

## CONTENIDO

CONSTRUCCIÓN DE TRES PUENTES EN EL TRAMO BN01: TRINIDAD - PUERTO USTAREZ .....	1
1. ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACION.....	3
1.3 OBJETIVOS .....	4
1.3.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	4
1.3.2 DESCRIPCION DE LA ZONA DEL PROYECTO Y SU AREA DE INFLUENCIA .....	5
1.3.3 DESCRIPCION DEL TRAMO Trinidad - Puerto Ustarez .....	¡Error! Marcador no definido.
Tramo 1: Km. 0+000 - San Javier .....	¡Error! Marcador no definido.
Tramo 2: San Javier - San Pedro .....	¡Error! Marcador no definido.
Tramo 3: Cruce San Pedro - San Ramón.....	¡Error! Marcador no definido.
Tramo 4: San Ramón - San Joaquin .....	¡Error! Marcador no definido.
Tramo 5: San Joaquin - Cruce a Puerto Ustarez (Puerto Siles) .....	¡Error! Marcador no definido.
Tramo 6: Cruce a Puerto Ustarez (Puerto Siles) - Puerto Ustarez .....	¡Error! Marcador no definido.
2. INGENIERIA DE PROYECTO.....	8
2.1 INTRODUCCION.....	8
2.2 UBICACIÓN DE LOS PUENTES.....	8
2.2.1 tramo I (trinidad - San Javier).....	9
2.2.2 TRAMO II (SAN JAVIER - SAN PEDRO).....	10
2.2.3 TRAMO III (SAN PEDRO - SAN RÁMON) .....	10
2.2.4 TRAMO IV (SAN RAMÓN - SAN JOAQUIN).....	13
2.3 NORMAS DE DISEÑO. ....	16
2.3.1 CARGAS DE DISEÑO.....	16
2.4 MATERIALES DE DISEÑO.....	17
2.4.1 HORMIGON SIMPLE TIPO A.....	17
2.4.2 HORMIGON TIPO P.....	17
2.4.3 ACERO DE REFUERZO GRADO 60.....	17
2.4.4 ACERO DE REFUERZO GRADO 270.....	17
2.5 ESFUERZOS ADMISIBLES.....	18
2.6 PRESUPUESTO DE OBRA.....	19
2.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	23
2.8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23



## CONSTRUCCIÓN DE TRES PUENTES EN EL TRAMO BN01: TRINIDAD - PUERTO USTAREZ

### ASPECTOS GENERALES

#### 1.1 ANTECEDENTES

La República de Bolivia, recibe del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) EL Contrato de Préstamo 993/SF-BO, para implantar el Programa de Apoyo a la descentralización del Sistema Nacional de Inversión Pública y Financiamiento a la Preinversión (SNIPRE). Dentro de este marco, la Prefectura del Departamento del Beni y el Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo, suscriben un Contrato para financiar la ejecución del Estudio de Diseño Final e Impacto Ambiental del tramo carretero Trinidad - Puerto Ustarez, localizado en su integridad en el Departamento del Beni con una longitud aproximada de 330 kilómetros (situación Sin Proyecto). Dicho Estudio responde a la necesidad de una mayor y mejor integración vial a nivel departamental, nacional e internacional, relacionados con el mejoramiento, rehabilitación y/o construcción de carreteras, así como mejorar las condiciones de vida correspondientes a área de influencia de la misma.

El Convenio señalado contempla la elaboración de los Estudios a nivel de Diseño Final y la elaboración del Estudio de Factibilidad del Proyecto Trinidad - Puerto Ustarez, en su situación SIN PROYECTO en su situación CON PROYECTO, elaborado en base a la revisión, actualización y complementación de los estudios preliminares realizados, en especial el Estudio de Prefactibilidad de la Construcción de la Carretera Trinidad - Puerto Ustarez.

En fecha 20 de enero de 2003, en la ciudad de Trinidad se procedió a la entrega de Propuestas para la elaboración del mencionado Estudio. La firma Consultora CAEM, luego del proceso de selección respectiva, fue adjudicada para ejecutar el referido Estudio, con Orden de Proceder de fecha julio 30 del 2003.

