Asociación Estadounidense de Funcionarios de Carreteras Estatales y de Transporte), se propone determinar los anchos de los caminos y puentes basándose en dichas normas.

## **(3) Definición de la ubicación del puente**

La solicitud original presentada por Ecuador y Perú en agosto de 1999 había propuesto construir el nuevo puente aproximadamente 50 m aguas abajo del puente actual. Sin embargo, posteriormente ambos países realizaron a iniciativa propia un análisis para determinar la ubicación del nuevo puente para llegar a elaborar en 2001 un nuevo plan que consistía en construir el nuevo puente a 200 m aproximadamente aguas abajo del puente actual. En el presente Estudio se compararon tres diferentes opciones, incluyendo estas dos solicitudes (véase el Cuadro 2-7). También se tomaron en cuenta los resultados de los estudios precedentes, así como la política adoptada para el presente Estudio de minimizar el impacto social. Las opciones plantean diferentes ubicaciones del nuevo puente, las cuales fueron sometidas a un análisis con enfoques de trabajabilidad, economía, cargas ambientales, etc. para seleccionar la mejor opción.

La Opción 1 afecta a un mayor número de viviendas en comparación con otras dos opciones, y requiere desmontar y retirar el puente actual y construir un camino de desvío antes de iniciar la construcción del nuevo puente. Además, su período de ejecución es largo, lo que se traduce en una baja economía. También encubre un riesgo de retraso en el inicio de obras si la demolición y el retiro de las obras existentes tengan que ser ejecutados por el gobierno de contraparte. Mientras tanto, la Opción 3 afecta a un menor número de viviendas, pero presenta grandes cargas ambientales. Además, presenta desventajas en términos del período de ejecución y economía porque el puente es más largo. Por lo tanto, se concluye que la Opción 2 que plantea construir el nuevo puente a 50 m aproximadamente aguas abajo del puente existente, sea la mejor opción por las ventajas que presentan en términos del período de ejecución y de la economía, aunque estaría afectando a un número relativamente alto de viviendas que deban ser trasladadas.

Con base en los resultados del análisis descritos anteriormente, se realizó un análisis para seleccionar la ubicación óptima del nuevo puente sobre un mapa topográfico de escala 1:500 procurando minimizar el número de viviendas afectadas. Como resultado, se obtuvo que la construcción a 50 m aguas abajo del puente existente afectaría a menor número de viviendas (12), mientras que la construcción a menos de 40 m afectaría a mayor número de viviendas (15). También en el caso de construir el nuevo puente a 58 m aguas abajo, estaría

afectando al mismo número de viviendas (15), y si se propone construir a una distancia mayor, el alineamiento resultante sería poco económico puesto que requiere realizar el relleno para el banco adicional de los taludes. Por lo tanto, se llegó a determinar como la ubicación óptima, 50 m aguas abajo del puente existente con un ángulo de intersección con el río de 63°.

**Cuadro 2-7 Análisis comparativo de las ubicaciones del puente**

<b>Parámetros de evaluación</b>	<b>Opción 1 Ubicación actual</b>	<b>Opción 2 Aprox. 50 m aguas abajo</b>	<b>Opción 2 Aprox. 200 m aguas abajo</b>
Resumen del Proyecto	Construir un puente provisional al lado del puente actual, y construir el nuevo puente en el mismo lugar que el actual. El perfil del nuevo puente es el siguiente. Longitud del puente: 100 m Anchura: 14.5 m Longitud de caminos de acceso: Ecuador 20m, Perú 40m	Utilizar el puente actual en forma provisional y construir el nuevo puente a 50 m aguas abajo del puente actual. Terminado éste, se desmonta y se retira el puente actual. Longitud del puente: 100 m Anchura: 14.5 m Longitud de los caminos de acceso: Ecuador 20 m, Perú 290 m	Utilizar el puente actual en forma provisional y construir el nuevo puente a 50 m aguas abajo del puente actual. Terminado éste, se desmonta y se retira el puente actual. Longitud del puente: 200 m Anchura: 14.5 m Longitud de los caminos de acceso: Ecuador 200 m, Perú 40 m
Impactos sociales	Presenta el mayor número de viviendas y de infraestructuras fronterizas afectadas, las cuales deben ser trasladadas antes de iniciar las obras. Ecuador: 3 viviendas Perú: 16 viviendas	El número de viviendas afectadas es reducido, pero se requiere trasladar antes de iniciar las obras. Ecuador: 3 viviendas Perú : 12 viviendas	El número de viviendas afectadas es el más reducido, pero se requiere trasladar antes de iniciar las obras. Ecuador: 0 Perú : 7 viviendas
Impactos naturales	La zona donde se ubicaría el nuevo puente ya se encuentra desarrollada, por lo que el grado de impacto es mínimo entre las tres opciones.	La zona donde se ubicaría el nuevo puente ya se encuentra desarrollada, por lo que el grado de impacto es mínimo entre las tres opciones.	Construir el nuevo puente y el camino de acceso del lado ecuatoriano en una zona no desarrollada, por lo que la implementación del proyecto trae un impacto importante sobre el ambiente natural.
Trabajabilidad	Baja trabajabilidad porque se requiere construir el puente provisional y trasladar temporalmente las infraestructuras fronterizas, además que es difícil encontrar un patio para el depósito idóneo.	La trabajabilidad es buena porque no requiere de un puente provisional, además que hay un espacio disponible dentro de la zona de inundación de cauce para el uso como patio para el depósito.	La trabajabilidad no es del todo buena: no requiere de un puente provisional, y la zona de inundación de cauce ofrece un espacio idóneo como patio para el depósito. Sin embargo, se requiere construir los caminos de acceso a la obra en ambos lados dentro del río.
Período de ejecución	Las obras se inician después de construir el camino de desvío y de desmontar y retirar el puente existente, lo cual hace que el período de ejecución sea más largo que la Opción 2.	No se requiere construir el camino de desvío ni desmontar y retirar el puente existente antes de iniciar las obras, y el período de ejecución es el más corto entre las tres opciones.	Al igual que la Opción 2, no se requiere construir el camino de desvío ni desmontar y retirar el puente existente. Pero el período de ejecución es largo por la longitud del puente y por la altura de la pila.
Traficabilidad	El alineamiento vial no será mejorado. Velocidad de diseño: Entre 30 y 40 KPH aproximadamente	Será mejorada. Velocidad de diseño: 60KPH	Será considerablemente mejorada. Velocidad de diseño: 60KPH o más
Economía	1.26	1.00	3.00
Calificación general	Desaprobado	Aprobado	Desaprobado

#### (4) Análisis de la longitud del puente

La longitud idónea del puente en la ubicación propuesta se determina tomando en cuenta la variación del ancho natural del río durante las crecidas en las proximidades del nuevo puente, con posterioridad a la eliminación del puente existente, y mediante el análisis hidrológico de la variación hidráulica al cambiar los estribos al reducir forzosamente el ancho del río por la construcción de los estribos. El estudio incluye también la determinación del nivel de inundación de diseño a la longitud del puente proyectada con base en los resultados del análisis anterior.

##### a) Identificación de la variación del ancho del cauce durante las crecidas

Con base en la sección transversal del río en el tramo comprendido entre 50 m aguas arriba y 250 m aguas abajo del puente actual, se determinó la variación del ancho del río y del ancho del cauce de aguas bajas al descargarse el caudal de inundaciones de diseño con probabilidades de 50 años, cuyos resultados se presentan en la Figura 2-3.

Tal como se puede observar en la Figura 2-3, es evidente que la presencia del puente actual está reduciendo drásticamente el ancho del río si se compara con un tramo angosto de la cuenca baja de aproximadamente 70 m, por lo que es obvia la necesidad de retirar la obra actual. Al observar la variación del ancho del río durante las crecidas en las proximidades del sitio proyectado para la construcción del nuevo puente, el ancho natural del río es aproximadamente de 70 m cuando ocurren crecidas con probabilidades de 50 años. Por lo tanto, se considera recomendable determinar la longitud del puente que asegure un ancho mínimo del río de 70 m.

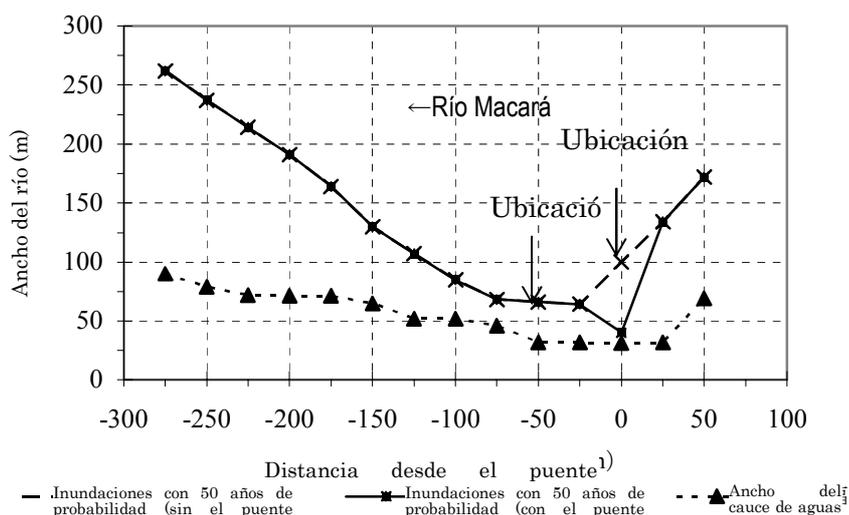


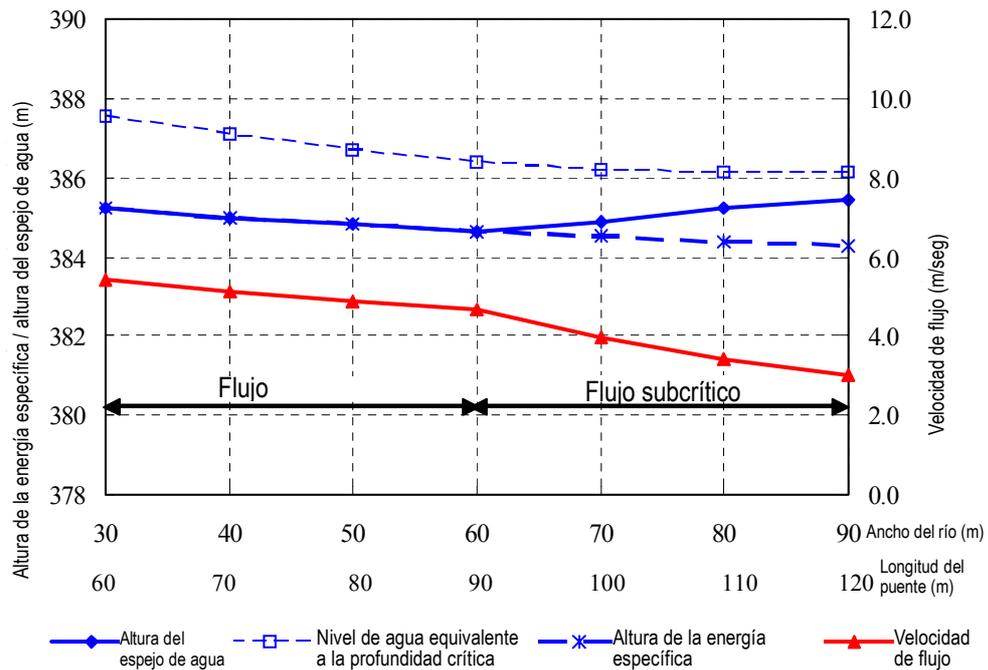
Figura 2-3 Variación del ancho del río durante las inundaciones

##### b) Variación del movimiento hidráulico según las diferentes ubicaciones de los estribos

Se realizó el análisis hidrológico con el objetivo de determinar la variación del

movimiento hidráulico bajo diferentes longitudes del puente, cambiando la ubicación de los estribos suponiendo la descarga del caudal de inundaciones de diseño. El simulacro fue realizado con diferentes longitudes del puente (ancho del río), dentro del rango de 30 m a 90 m. Los resultados han servido de fundamento para determinar la longitud óptima del puente. En la Figura 2-4 se presentan los resultados de dicho análisis hidrológico.

De acuerdo con los resultados, el movimiento hidráulico se mantiene constante hasta un ancho del río de 60 m aproximadamente. Sin embargo, cuando el ancho se reduce por debajo de 60 m, ocurre el flujo supercrítico. Este flujo tiene una fuerza de arrastre suficientemente grande como para provocar fuertes erosiones de las márgenes y socavación del lecho del cauce. Asimismo, el flujo supercrítico produce el salto hidráulico aguas abajo, y consecuentemente, remolinos, flujo turbulento, cambio drástico del movimiento hidráulico y de la velocidad de flujo. El salto hidráulico, además de una fuerte pérdida de energía, produce socavación del lecho. La forma y la ubicación de estos fenómenos varían según el caudal y el nivel de agua, lo cual se traduce en la necesidad de ejecutar grandes obras que contrarresten estos fenómenos. Por lo tanto, es recomendable mantener el ancho del río de más de 60 m en el punto donde se va a construir el nuevo puente, a fin de mantener el régimen de flujo, tal como se indica en la Figura 2-4.



**Figura 2-4 Variación del ancho del río y del movimiento hidráulico**

c) Definición de la longitud mínima del puente

El ancho del cauce del punto donde se va a construir el nuevo puente debe mantenerse en 60 m o más, porque el ancho natural del río en las proximidades del sitio proyectado es aproximadamente de 60 m, y porque al reducir el ancho por debajo de este valor, se

produciría el flujo supercrítico cuando ocurren las crecidas perdiendo la estabilidad del movimiento hidráulico. Tomando en cuenta estos dos aspectos, y al definir el ancho del río (medido en ángulo recto en función de la dirección de la crecida) en 70 m con un ángulo de intersección del puente y el río de  $63^\circ$ , se define la longitud recomendable del puente en más de 90 m en el punto de la corona de inundación de diseño.

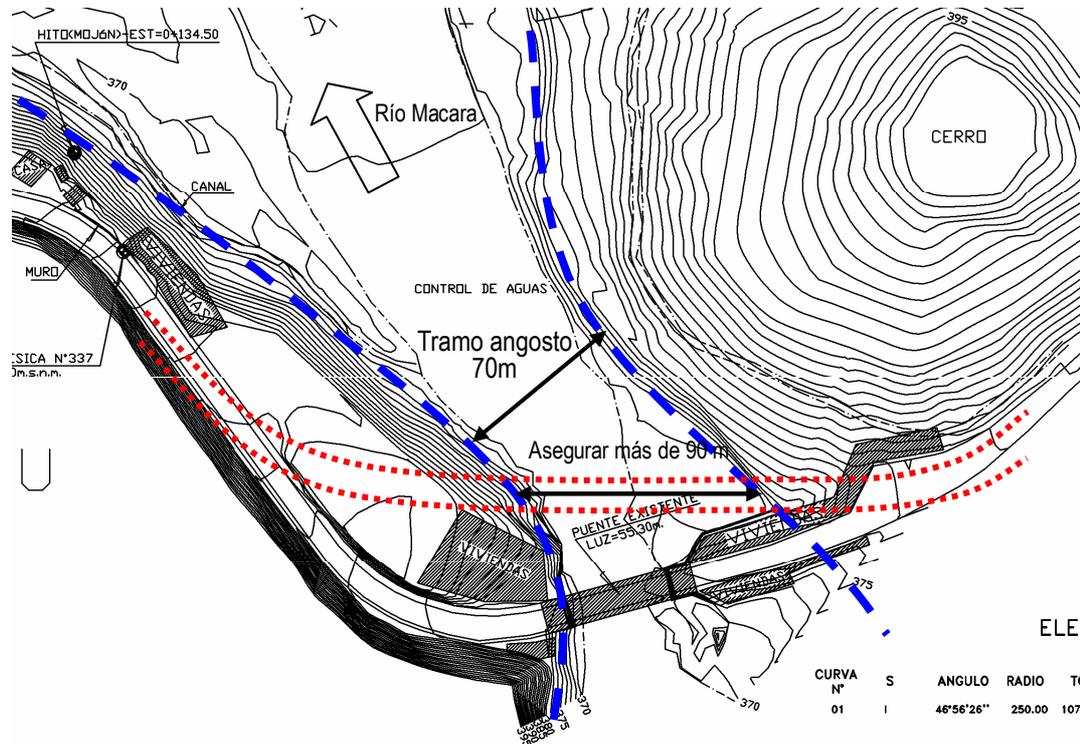
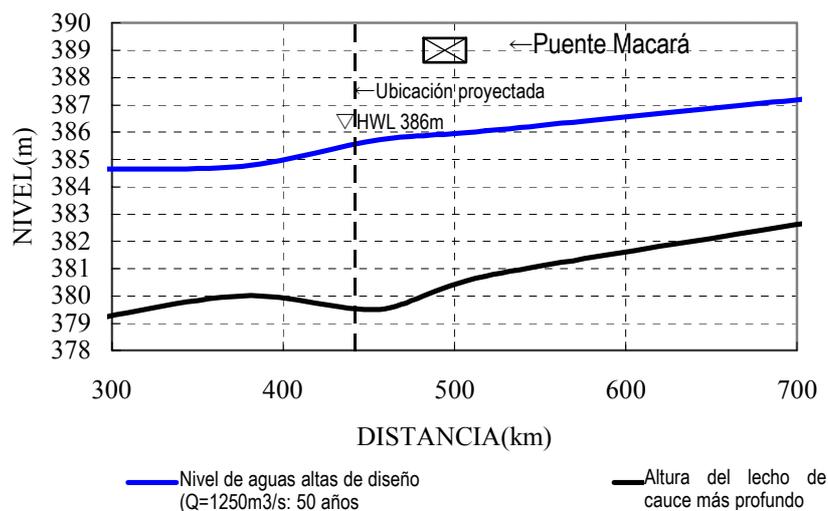


Figura 2-5 Relación del ancho mínimo del río y el largo recomendable del puente

d) Análisis del nivel de inundación de diseño

A continuación se presenta el nivel de inundación de diseño y la velocidad de diseño determinados mediante el cálculo del régimen variado en el sitio de construcción del nuevo puente. El cálculo se realizó con el supuesto de desmontar y retirar el actual puente y aplicando un caudal de inundación de diseño de probabilidades de 50 años de  $1,250 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Los resultados se muestran en el Figura 2-6.



**Figura 2-6 Nivel de agua de diseño**

Caudal de diseño: 1,250 m<sup>3</sup>/seg

Nivel de aguas altas de diseño: 386 m (Nivel de agua estimado: 385.75 m)

Velocidad de flujo de diseño : 4.0 m/seg

### 2-2-1-8 Políticas sobre los Métodos y Período de Ejecución de Obras

#### (1) Sobre los métodos de ejecución de obras

Considerando que el nuevo Puente Macará será construido a 50 m aproximadamente más abajo que el puente actual con un ángulo de intersección de 63°, se propone utilizar el actual puente como desvío durante la ejecución de las obras. Sin embargo, en el traslapo de los caminos de acceso nuevo y viejo, la obra se ejecutará en forma “ida y vuelta” cerrando un carril. El puente actual debe ser desmontado y retirado inmediatamente después de la terminación del nuevo puente, y esto constituye uno de los compromisos del Gobierno de contraparte.

Para la construcción de los caminos de acceso de los lados tanto ecuatoriano como peruano, va a ser necesario cortar una parte del monte para asegurar el ancho de los caminos. Dado que el monte del lado peruano está constituido por rocas duras, además que existen viviendas particulares en el lado de la quebrada, se requiere aplicar un método especial de corte. Concretamente, se propone elaborar un plan de ejecución de obras tomando todas las medidas necesarias para proteger las viviendas de cualquier daño, con el uso de agentes de demolición estática y de las mallas de seguridad para cubrir taludes.

De acuerdo con las informaciones recopiladas, el sitio proyectado se caracteriza por precipitaciones relativamente bajas y por poca variación de niveles de agua. Sin embargo, para la elaboración del cronograma, se propone ejecutar las obras en el interior del río en los meses entre mayo y noviembre, considerando que el resto del año (de diciembre a abril) constituye la época de lluvia y de crecidas según los registros de precipitaciones y de niveles

de agua. Concretamente, la fundación de la pila, estructura del puente, obras de protección de márgenes y de lecho serán ejecutadas en la época seca, mientras que los estribos, superestructura y la cubierta del puente serán ejecutadas, básicamente, entre diciembre y abril.

## **(2) Sobre el período de ejecución de obras**

El período de ejecución y el cronograma se definen tomando en cuenta la dimensión y el tipo del puente, distribución de lluvias, trabajos realizables en la época de lluvias, días laborables, procedimientos y el sistema de la Cooperación Financiera No Reembolsable, entre otros aspectos. Por otro lado, la Asistencia Solicitada al Japón consiste en la construcción del camino de acceso del lado peruano camino (L= 290 m aprox.), del puente (longitud =110 m) y del camino de acceso del lado peruano ecuatoriano (L= 140 m aprox.). Dentro de este contexto, el proceso crítico de esta cooperación sería la construcción del puente. Este proceso comprende: preparativos, ejecución de los estribos (de ambos lados simultáneamente), construcción de la pila, superestructura (voladizo provisional), cubierta del puente y los caminos de acceso, en este orden. El período de ejecución contemplado es de 23 meses.

Las obras mencionadas no sólo no pueden ser divididas en varias fases, sino que además el período de ejecución es de 23 meses, es decir más de un año. Al tomarse en cuenta las reglas de la Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón, se considera conveniente ejecutar esta Asistencia Solicitada al Japón en el esquema especial de la donación japonesa que permite ejecutarla en varios años fiscales.

### **2-2-2 Plan Básico**

#### **2-2-2-1 Plan General**

##### **(1) Criterios aplicables de diseño**

En los Cuadros 3- y 3-9 se presentan los principales criterios de diseño de los caminos y del puente aplicados en el presente Estudio de Diseño Básico.

a) Criterios de diseño de los caminos

**Cuadro 2-8 Criterios de diseño de los caminos**

Variables de la estructura geométrica	Valores aplicables
Clase del camino	Camino troncal regional
Volumen de tráfico de diseño	2,000 unidades/día
Número de carriles	2 carriles
Ancho del carril	2×3.65 m=7.30 m
Ancho de la berma	2.40 m
Berma no pavimentada	1.00 m
Ancho de la berma del puente	1.20 m
Ancho de la acera del puente	2.00 m
Velocidad de diseño	60 KPM
Radio de la curva horizontal	R <sub>mín</sub> =135 m
Pendiente longitudinal	I <sub>máx</sub> =6.0 %
Pendiente transversal	2.0 %
Peralte	6.0 %

b) Criterios de diseño del puente

**Cuadro 2-9 Criterios de diseño del puente**

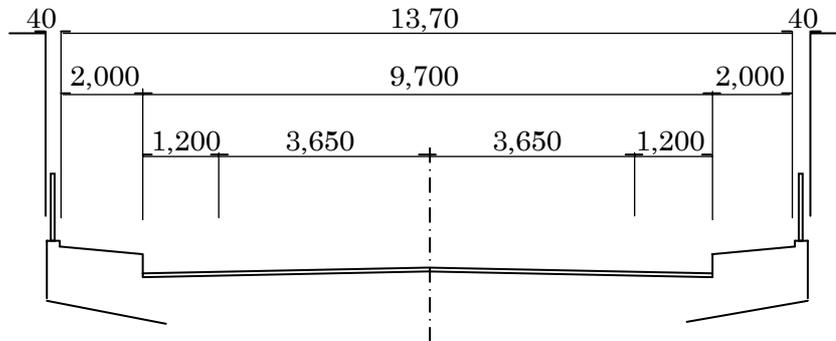
Parámetros de diseño		Condiciones de diseño	Fundamentos
Período de retorno de la intensidad de lluvia para determinar el caudal de inundación y el nivel de agua de diseño		Caudal de diseño: 1,250 m <sup>3</sup> /seg Nivel de aguas altas de diseño: 386 m Período de retorno: 50 años	Se aplican las normas japonesas por falta de normas fluviales peruanas o ecuatorianas.
Bordo libre debajo de las vigas		1.0 m (caudal de inundación: más de 500 m <sup>3</sup> /seg menos de 2000 m <sup>3</sup> /seg)	Se basa en los reglamentos de las obras fluviales del Japón
Carga de diseño	Carga viva	Carga viva HS-25	HS-25 que es 25 % más que la carga viva de diseño aplicada en la Carretera Panamericana (de HS-20)
	Carga sísmica	Coefficiente sísmico horizontal=0.190	Véase el apartado 2.1.2 (2)
	Carga térmica	+10 °C - -10 °C	
	Carga muerta	Materiales de acero: 77.0 kN/m <sup>3</sup> Hormigón armado : 24.5 kN/m <sup>3</sup> Hormigón asfáltico: 22.5 kN/m <sup>3</sup>	
Socavación local		Véase el análisis descrito aparte	
Resistencia estándar de diseño de hormigón		Superestructura (PC) : 40 N/mm <sup>2</sup> Subestructura (RC) : 24 N/mm <sup>2</sup> Pilotes fabricados in situ : 30 N/mm <sup>2</sup>	
Aditivos		Ninguno	

(2) **Plan de anchuras**

La definición de los anchos se basó en “Una Política sobre Diseño Geométrico de Carreteras y Calles” de AASHTO (Asociación Estadounidense de Funcionarios de Carreteras Estatales y de Transporte), que es el estándar de estructura geométrica aplicable en el Ecuador y Perú, así como en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001 del Perú. Si bien es cierto que el ancho de berma solicitado inicialmente por ambos gobiernos había sido de 2.4 m, para este Estudio se adoptó un ancho de 1.2 m determinado por la norma AASHTO que establece que “se podrá reducir a la mitad el ancho de las bermas en un puente de más de 60 m de largo”.

- Sección del puente

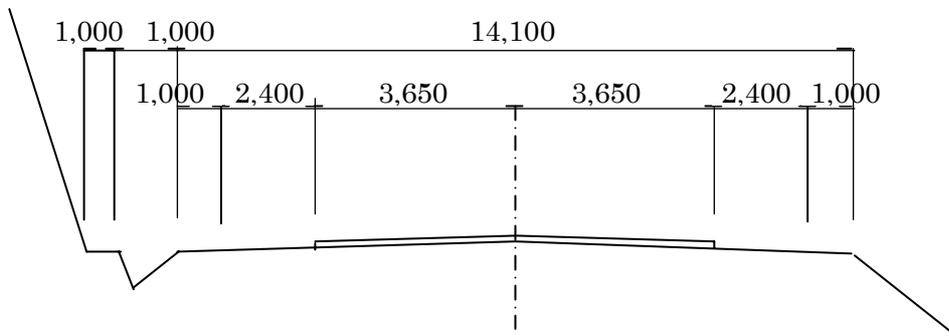
La sección del puente estará constituida por un ancho de la calzada de 9.7 m (ancho del carril 3.65 m + ancho de banquina 1.2 m, camino de dos carriles), ancho efectivo del paso peatonal de 2.0 m, ancho de la baranda de 0.4 m, sumando en total 14.5 m.



**Figura 2-7 Ancho estándar del puente**

- Ancho de los caminos de acceso

La sección de los caminos de acceso estará constituida por el ancho de carril de 3.65 m + banquina de 2.4 m + banquina de protección de 1.0 m, con dos carriles, sumando en total 14.1 m.

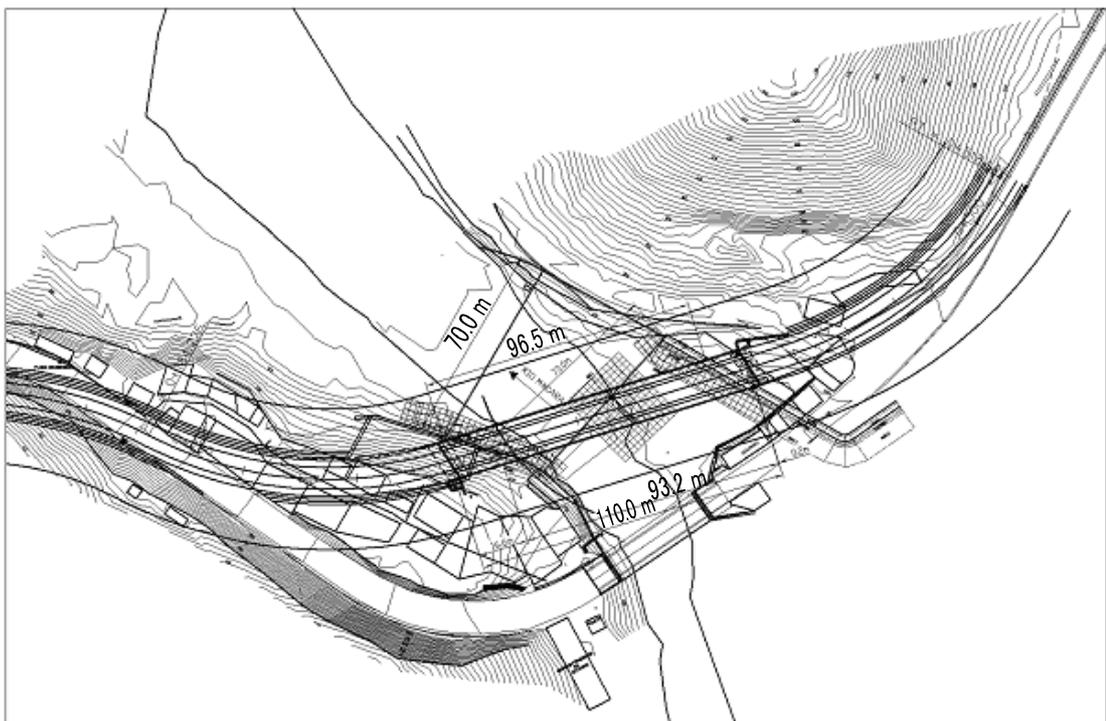


**Figura 2-8 Ancho estándar del camino de acceso**

**(3) Análisis de la longitud óptima del puente**

Al considerar que el ancho del río se reduce aguas abajo del sitio del puente proyectado, no sería apropiado determinar la longitud del puente y la longitud mínima de tramos requeridas para el paso del caudal de inundación basándose en las normas de Sabo del Ministerio de Tierras, Infraestructura y Transporte o del Reglamento de Estructuras Fluviales del Japón, ni por el método Lacey. Por lo tanto, la longitud del puente se definió en 110 m procurando no afectar el ancho del río del tramo angosto identificado mediante el análisis hidrológico. Los fundamentos son los siguientes. (Véase la Figura 2-9.)