El Contrato indicado para la elaboración del Estudio de Diseño Final e Impacto Ambiental el tramo carretero Trinidad Puerto Ustarez, firmado entre el Cap. Av. Fernando Rivero P., Prefecto y Comandante del Departamento del Beni y el Ing. Edgar Coss Zelaya, Representante Legal de la Empresa CAEM, fue firmado en fecha 18 de junio de 2003. Dicho contrato incluye el diseño de los puentes Ipurupuru, Machupo I (San Ramón) y Machupo II (San Joaquín).

Durante la época de lluvias 2013 y 2014 se registraron en las diferentes estaciones meteorológicas del país lluvias de gran magnitud, muy superiores a las habituales las que ocasionaron la declaratoria de Emergencia Nacional con aplicación en todo el territorio del Estado Plurinacional de Bolivia (D.S. No 1878 de 27 de enero de 2014) por la presencia de inundaciones, riada, granizada, desborde de ríos, deslizamientos y heladas.

Las Máximas Autoridades Ejecutivas de las Entidades e Instituciones Públicas, conforme a su responsabilidad, competencia y jurisdicción son responsables de asumir acciones de respuesta y recuperación, gestión del riesgo de desastres y asistencia humanitaria así como el destino de los recursos asignados a los fines establecidos en el señalado Decreto Supremo, y en el marco de la normativa en actual vigencia.

Asimismo, el D.S. autoriza al Ministerio de Economía y Finanzas Públicas la transferencia e inscripción presupuestaria de recursos adicionales destinados a financiar la ejecución de acciones necesarias para la atención de la emergencia declarada y la atención de las necesidades humanitarias, rehabilitación y reconstrucción de los sectores afectados a favor del Ministerio de Defensa. Por otra parte, autoriza a las instituciones y entidades involucradas en la atención de la emergencia y recuperación de los sectores afectados a realizar la reasignación económica de los recursos que requieran.

La Administradora Boliviana de Carreteras (ABC) tiene la misión institucional de integrar al Estado Plurinacional de Bolivia mediante la administración y gestión de la RVF con actividades de administración, planificación, estudios y diseños, construcción, mantenimiento, conservación y operación de la RVF y sus accesos en el marco del Plan Nacional de Desarrollo y de la gestión pública nacional con el fin de contribuir al logro de los servicios de transporte terrestre eficientes, seguros y económicos.

En coordinación con la Gerencia Nacional Administrativa Financiera y la Gerencia Nacional Jurídica, se elaboró el Reglamento del Proceso y Condiciones de Contratación por Desastres y/o Emergencias de la Administradora Boliviana de Carreteras, en el cual se presenta el objeto, alcance, marco normativo, las condiciones para la aplicación de la modalidad de contratación por desastres y/o emergencias, insumos y el procedimiento detallado para llevar a cabo las contrataciones en el marco de una declaratoria de desastres y/o emergencias.

Este procedimiento da los lineamientos necesarios para llevar a cabo la contratación de las empresas que serán las responsables de la atención de emergencias, regulando las condiciones y el procedimiento aplicable para la ejecución de procesos de contratación bajo la modalidad por Desastres y/o Emergencias en la Administradora Boliviana de Carreteras, para rehabilitar y/o

restituir las condiciones de seguridad vial en las carreteras de la Red Vial Fundamental del país.

## 1.2 JUSTIFICACION

La política de integración encarada por los países de América del Sur, ha dado importancia, al contar con un eficiente Sistema de Transporte Internacional que satisfaga las necesidades de intercambio entre los mismos, estableciendo de esta manera que la incidencia del autotransporte en el desarrollo de los países de la región es determinante e imprescindible.

Bolivia, por su ubicación geográfica dentro del contexto sudamericano, no puede estar exenta a esta necesidad de desarrollo sudamericano, razón por la cual en los últimos años se ha establecido en el país, la necesidad de ser parte integrante del intercambio de carga y mercadería entre los países integrantes de la región y el propio traslado de la misma hacia los puertos del pacífico, habiendo establecido para ello, la necesidad de contar con carreteras acordes a las necesidades planteadas por esta necesidad de integración, llegando a priorizar la vías que conforman los corredores de exportación, habiéndose determinado diversos corredores en el norte, centro y sur del país.

A nivel nacional, continúa siendo prioridad del Gobierno Central, la integración de las diferentes poblaciones que conforman el país, a través de la construcción y/o mejora de las actuales carreteras que unen las mismas, aportando de esta manera a un mejoramiento de las actuales condiciones socio-económicas de estas poblaciones.