- ① Se define la línea de protección de márgenes manteniendo un ancho del río del tramo angosto (70 m) en dirección de la tangente de este tramo, sobre el espacio muerto conformado por el relleno ejecutado en el interior del río para la construcción del camino existente.
- ② Se define el talud del estribo derecho del lado aguas arriba sobre la línea de protección de márgenes proyectada. Se debe verificar en este momento que el ancho del río en dirección del eje del puente sea de más de 90 m, que es el valor calculado mediante el análisis hidrológico.
- ③ Se define el talud del estribo izquierdo del lado aguas abajo procurando mantener el ancho del río de más de 70 m en el tramo angosto. Se debe verificar también en este momento que el ancho del río en dirección del eje del puente sea de más de 90 m.
- ④ Dada la gran dimensión de la estructura de los estribos, se define un ángulo de  $75^\circ$  hacia la derecha en función del eje del camino, desde los puntos definidos en los numerales ② y ③ anteriores, de modo que se minimice el volumen de socavación.
- ⑤ La separación de los estribos distribuidos de esta manera es de 110 m, que viene a ser la longitud del puente.



**Figura 2-9 Definición de la longitud del puente**

#### (4) Análisis de la longitud acumulada de los caminos de acceso

La longitud de los caminos de acceso será la mínima necesaria para conectar el puente con los caminos existentes, en términos del alineamiento horizontal y vertical. Sin embargo, en el lado peruano existen dos tramos cuyo radio de curva horizontal es de  $R = 50$  m y de  $R = 60$  m, respectivamente, los cuales constituyen cuellos de botellas aún cuando las infraestructuras fronterizas (CEBAF) sean del tipo dos puestos (*2-stop*). Actualmente, se está proyectando construir un nuevo CEBAF del tipo integrado (*1-stop*) asociado con la construcción del nuevo Puente Internacional Macará, lo cual acentuaría más la congestión. Por lo tanto, se considera fundamental mejorar el diseño actual a un radio mínimo de curva horizontal ( $R = 135$  m) con el fin de asegurar la fluidez del tránsito y de distribución de bienes. De acuerdo con el análisis realizado en el presente Estudio, la longitud mínima de los caminos de acceso que conectan a los caminos existentes sería la siguiente.

Longitud del camino de acceso del lado ecuatoriano (margen derecha)

$$L = 160.00 \text{ m aproximadamente}$$

Longitud del camino de acceso del lado peruano (margen izquierda)

$$L = 290.00 \text{ m aproximadamente}$$

### 2-2-2-2 Plan de Infraestructuras

#### (1) Selección del tipo óptimo del puente

##### a) Comparación y selección de la opción óptima

Se realizó un análisis comparativo de las diferentes opciones para identificar el tipo óptimo del puente en términos de estructura, trabajabilidad y economía. Para los efectos, se determinó el número de tramos en base a la longitud mínima de tramos calculado a partir del caudal, y se tomaron en cuenta los diferentes tipos estándar del puente, longitud aplicable de tramos, así como las experiencias de uso en el Ecuador y en el Perú. Dado que la longitud mínima de los tramos de este puente sería de 30.0 m aproximadamente, el puente será de dos ó tres tramos. Con estos supuestos, se seleccionaron las siguientes cuatro opciones sujetas al análisis comparativo.

**Cuadro 2-10 Opciones sujetas a comparación**

	Opciones sujetas a comparación	Número de tramos	Largo de tramos
Puente de hormigón pretensado	Opción 1: Puente de vigas en T de hormigón pretensado de tres tramos	3	36.6m
	Opción 2: Puente pórtico tipo T (tramos iguales)	2	55.0 m
	Opción 3: Puente pórtico tipo T (tramos desiguales)	2	46.0 - 63.0 m
Puentes de acero	Opción 4: Puente de vigas I continuas	2	46.0 - 63.0 m



**Cuadro 2-11 Comparación de las opciones del nuevo Puente Internacional de Macará**

Opciones	Vista lateral	Plano de sección	Datos estructurales	Características	Calificación						
Opción 1 Puente de hormigón pretensado de viga compuesta en forma de "T" de tres tramos		<p><b>Volumen estimado</b></p> <table border="1"> <tr> <th>Superestructura</th> <th>Subestructura</th> <th>Obras provisionales</th> </tr> <tr> <td>Hormigón : 792m<sup>3</sup></td> <td>Hormigón : 1,555m<sup>3</sup> Acero : 4,836m<sup>3</sup></td> <td>Estacada metálica 976m<sup>2</sup></td> </tr> </table>	Superestructura	Subestructura	Obras provisionales	Hormigón : 792m <sup>3</sup>	Hormigón : 1,555m <sup>3</sup> Acero : 4,836m <sup>3</sup>	Estacada metálica 976m <sup>2</sup>	<p>Superestructura: puente de hormigón pretensado de viga compuesta en forma de "T" (estructura conectada)</p> <p>Longitud del puente L=110,00m Longitud de viga L2= 3@36,60m Luz efectiva L3= 36,60m -36,20m</p> <p>Subestructura : Pila voladiza (sección circular) Altura de la estructura de estribo A1= 12,50m A2= 12,00m Altura de la estructura de pila P1 = 14,80m P2 = 14,30m</p>	<p>Estructura: Estructura conectada que no requiere de dispositivos de dilatación en los puntos de apoyo intermedios, de buena trafabilidad y estabilidad sismorresistente.</p> <p>Trabajabilidad: Por la acentuada topografía de la zona, se requiere armar la viga en el terreno de SEBAF. La construcción del puente se comenzará desde la viga del lado ecuatoriano, pero es difícil encontrar un patio de armado. Asimismo, para el cierre temporal del río para la construcción de la pila, se requiere del uso de la barrena (rock auger). Dado que la obra se ejecuta cerrando el cauce principal, se requiere realizar la penetración suficiente en las rocas. Además, para el uso de la barrena de roca se requiere ejecutar pequeña reclamación. El período de ejecución es largo por que se construyen dos pilas, una por una, dentro del río. (Período de ejecución: 22 meses)</p> <p>Mantenimiento: Básicamente no requiere de mantenimiento por ser puente de hormigón.</p> <p>Economía (tasa): 1.04</p>	×
Superestructura	Subestructura	Obras provisionales									
Hormigón : 792m <sup>3</sup>	Hormigón : 1,555m <sup>3</sup> Acero : 4,836m <sup>3</sup>	Estacada metálica 976m <sup>2</sup>									
Opción 2 Puente pórtico en forma de "T" de hormigón pretensado de dos tramos		<p><b>Volumen estimado</b></p> <table border="1"> <tr> <th>Superestructura</th> <th>Subestructura</th> <th>Obras provisionales</th> </tr> <tr> <td>Hormigón : 1,363m<sup>3</sup></td> <td>Hormigón : 1,232m<sup>3</sup> Acero : 3,683m<sup>3</sup></td> <td>Estacada : 620m<sup>2</sup></td> </tr> </table>	Superestructura	Subestructura	Obras provisionales	Hormigón : 1,363m <sup>3</sup>	Hormigón : 1,232m <sup>3</sup> Acero : 3,683m <sup>3</sup>	Estacada : 620m <sup>2</sup>	<p>Superestructura: viga tubular (estructura compuesta de marco rígido)</p> <p>Longitud del puente L=110,00m Longitud de viga L2= 109,80m Luz efectiva L3= 54,50m -36,20m</p> <p>Subestructura : Pila tipo pared (sección ovalada) Altura de la estructura de estribo A1= 12,50m A2= 12,00m Altura de la estructura de pila P1 = 12,30m</p>	<p>Estructura: Estructura pórtica con superestructura y subestructura unidas rigidamente, de buena trafabilidad y estabilidad sismorresistente. La viga es relativamente más pequeña que la Opción 3.</p> <p>Trabajabilidad: La obra se ejecuta mediante voladizo con el uso de molde voladizo, por lo que la trabajabilidad no se ve afectada por la topografía acentuada. Se requieren el cierre temporal de cauce y ejecutar pequeña reclamación (para la ejecución del tope de la columna), lo cual constituye un importante obstáculo en la sección del río. Para el cierre temporal del río para la construcción de la pila, se requiere del uso de la barrena (rock auger). (Período de ejecución: 25 meses)</p> <p>Mantenimiento: Básicamente no requiere de mantenimiento por ser puente de hormigón.</p> <p>Economía (tasa): 1.02</p>	×
Superestructura	Subestructura	Obras provisionales									
Hormigón : 1,363m <sup>3</sup>	Hormigón : 1,232m <sup>3</sup> Acero : 3,683m <sup>3</sup>	Estacada : 620m <sup>2</sup>									
Opción 3(tramos variados) Puente pórtico en forma de "T" de hormigón pretensado de dos tramos		<p><b>Volumen estimado</b></p> <table border="1"> <tr> <th>Superestructura</th> <th>Subestructura</th> <th>Obras provisionales</th> </tr> <tr> <td>Hormigón : 1,440m<sup>3</sup></td> <td>Hormigón : 1,201m<sup>3</sup> Acero : 4,502m<sup>3</sup></td> <td>Estacada : 605m<sup>2</sup></td> </tr> </table>	Superestructura	Subestructura	Obras provisionales	Hormigón : 1,440m <sup>3</sup>	Hormigón : 1,201m <sup>3</sup> Acero : 4,502m <sup>3</sup>	Estacada : 605m <sup>2</sup>	<p>Superestructura: viga tubular (estructura compuesta de marco rígido)</p> <p>Longitud del puente L=110,00m Longitud de viga L2= 109,80m Luz efectiva L3= 63,00m -46,00m</p> <p>Subestructura : Pila tipo pared (sección ovalada) Altura de la estructura de estribo A1= 12,50m A2= 12,00m Altura de la estructura de pila P1 = 12,00m</p>	<p>Estructura: Estructura pórtica con superestructura y subestructura unidas rigidamente, de buena estabilidad sismorresistente. Los tramos son variados y se produce el momento de desequilibrio. La viga es relativamente mayor que la de la Opción 2.</p> <p>Trabajabilidad: La obra se ejecuta mediante voladizo con el uso de molde voladizo, por lo que la trabajabilidad no se ve afectada por la topografía acentuada. La pila se ejecuta alejando en mayor medida del río y en pequeña reclamación cerrando el río mediante estacas metálicas. La excentricidad de la pila permite disminuir la disminución de la sección de flujo en comparación con las Opciones 1 y 2. (Período de ejecución: 23 meses)</p> <p>Mantenimiento: Básicamente no requiere de mantenimiento por ser puente de hormigón.</p> <p>Economía (tasa): 1.00</p>	○
Superestructura	Subestructura	Obras provisionales									
Hormigón : 1,440m <sup>3</sup>	Hormigón : 1,201m <sup>3</sup> Acero : 4,502m <sup>3</sup>	Estacada : 605m <sup>2</sup>									
Opción 4 Puente de acero de viga continua de dos tramos (vigüeta)		<p><b>Volumen estimado</b></p> <table border="1"> <tr> <th>Superestructura</th> <th>Subestructura</th> <th>Obras provisionales</th> </tr> <tr> <td>Acero : 618ton (411kg/m<sup>2</sup>)</td> <td>Hormigón : 1,239m<sup>3</sup> Acero : 3,620m<sup>3</sup></td> <td>Estacada metálica 602m<sup>2</sup></td> </tr> </table>	Superestructura	Subestructura	Obras provisionales	Acero : 618ton (411kg/m <sup>2</sup> )	Hormigón : 1,239m <sup>3</sup> Acero : 3,620m <sup>3</sup>	Estacada metálica 602m <sup>2</sup>	<p>Superestructura: Puente de acero de viga continua (vigüeta)</p> <p>Longitud del puente L=110,00m Longitud de viga L2= 109,80m Luz efectiva L3= 63,00m -46,00m</p> <p>Subestructura : Pila voladiza (sección ovalada) Altura de la estructura de estribo H1= 12,50m (A1) H2= 12,00m (A2) Altura de la estructura de pila H2 = 13,4m</p>	<p>Estructura: Al igual que otras opciones, es de buena trafabilidad y estabilidad sismorresistente.</p> <p>Trabajabilidad: Para los miembros, se utilizan los productos comprados, fabricados y armados por un tercer país, lo cual hace que sea complicado controlar el cumplimiento del período de ejecución. Asimismo, dado que en esta modalidad por lo general no se realiza la inspección de las soldaduras ala-álama, lo cual puede ser un factor de riesgo. Las losas de hormigón pretensado se realizan unidireccionalmente desde el lado ecuatoriano, lo cual alarga el período de ejecución. Dado que no está disponible un patio de armado de la viga dentro del río, se requiere un bent en el río. (Período de ejecución: 19 meses)</p> <p>Mantenimiento: Se requiere de mantenimiento periódico (repintado)</p> <p>Economía (tasa) : 1.14</p>	×
Superestructura	Subestructura	Obras provisionales									
Acero : 618ton (411kg/m <sup>2</sup> )	Hormigón : 1,239m <sup>3</sup> Acero : 3,620m <sup>3</sup>	Estacada metálica 602m <sup>2</sup>									

c) Análisis del tipo de subestructura

— Selección de la capa de soporte

De acuerdo con el estudio geológico, la zona donde se halla el puente actual se caracteriza por el afloramiento rocoso. Sin embargo, la capa de roca desciende hasta las profundidades de entre 7.0 m y 10.0 m desde el suelo en el sitio propuesto para el nuevo puente. La capa superior del lado ecuatoriano y dentro del río está constituida por los sedimentos fluviales de arena y cantos rodados, grava, etc., mientras que por el lado peruano está constituida por el suelo cohesivo conteniendo cantos rodados. La geología de la capa superior es relativamente joven y como tal, no puede ser utilizada como la capa de soporte. Por lo tanto, se propone utilizar la capa de roca que se halla en altitudes de entre 375.0 y 380.0 m.s.n.m. como la capa de soporte.

— Recubrimiento de la pila

La pila que se construirá dentro del río será diseñada obedeciendo a los reglamentos de la estructura fluvial japoneses ejecutando el recubrimiento de 2.0 m desde la parte más profunda del lecho de cauce con el fin de minimizar la socavación local. Tal como se indicó en el apartado del análisis hidrológico, se considera que los sedimentos fluviales (arena y grava) de la zona de inundación de cauce podrían ser arrastrados hasta un máximo de alcanzar la altura del lecho más profundo, después de desmontar y retirar el puente existente.

— Tipo de la subestructura y de la base

La base de los estribos será emplazada a una profundidad mayor que la parte más profunda del lecho, y la base de las pila, tal como se indicó anteriormente, será emplazada tomando en cuenta la profundidad de socavación local desde la parte más profunda del lecho (con recubrimiento de 2.0 m) y el espesor de las placas de asiento.

El tipo de cimentación se determina con base en la ubicación de la base de las placas de asiento (altura de la cara inferior de las placas de asiento) y la posición (profundidad) de la capa de soporte. En este Estudio se propone utilizar la fundación directa, considerando que la capa de soporte del estribo del lado peruano (A1) y de la pila que se construirá dentro del río (P1) es más alta que la altura mínima del lecho de cauce, tal como se muestra en el Cuadro 2-12.

El estribo del lado ecuatoriano (A2) tendrá que ser una fundación diferente a la fundación directa por la gran diferencia entre el punto más profundo del lecho y la capa de soporte (de aproximadamente 3.3 m), y se decidió adoptar los pilotes de hormigón fabricados in situ por las siguientes razones. A modo de referencia, la selección del tipo de fundación se basó a las especificaciones de carreteras del Japón con sus aclaraciones, IV “Subestructura” (Japan Road Association).

- La capa intermedia contiene una capa de gravas de entre 10 y 50 cm de diámetro.
- La capa de soporte yace a una profundidad relativamente somera 8.70 m (Largo de polotes: 5.0 m aproximadamente).
- La superficie de la capa de soporte es muy irregular.
- El estribo tiene una carga vertical y horizontal menor que la pila.

El tipo de la subestructura se determina según la altura de la obra, procurando seleccionar el tipo más simple. La altura de la estructura de los estribos estaría entre 12.0 m y 12.9 m al suponer una altitud de diseño del camino de entre 392.0 y 392.4 m.s.n.m. Si bien es cierto que esta altura sale ligeramente del rango de un estribo del tipo “T invertido”, se decidió adoptar este tipo considerando la simplicidad de su estructura y además por su buena trabajabilidad.

Para las pilas, se decidió adoptar la pila tipo pared de sección ovalada por obstaculizar en menor grado la descarga del flujo, tomando en cuenta que ella será construida dentro del río, y que tendrá una alta carga vertical y horizontal.

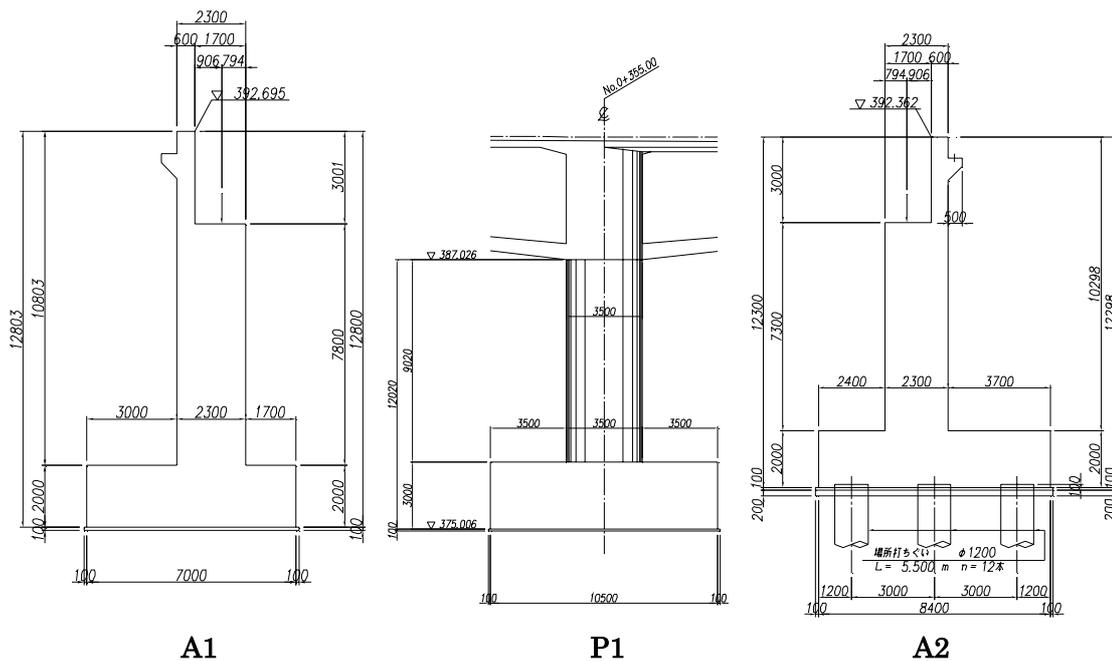


Figura 2-11 Plano de corte de la subestructura

**Cuadro 2-12 Tipo de la subestructura y de la base**

(Unidad: m)

	Estribo por el lado peruano (A1)	Pila dentro del río (P1)	Estribo por el lado ecuatoriano (A2)	Observaciones
Prog. No	No.0+293.0	No.0+356.0	No.0+403.0	
No. del estudio geológico	PRF-3	PRF-1	PRF-2	
Altitud (m.s.n.m.)	389.600	382.391	384.867	
Altitud de la roca firme (capa de soporte: GG) (Profundidad de la capa de soporte)	380.000 (9.600 m)	375.541 (6.850 m)	376.167 (8.700 m)	
Instalación de las losas	Más profunda que la parte más honda del lecho	Lecho mínimo - (Recubrimiento + espesor de las losas)	Más profunda que la parte más honda del lecho	
Altitud del lecho más profundo	379.500	379.500	379.500	
Recubrimiento de la pila	—	2.000	—	Ley de estructuras fluviales
Espesor proyectado de las placas de asiento (D)	—	2.500	—	
Altitud de la cara inferior de las placas de asiento (Pf)	379.500	375.500	379.500	
Diferencia entre la capa de soporte y la nivelación	-0.500	-0.041	3.333	“-”: capa de soporte alta
Tipo de fundación	<b>Fundación directa</b>	<b>Fundación directa</b>	<b>Fundación de pilotes</b>	
Penetración capa de soporte (Df)	0.500	0.500	1.200	
Altitud de nivelación de las placas de asiento (F)	379.500	375.041	379.500	
Longitud de los pilotes del estribo A2 (L)	—	—	(4.533 □) <b>5.000</b>	
Altura de diseño (PH)	392.389	392.200 (promedio)	392.059	
Altura de la superestructura (hs)	—	2.400 - 5.200	—	
Altura de la subestructura (H)	12.899 = aprox. 12.900	14.759 - 11.959 = aprox. 14.800 - 12.000	12.559 = aprox. 12.500	
Tipo de la subestructura	<b>Estribos en forma T invertida</b>	<b>Pila tipo pared</b>	<b>Estribos en forma T invertida</b>	

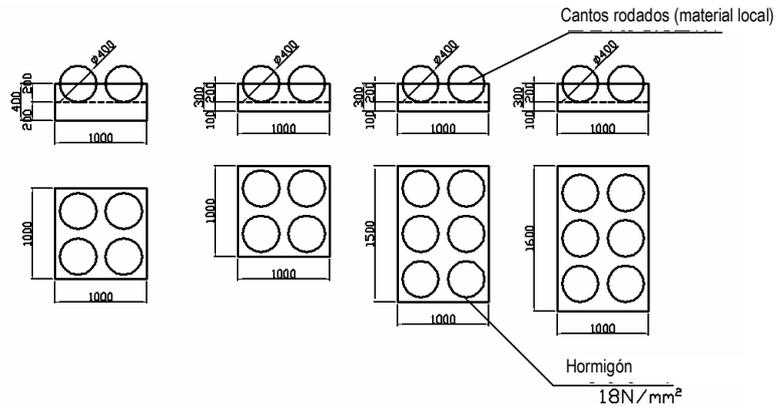
## **(2) Análisis de las obras de protección de las márgenes y del lecho**

Las obras de protección de márgenes y lecho fueron diseñadas con el supuesto de que el actual Puente Macará será desmontado y retirado inmediatamente después de la terminación del nuevo puente. Es decir, después de remover el puente actual, se produciría un flujo concentrado alrededor del estribo izquierdo por la curva del cauce provocando fuerte socavación. Además la crecida estaría pasando por donde actualmente se encuentra la sedimentación de la margen derecha, arrastrando los sedimentos y provocando la disminución de la altura del lecho. Por otro lado, dado que se contempla construir una pila sobre el sedimento de la margen derecha, es probable que se produzca la socavación alrededor de dicha pila. Por lo tanto, se hace necesario proteger las márgenes y lecho con obras capaces de responder a la variación del flujo, y la variación del cauce, incluyendo la disminución de la altura del lecho, socavación local, etc. Estas obras protegerán las márgenes y el lecho contra el flujo turbulento provocado por la presencia de los estribos y pila, así como los troncos arrastrados, y al mismo tiempo, servirán de refuerzo contra la debilidad producida debido a las instalaciones de nuevas estructuras, y servirán también de cobertura que sustituya a la vegetación perdida por la intersección del rayo solar debido al puente.

### **a) Análisis de la ubicación y tipo de estructura de las obras de protección de márgenes**

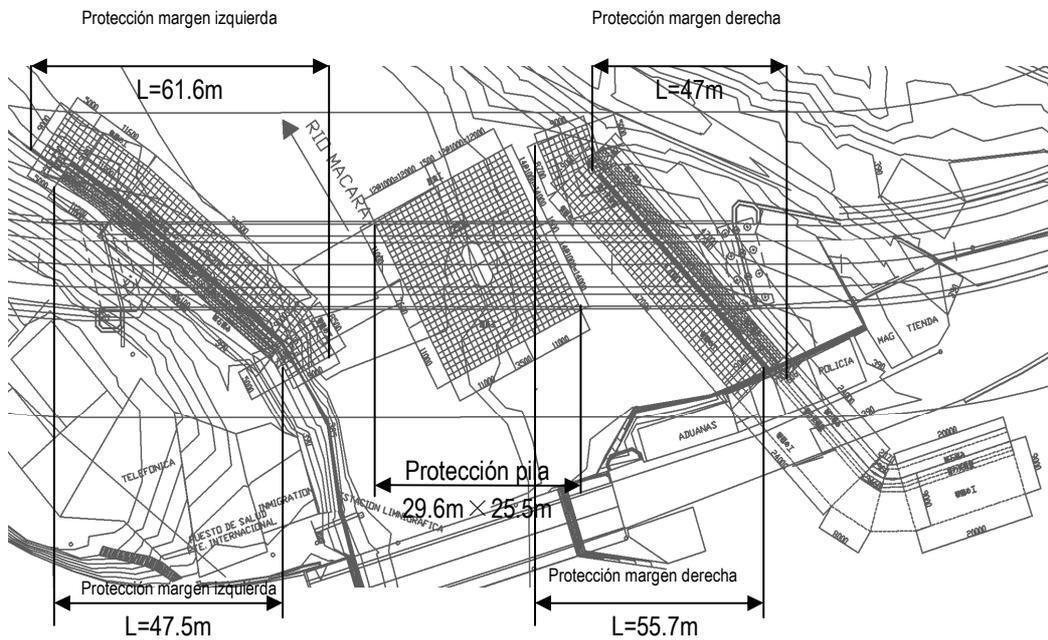
Las obras de protección de márgenes serán construidas a lo largo del talud por un tramo que prevenga la socavación del estribo en el caso de la margen izquierda, mientras que para la margen derecha, la obra cubrirá hasta el dique del puente antiguo aguas arriba del estribo, y por un tramo que proteja el talud que se halla entre las rocas aguas abajo. La longitud de estas obras será de 47 m aguas arriba y abajo de los estribos. La estructura de protección podría ser cobertura de hormigón, de mampostería o gaviones. Todas estas opciones son suficientemente funcionales; es decir, son capaces de proteger apropiadamente las márgenes y el relleno. Sin embargo, habría que considerar también la alta velocidad de la crecida y que las partes protegidas constituyen los puntos de mayor impacto de las aguas del río, por lo que las obras deben ser suficientemente resistentes contra los choques de los cantos rodados. Por lo tanto, se propone adoptar la protección mediante mampostería de hormigón colocando en su superficie las piedras extraídas localmente, considerando la necesidad de asegurar la resistencia contra el desgaste de las obras.





**Figura 2-13 Estructura de la obra de protección de lecho (mampostería de hormigón)**

El tramo de instalación de las obras de protección de lecho fue determinado a partir de la profundidad y área de socavación alrededor de la pila y la disminución de la altura de lecho. De acuerdo al análisis realizado, se determinó ejecutar la protección de lecho hasta un ancho de 9.0 m frente a las márgenes protegidas y por 29.6 m × 25.5 m alrededor de la pila.



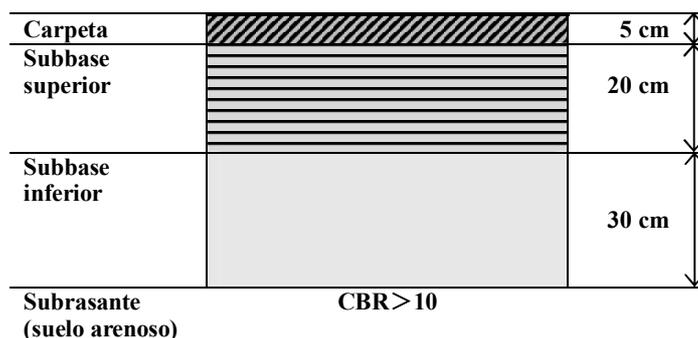
**Figura 2-14 Alcance de las obras de protección de márgenes y del lecho**

**(3) Análisis de los caminos de acceso**

Para los caminos de acceso, se realizó el análisis de la composición de pavimentos y obras de talud.

c) Análisis de la pavimentación

Para la composición de pavimento de los caminos de acceso, se llevó a cabo un estudio sobre la pavimentación utilizada en las proximidades del puente existente. De acuerdo a los resultados obtenidos (de base inferior T = 40 cm, base superior T = 20 cm, y pavimento asfáltico T = 2.50 cm), la capa superficial es delgada y la base inferior es gruesa. Por lo tanto, se realizó una estimación suponiendo una capa superficial de 5 cm y utilizando el coeficiente de equivalencia, y se decidió adoptar una composición de pavimento de grosor total de 55 cm, como se muestra en la Figura 2-15. Sin embargo, para los tramos donde aflora la capa de roca, se propone colocar la capa de nivelación de pavimento asfáltico de 3 cm sobre la capa de roca, y encima de la cual colocar la capa superficial de 5 cm, tal como se muestra en la Figura 2-16.



**Figura 2-15 Estructura del pavimento (ordinario)**



**Figura 2-16 Estructura del pavimento (roca firme)**

d) Análisis de las obras de talud

Se realizarán obras de protección y estabilización de la pendiente de talud con el fin de mantener el medioambiente, prevenir derrumbamientos de tierra y asegurar la transitabilidad.

Teniendo en consideración la clasificación del terreno, su dureza, la vulnerabilidad a la erosión, la existencia de agua manantial, etc., se pondrán mallas metálicas en las partes excavadas comprendidas entre las Sta00+000 y Sta00+180 del lado peruano y

se sembrarán semillas en las partes comprendidas entre las Sta00+220 y Sta00+270 del lado peruano y entre las Sta00+470 y Sta00+540 del lado ecuatoriano.

Por otro lado, en todas las partes rellenadas de tierra, se pondrá pasto.

(4) Perfil de las instalaciones

En el Cuadro 2-13 se resume el perfil de las instalaciones de este proyecto que se ha definido con el análisis mencionado arriba.

**Cuadro 2-13 Perfil de las obras**

Instalaciones	Método y detalles
Ubicación	A 50 metros aguas abajo desde el actual puente existente de Macará
Tipo de estructura	Vigas cuadradas de concreto precolado continuas entre dos tramos
Longitud del puente	110 m
División de tramos	62.6 m+45.6 m
Estribos en el lado peruano (A1) : Tipo	Estribo en forma T invertida
: Altura estructural	12.8m
: Fundación	Fundación directa
Estribos en el lado ecuatoriano (A2) : Tipo	Estribo en forma T invertida
: Altura estructural	12.3m
: Fundación	Fundación con pilotes (diámetro de pilote colado in situ: 1.2m)
Pilas (P1) : Tipo	Tipo pared
: Altura estructural	12.02m
: Fundación	Fundación directa
Ancho del puente	Calzada: 3.65m, arcén: 1.2m, acera: 2.0m
Carretera de acceso : Prolongación del lado ecuatoriano	164.0m
: Prolongación del lado peruano	290.0m
: Anchos	Calzada: 3.65m, arcén: 2.40m, arcén de protección: 1.00 m
Protección de márgenes : En el lado ecuatoriano	Protección con mampostería de concreto, prolongación de 47.0m
: En el lado peruano	Protección con mampostería de concreto, prolongación de 47.5m
Protección del lecho : Antes de la protección del lecho en el lado ecuatoriano	Mampostería de concreto con base esforzada, prolongación de 61m
: Antes de la protección del lecho en el lado peruano	Mampostería de concreto con base reforzada, prolongación de 55m
: Pilas	Protección de mampostería de concreto (29m×25m)

### **2-2-3 Planos de Diseño Básico**

En las siguientes páginas se adjuntan los planos de Diseño Básico elaborados conforme el Diseño Básico descrito hasta aquí.

- Figura 2-17 Plano de planta del Proyecto
- Figura 2-18 Perfil de Camino Acceso
- Figura 2-19 Esquema General del Nuevo Puente Internacional Macara
- Figura 2-20 Plano Estructural de La Base del Puente A1 (1)
- Figura 2-21 Plano Estructural de La Base del Puente A1 (2)
- Figura 2-22 Plano Estructural de La Base del Puente A2 (1)
- Figura 2-23 Plano Estructural de La Base del Puente A2 (2)
- Figura 2-24 Parte Estructural de La Pila del Puente
- Figura 2-25 Planos Estructurales ed La Superestructura, Estribos Y Pila
- Figura 2-26 Seccion Transversal Tipica

PROJECT SITE PLAN Esc 1:1500

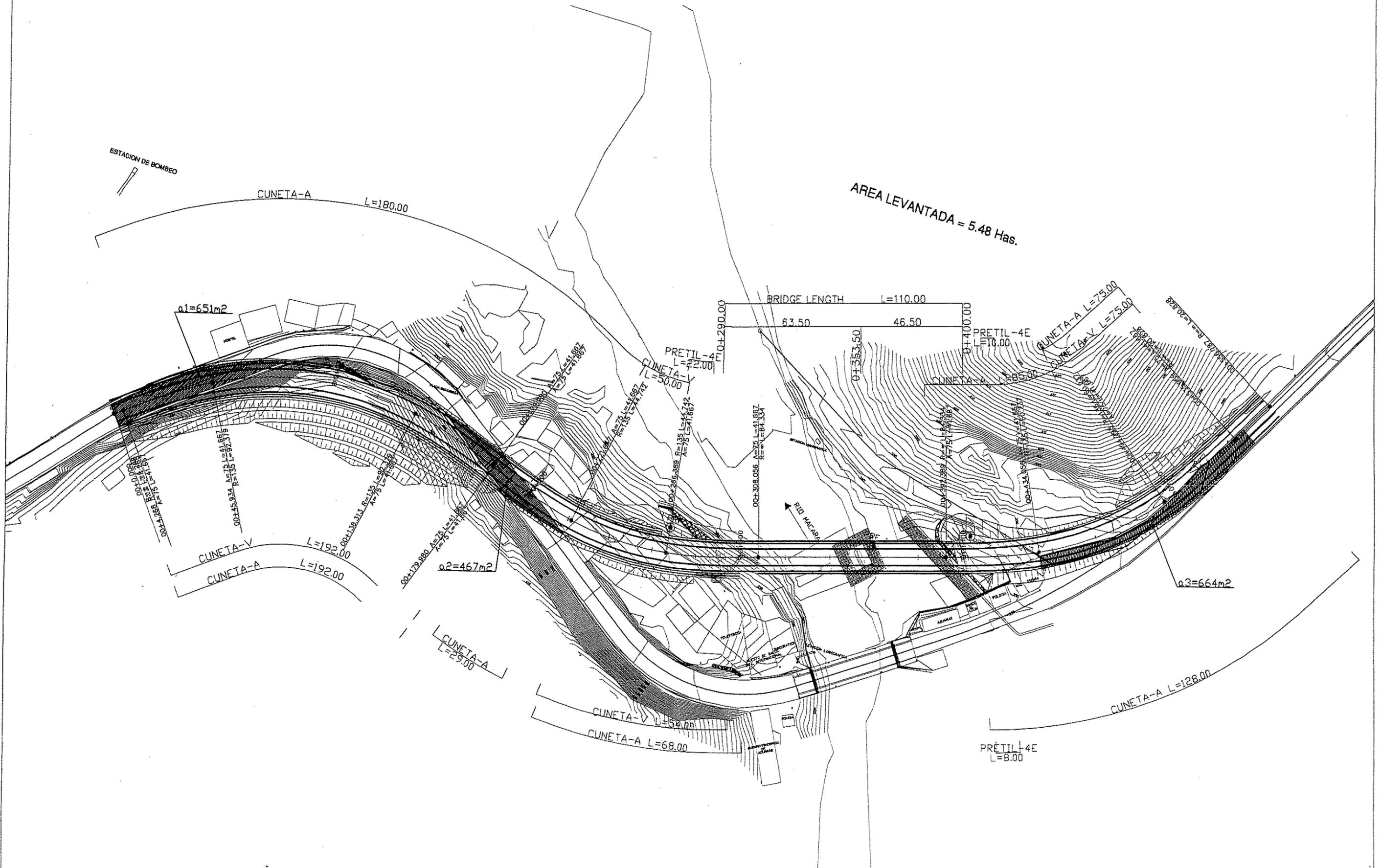


Figura 2-17 Plano de planta del Proyecto

# PERFIL DE CAMINO ACCESO

ESCALA H=1:2,000 V=1:400

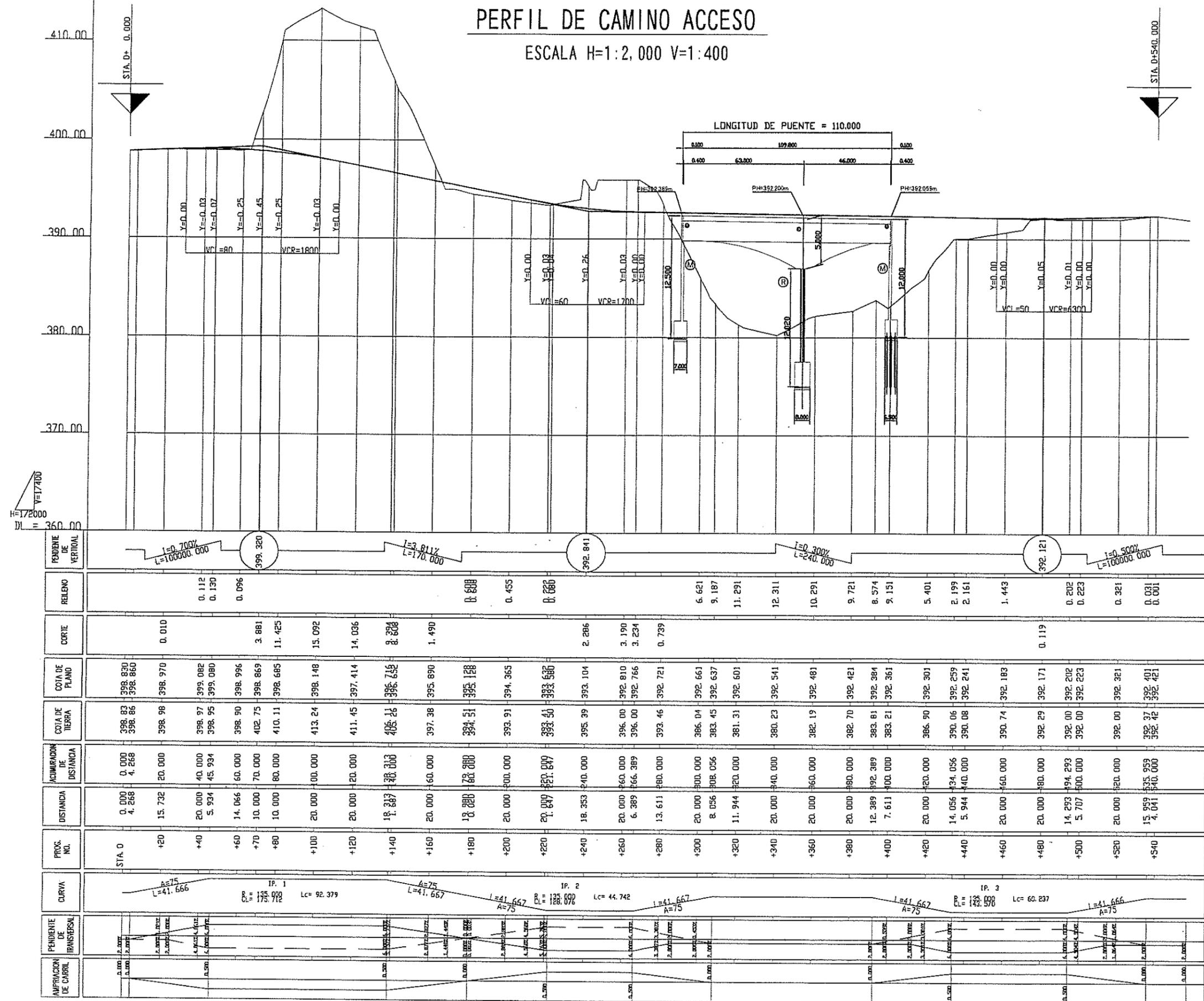
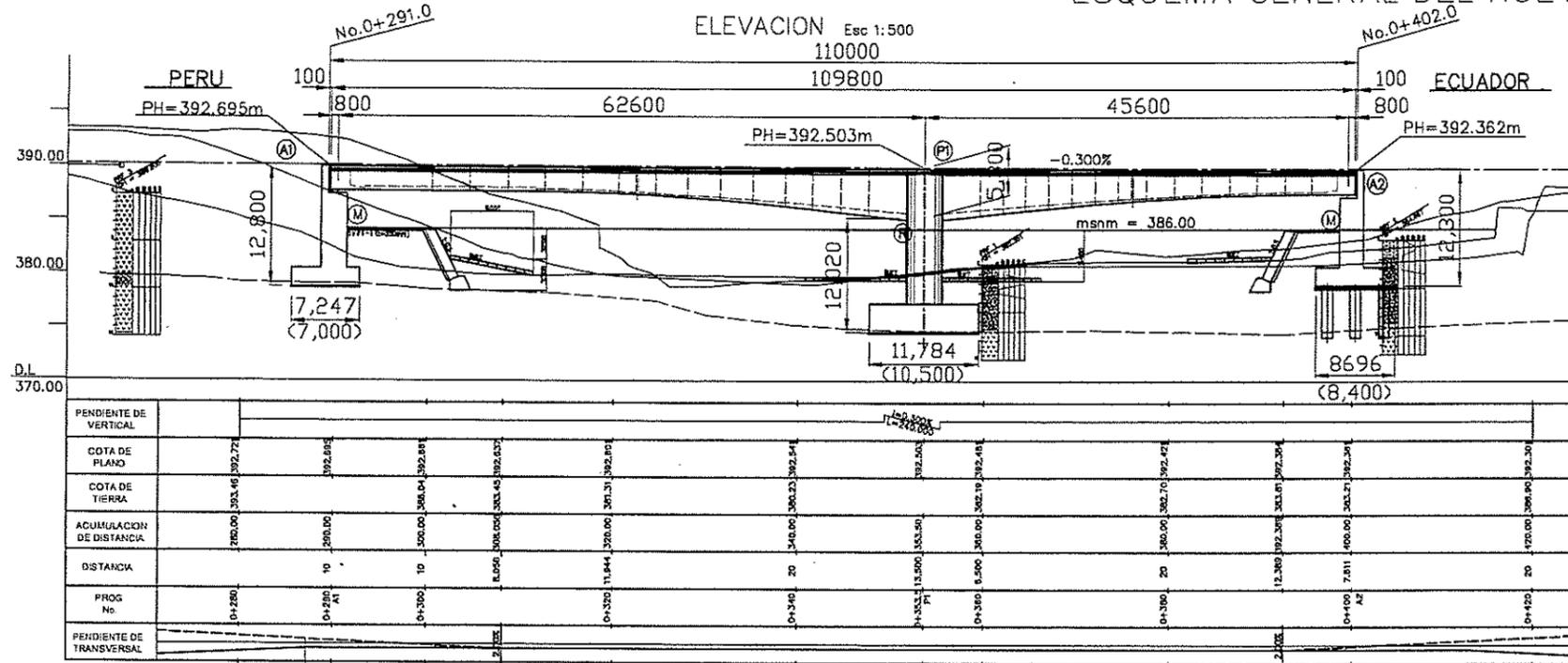
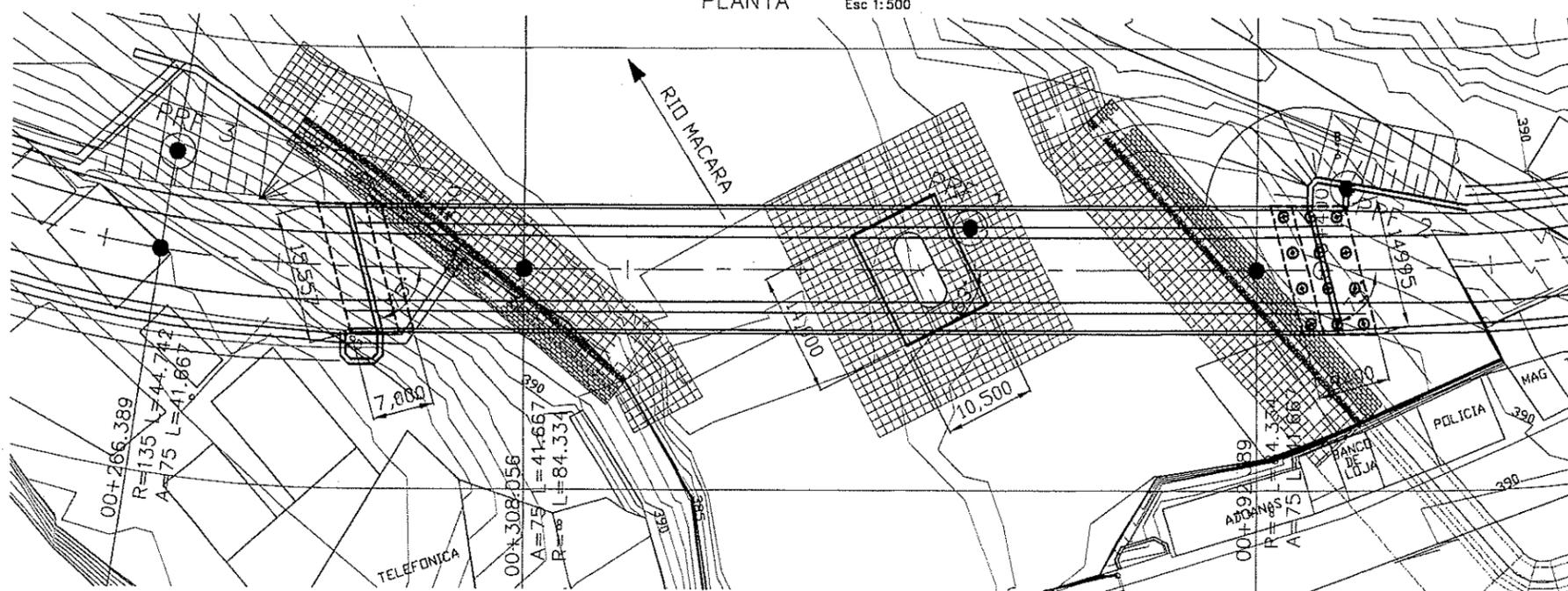


Figura 2-18 Perfil de Camino Acceso

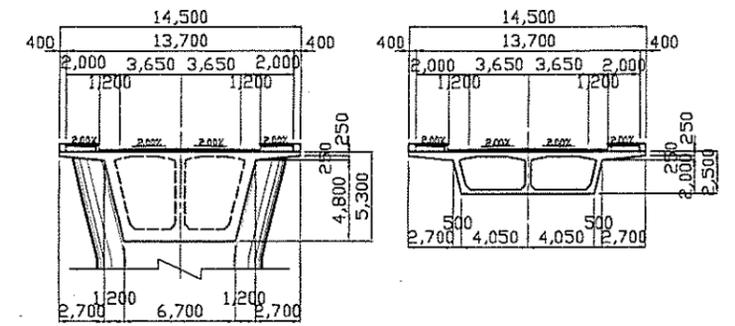
# ESQUEMA GENERAL DEL NUEVO PUENTE INTERNACIONAL MACARA



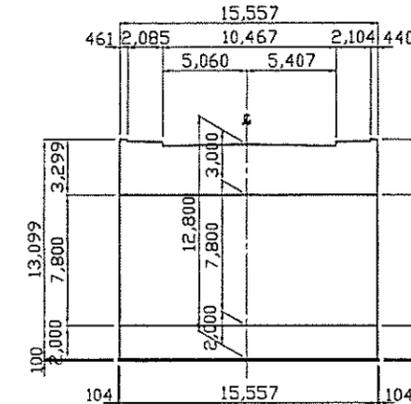
PLANTA Esc 1:500



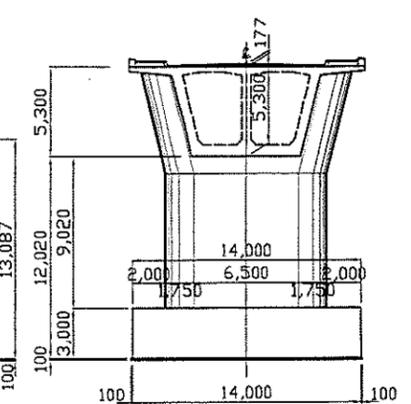
SECCION TRANSVERSAL TIPICA Esc 1:300



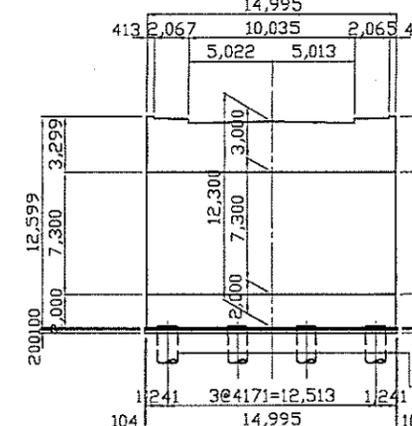
ESTRIBO A1 Esc 1:300



PILA P1 Esc 1:300



ESTRIBO A2 Esc 1:300



PILOTE FABRICADO IN SITU ø1200  
L = 5.500 m n = 12 PILOTES

Figura 2-19 Esquema General del Nuevo Puente Internacional Macara

PLANO ESTRUCTURAL DE LA BASE DEL PUENTE A1 (1) Esc 1:200

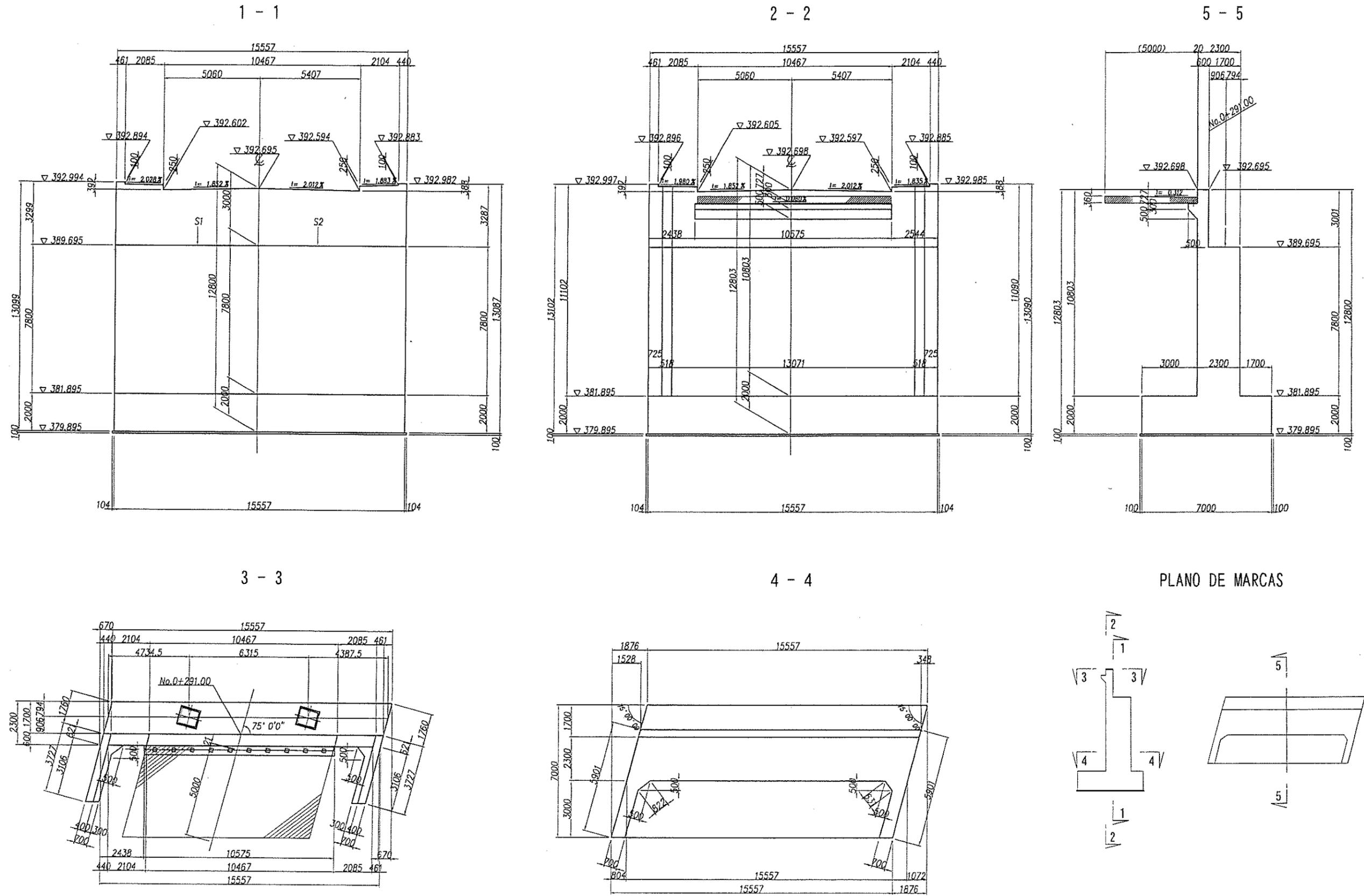


Figura 2-20 Plano Estructural de La Base del Puente A1 (1)

PLANO ESTRUCTURAL DE LA BASE DEL PUENTE A1 (2) Esc 1:200

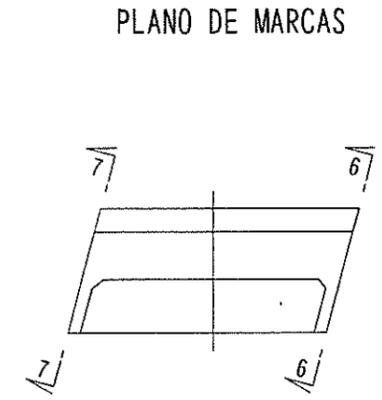
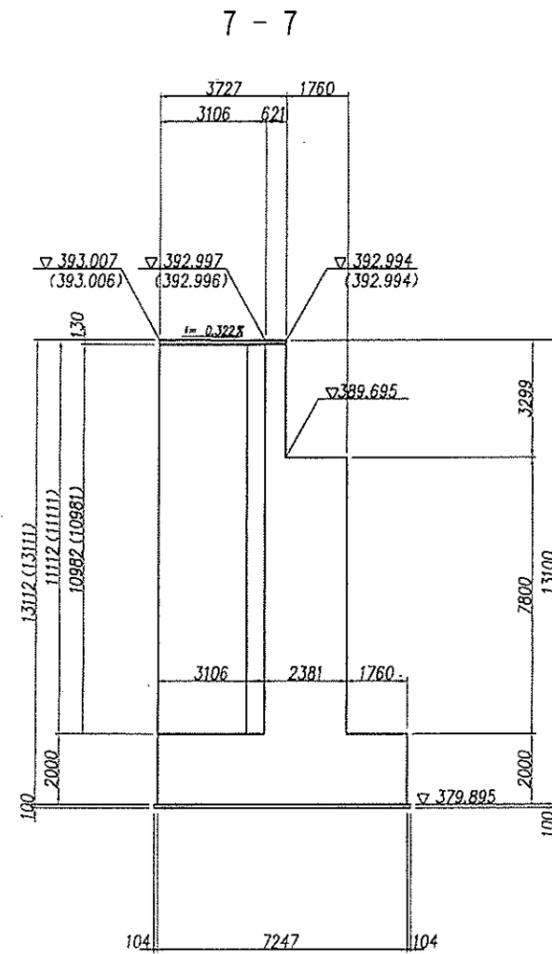
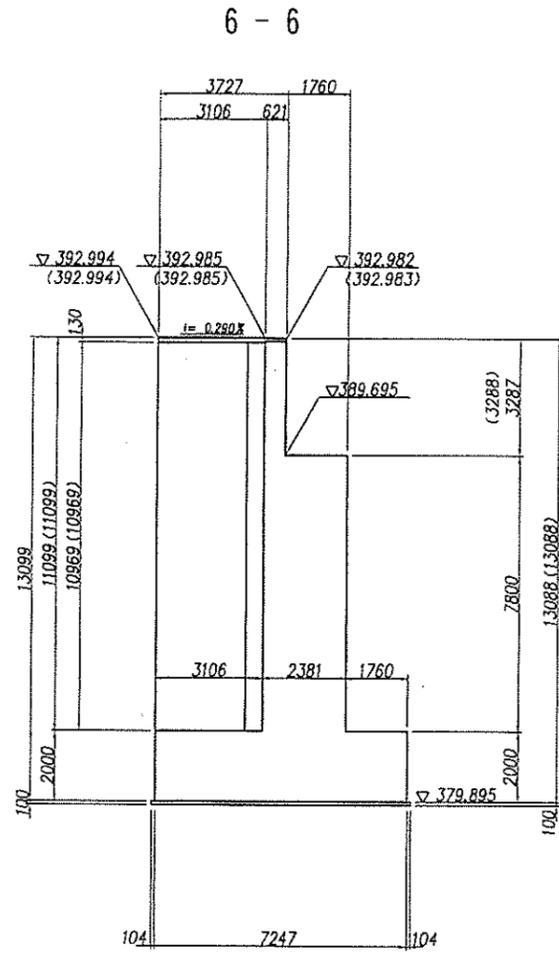


Figura 2-21 Plano Estructural de La Base del Puente A1 (2)

PLANO ESTRUCTURAL DE LA BASE DEL PUENTE A2 (1) Esc 1:200

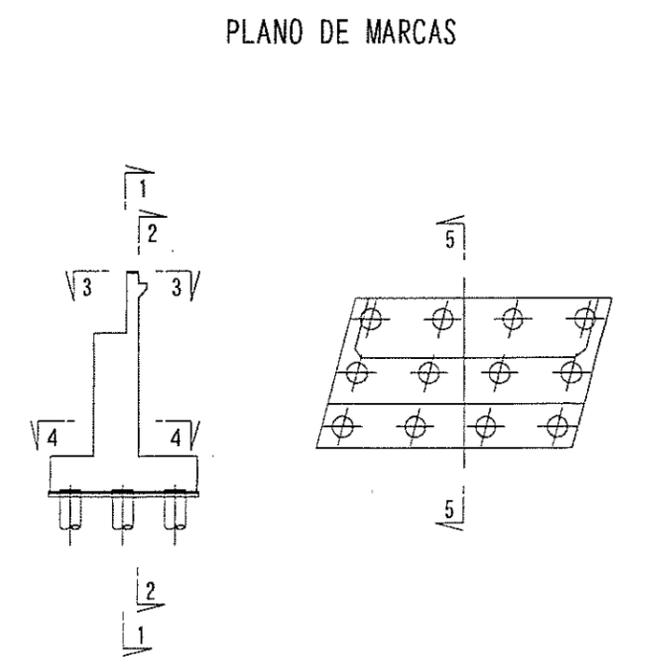
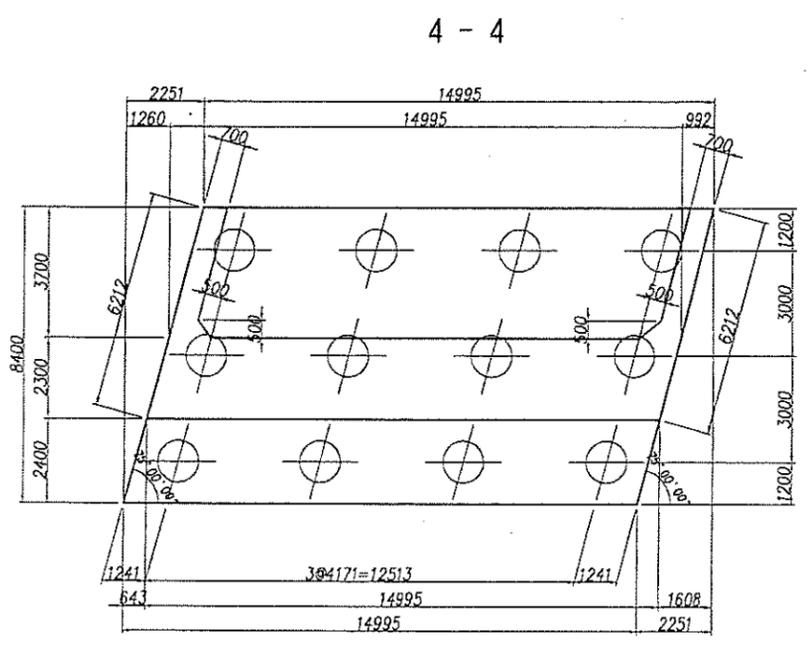
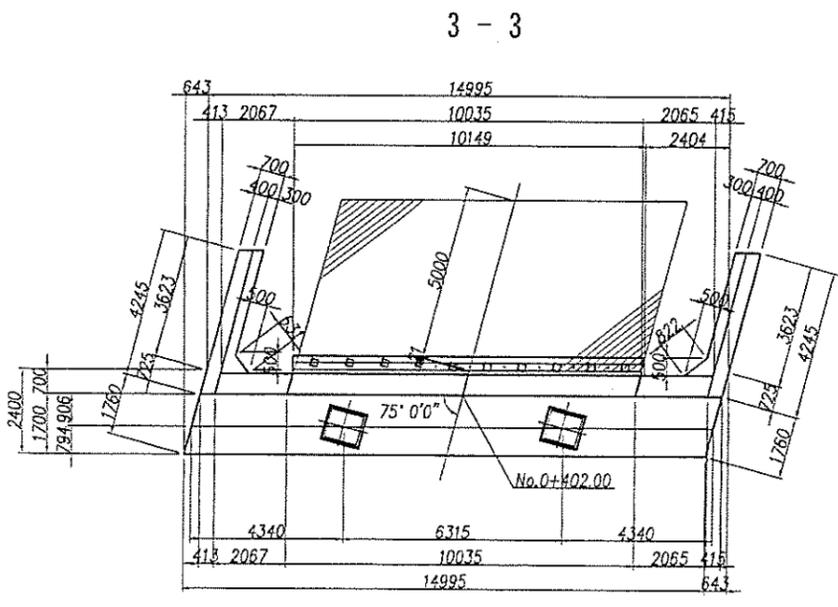
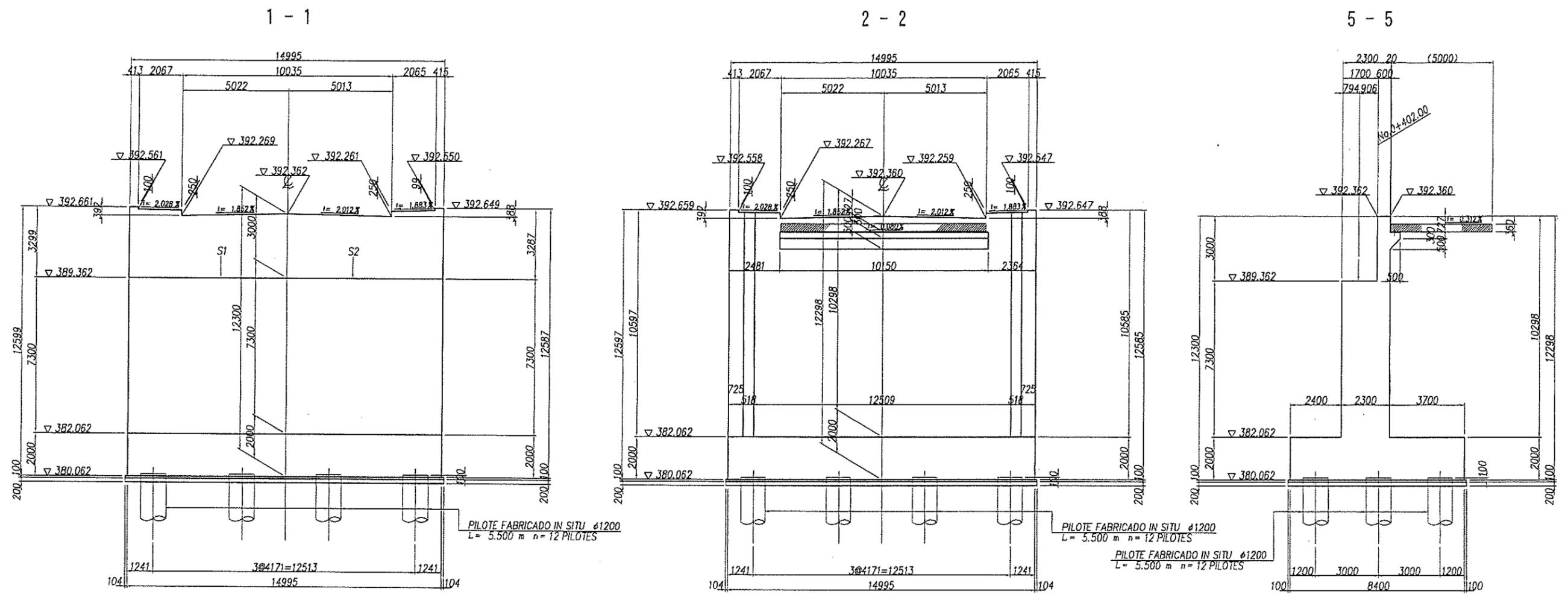


Figura 2-22 Plano Estructural de La Base del Puente A2 (1)

PLANO ESTRUCTURAL DE LA BASE DEL PUENTE A2 (2) Esc 1:200

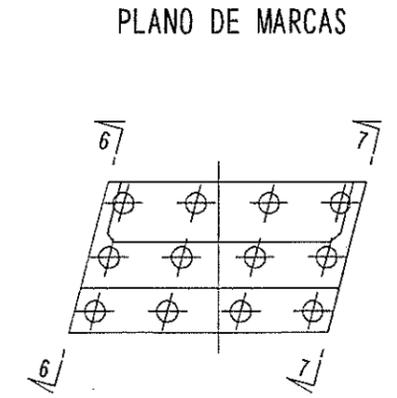
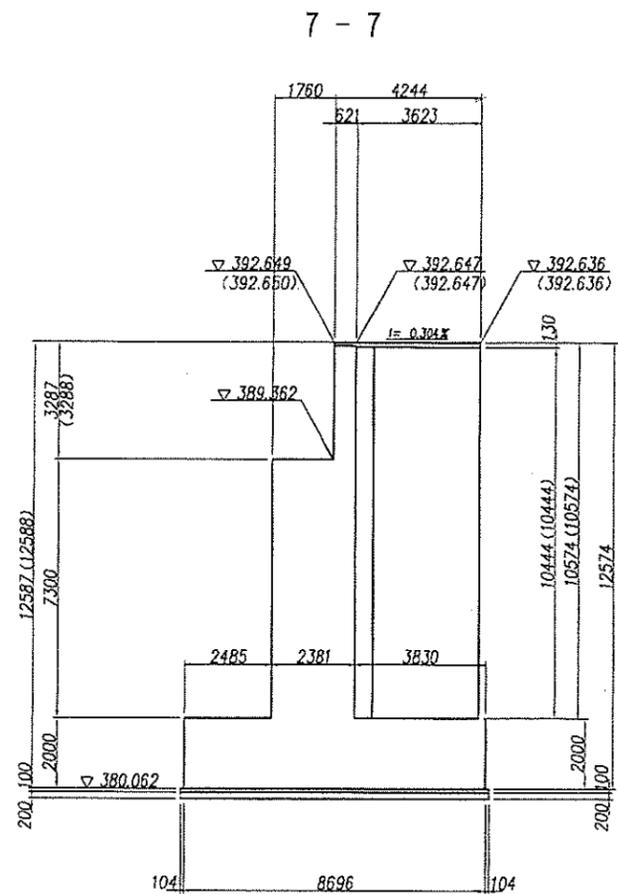
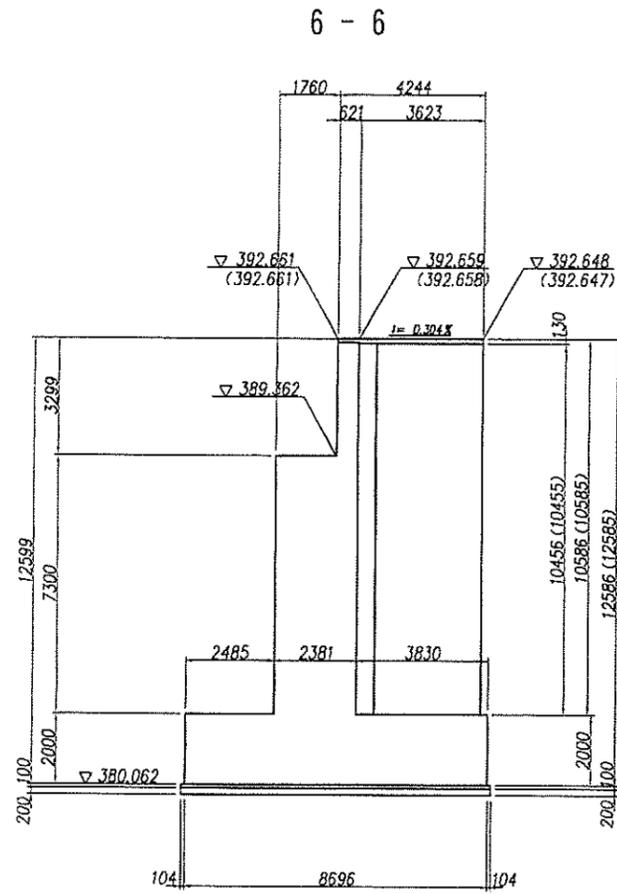
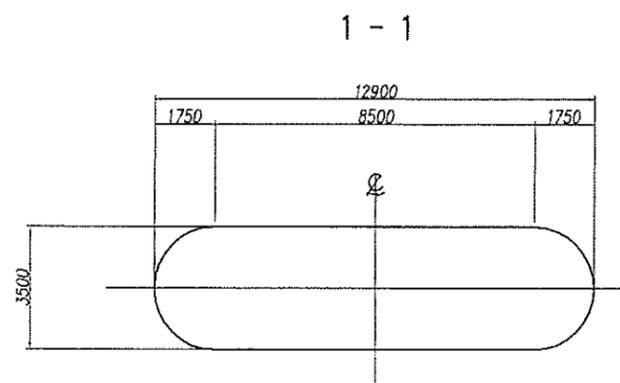
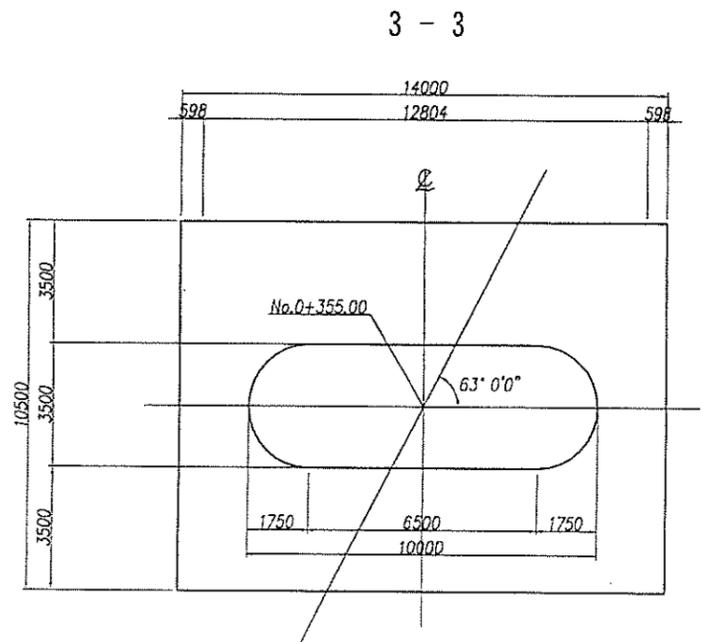
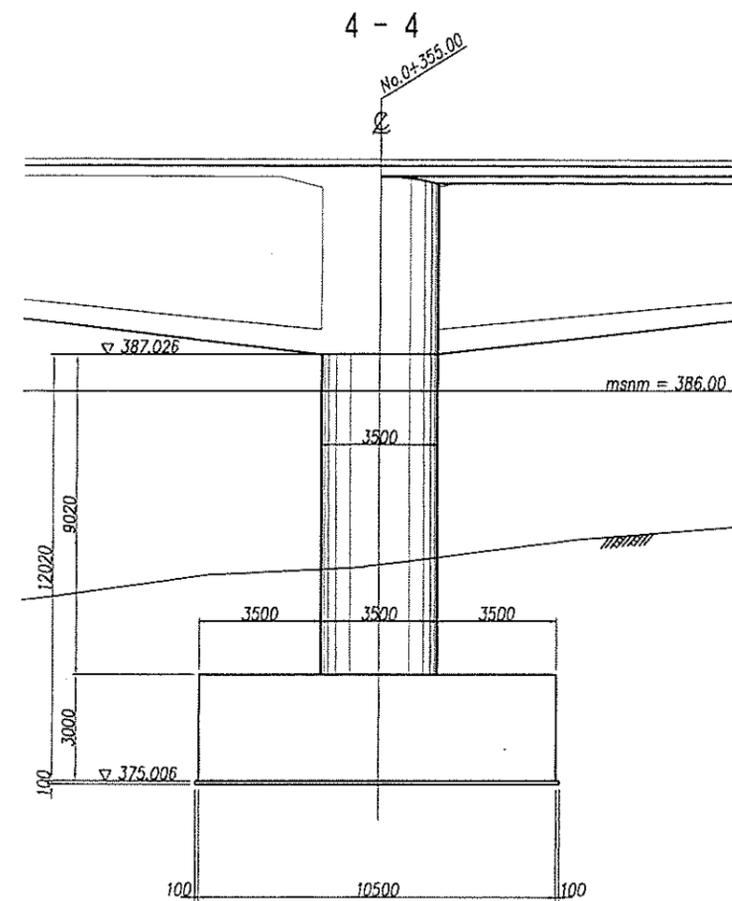
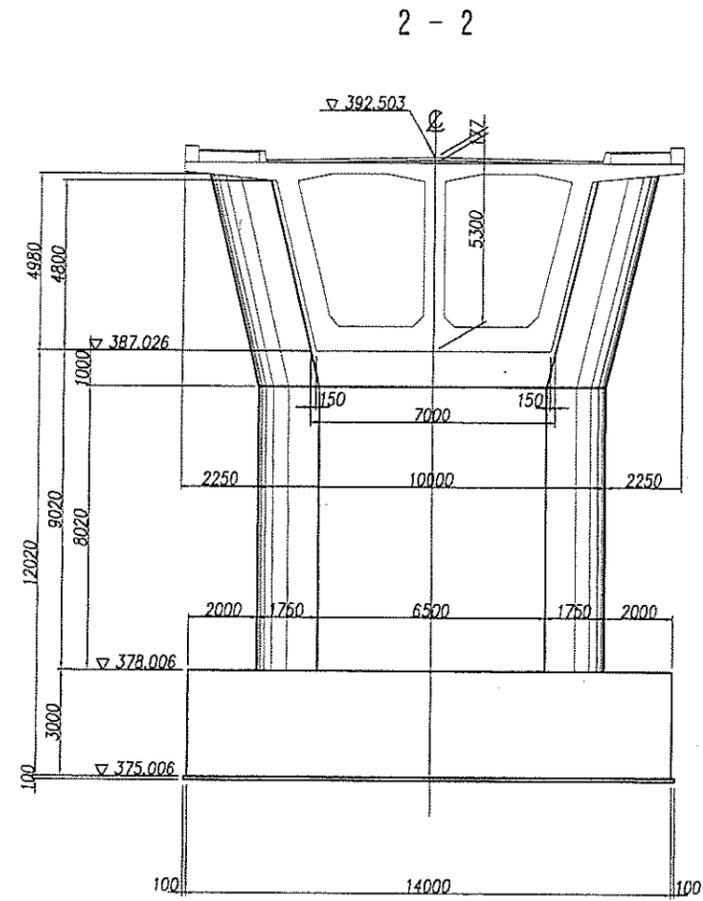


Figura 2-23 Plano Estructural de La Base del Puente A2 (2)

# PARTE ESTRUCTURAL DE LA PILA DEL PUENTE

Esc 1:200



## PLANO DE MARCAS

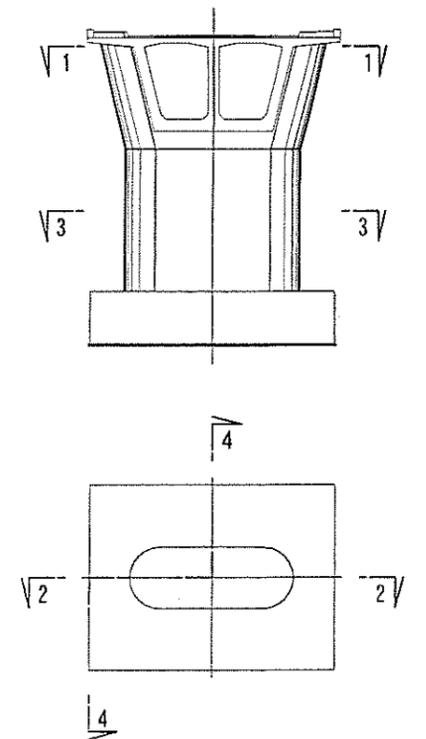
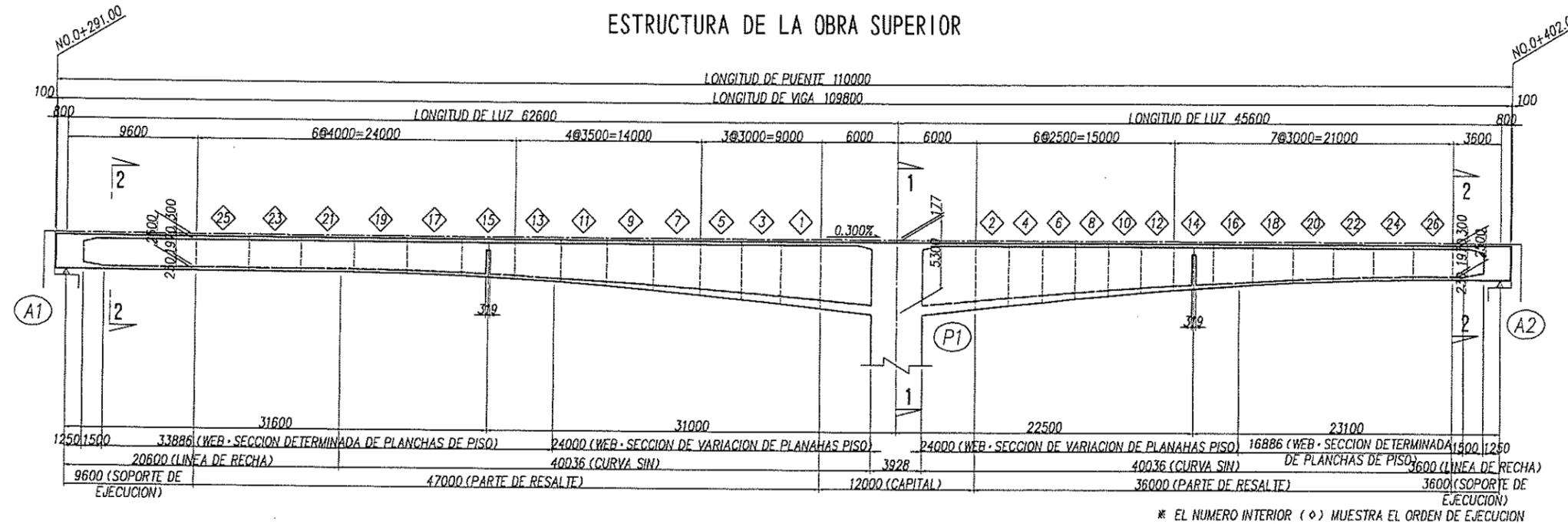


Figura 2-24 Parte Estructural de La Pila del Puente

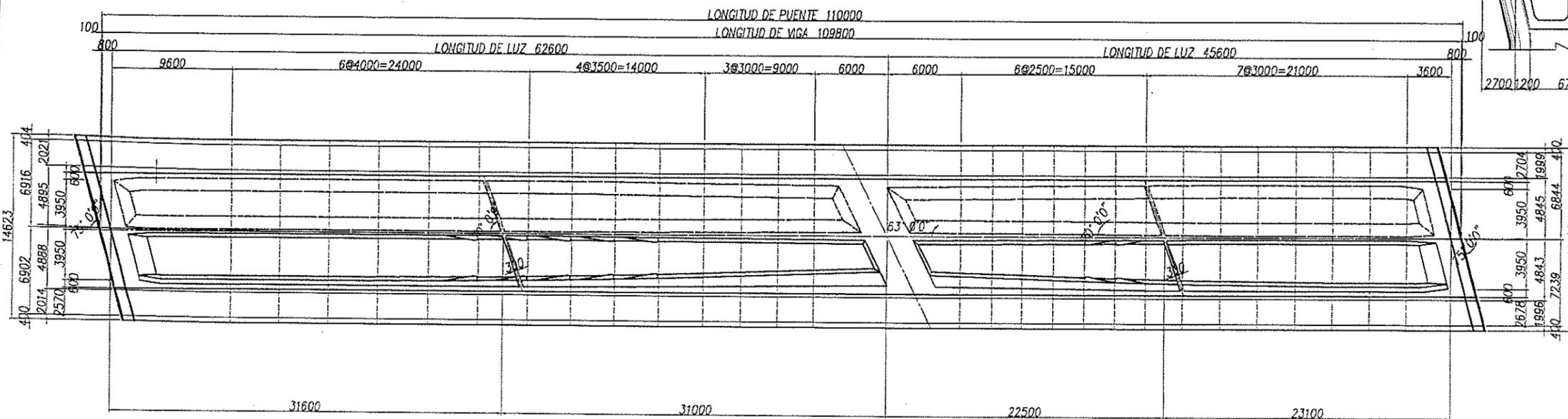
# PLANOS ESTRUCTURALES ED LA SUPERESTRUCTURA, ESTRIBOS Y PILA Esc 1:400

## ESTRUCTURA DE LA OBRA SUPERIOR



ESPAESOR DE INFERIOR	ESPAESOR DE ALMA	ALTURA ED VIGA
500	600	2500
500	600	2500
230	360	2500
230	360	2500
230	360	2500
230	360	2502
230	360	2554
230	360	2673
230	360	2856
239	365	3067
308	400	3319
376	435	3608
445	470	3930
503	500	4226
562	530	4537
621	560	4858
700	600	5300
700	600	5300
621	560	4858
572	535	4590
523	510	4328
474	485	4076
425	460	3835
376	435	3608
327	410	3398
268	380	3170
230	360	2971
230	360	2805
230	360	2673
230	360	2577
230	360	2519
500	600	2500
500	600	2500

## PLANTA



## CONDICION

TIPO DE PUENTE	PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO(PC)
TIPO DE SUPERESTRUCTURA	VIGA DE CAJA PORTICO DE PCED 2 TORAMOS
MONTAJE DE SUPERESTRUCTURA	MONTAJE CON EL APRINTAMIENTO FIJO
LONGITUD DE PUENTE	110.000m
LONGITUD DE VIGA	109.800m
LUZ	62.600m + 45.600m
ANCHO DE EFECTIVO	2.000 + 9.700 + 2.000
OBLICUANGULO	63° 00' 00" ~ 75° 00' 00"
CARGA VIDA	HS20 x 1.25 (HS25)
COEFICIENTE DE IMPACTO	i = 1.0 / (25 + L)

## RESISTENCIA DE MATERIALES Y ESFUERZO ADMISIBLE

HORMIGON(N/mm <sup>2</sup> )	VIGA PRINCIPAL
RESISTENCIA NORMAL DE DISEÑO	36.00
ESFUERZO ADMISIBLE DE COMPRESION POR FLEXION	DESPUES DEL POSTENSADO 18.40 CUANDO DE APLICA TODA LA CARGA MUERTA 12.80 CUANDO DE APLICA LA CARGA DE DISEÑO 12.80
ESFUERZO ADMISIBLE DE TRACCION POR FLEXION	DESPUES DEL POSTENSADO -1.38 CUANDO DE APLICA TODA LA CARGA MUERTA 0.00 CUANDO DE APLICA LA CARGA DE DISEÑO (VERA SUPERIOR) 0.00 CUANDO DE APLICA LA CARGA DE DISEÑO (VERA INFERIOR) -1.38
ESFUERZO ADMISIBLE POR CORTE	CUANDO DE APLICA LA CARGA DE DISEÑO 0.51 CUANDO DE APLICA CARGA A LA ROTURA 4.78
ESFUERZO ADMISIBLE DE TENSIÓN DIAGONAL	CUANDO DE APLICA TODA LA CARGA MUERTA 0.92 CUANDO DE APLICA LA CARGA DE DISEÑO 1.88

CABRE DE PRETENSADO (N/mm <sup>2</sup> )	SWPR7B
RESISTENCIA A LA TRACCION	12512.78
RESISTENCIA EN PUNTO CEDENTE	1850
ESFUERZO ADMISIBLE DURANTE EL PRETENSADO	1600
ESFUERZO ADMISIBLE DURANTE EL POSTENSADO	1440
ESFUERZO ADMISIBLE CUANDO DE APLICA LA CARGA DE DISEÑO	1295
ESFUERZO ADMISIBLE CUANDO DE APLICA LA CARGA DE DISEÑO	1110

ACERA DE REFUERZO (N/mm <sup>2</sup> )	SD345A
RESISTENCIA EN PUNTO CEDENTE	345
ESFUERZO ADMISIBLE CUANDO DE APLICA LA CARGA MUERTA	100
ESFUERZO ADMISIBLE CUANDO DE APLICA LA CARGA DE DISEÑO	VIGA PRINCIPAL 180 LOSA 140

## PLANO DE CORTE

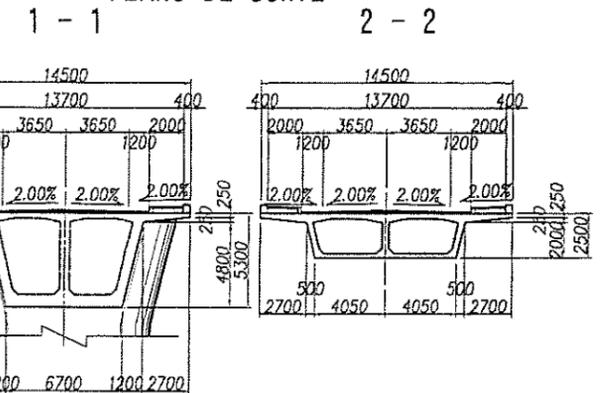
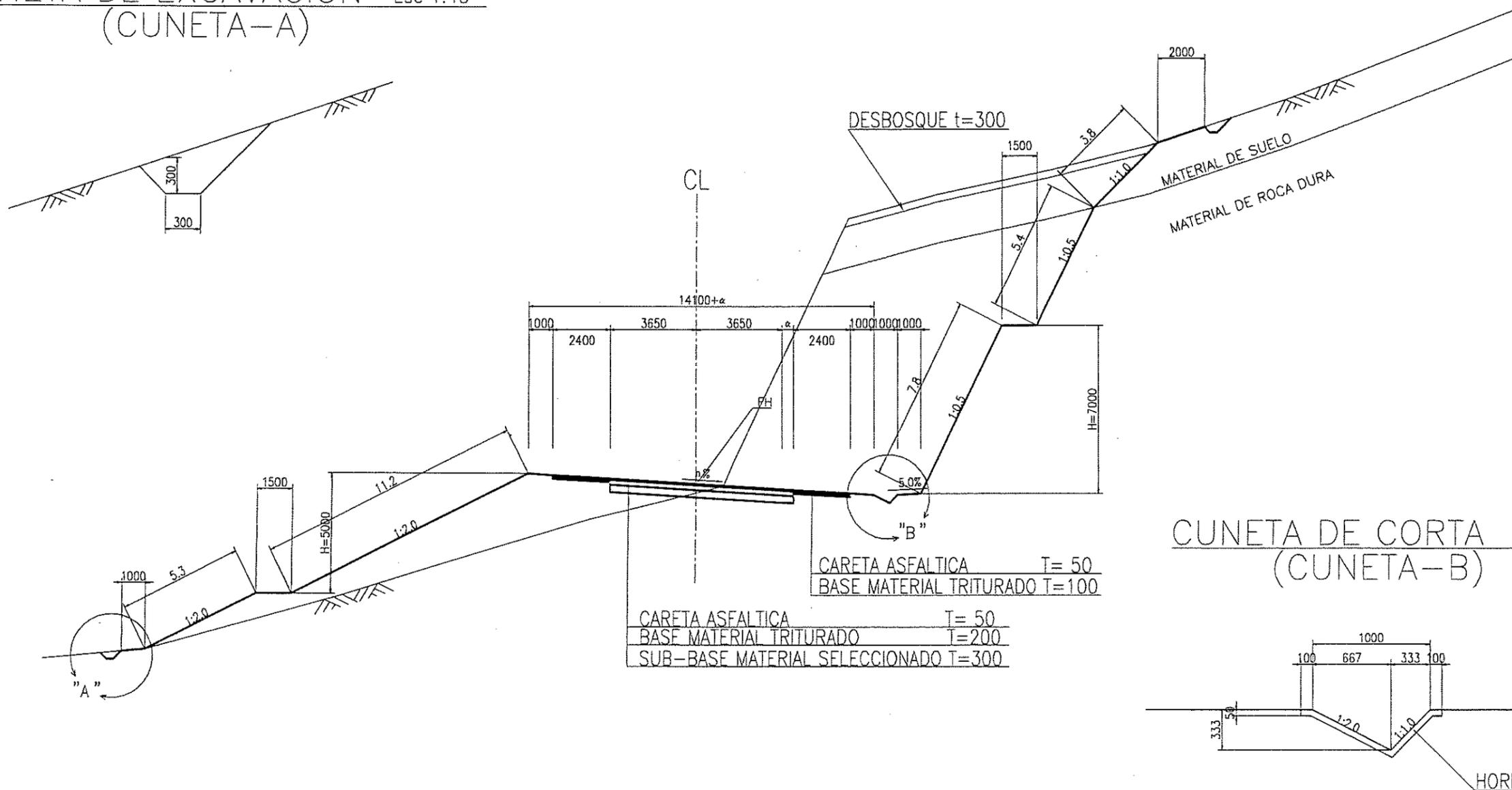


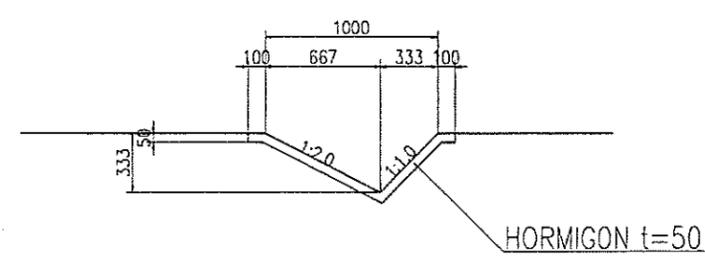
Figura 2-25 Planos Estructurales ed La Superestructura, Estribos Y Pila

SECCION TRANSVERSAL TIPICA Esc 1:200

CUNETETA DE EXCAVACION (CUNETETA-A) Esc 1:40



CUNETETA DE CORTA (CUNETETA-B) Esc 1:40



NOTA) α : CANTIDAD ENSANCHADA DE LA CURVA

Figura 2-26 Seccion Transversal Tipica