La Administradora Boliviana de Carreteras (ABC) dentro de sus competencias y basándose en los lineamientos de la Estrategia Nacional de Transporte, inmerso en el Plan general de Desarrollo Económico y Social del Estado Plurinacional, está encarando la construcción de los Puentes Ipurupuru, Machupo I (San Ramón) y Machupo II (San Joaquín) con el objeto de mejorar las condiciones de vida correspondientes al área de influencia de la misma, así como de sentar las bases para el desarrollo nacional mediante el mejoramiento de un Corredor Central de exportación que vincula a importantes provincias del Beni.

Con la construcción de los Puentes Ipurupuru, Machupo I (San Ramón) y Machupo II (San Joaquín) abrirán nuevas expectativas para la producción nacional y las exportaciones no tradicionales, permitiéndonos vincular con mayor fluidez a los Municipios de Santa Ana, San Ramón, San Joaquín, Magdalena, Baures, Huacaraje y Puerto Siles y así acceder a mercados internos en mejores condiciones de competitividad.

El proyecto: Tramo BN01 "Trinidad - Puerto Ustarez", pertenece a la Red Vial Fundamental y tiene una longitud aproximada de 330 Kms. Esta carretera es

considerada de vital importancia para el desarrollo del Departamento del Beni, debido principalmente a los siguientes factores:

La necesidad de integración física que tiene Bolivia con los países vecinos y sub-regiones del continente, ya que la misma permitirá un relacionamiento adecuado con países limítrofes, mediante la conformación de una ruta que conforme un nuevo Corredor Central de Exportación.

La necesidad de integración departamental que tiene el Beni, ya que el tramo carretero permitirá vincular las provincias Cercado y Mamoré, con poblaciones importantes como son San Ramón, San Joaquín y otras aledañas como Santa Ana, Magdalena, Bella Vista, etc.

La necesidad que tiene Bolivia de mejorar las condiciones de infraestructura para la exportación de productos no tradicionales que permitirán el incremento y diversificación de la producción creando nuevas fuentes de trabajo, en el contexto de la evolución de la economía.

La urgencia de mejorar las condiciones de vida, a través de la comunicación e integración de los grupos de bajos ingresos económicos del Noreste Boliviano, incorporándolos a la economía nacional.

La necesidad de mejorar las condiciones de ocupación e integración territorial.

La necesidad de contar con un tramo sin demoras en el cruce de ríos, permitiendo su paso permanente y en óptimas condiciones, fomentando así el comercio exterior.

Potenciar la zona de influencia del proyecto, al ser ésta una zona de gran potencial agropecuario e industrial.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

Una vez revisado y actualizado el Estudio de Pre-factibilidad en su componente de los Puentes Ipurupuru, Machupo I (San Ramón) y Machupo II (San Joaquín), el objetivo del presente Proyecto es la Construcción de Tres Puentes en el Tramo BN01: Trinidad - Puerto Ustarez, Puentes Ipurupuru, Machupo I (San Ramón) y Machupo II (San Joaquín) mediante la validación y actualización de los componentes correspondientes como un instrumento que permita acceder a fuentes de financiamiento para su construcción.

Con la concreción del proyecto se pretende fundamentalmente:

- Ofrecer a los usuarios del eje vial Trinidad - San Ramón, San Joaquín y Puerto Siles/Puerto Ustarez, un paso seguro y confiable a través de los ríos

Ipurupuru y Machupo. Adicionalmente permitirá coadyuvar a integrar a las provincias y poblaciones situadas dentro del área de influencia de la carretera como Magdalena, Baures, Huacaraje y Bella Vista y a los departamentos de Santa Cruz, Cochabamba y La Paz.

- Incremento de los servicios turísticos debido al mejoramiento de accesibilidad y confort por carretera y baja de los costos de transporte
- Progreso social de las comunidades situadas en la zona de influencia de la carretera.
- Facilitar la creación de nuevos mercados de consumo y nuevos centros de producción.
- Contribuir a romper el aislamiento y marginación social y económica en que se encuentran algunas poblaciones del departamento del Beni, atravesadas por la carretera.
- Evitar la migración campo - ciudad, fenómeno social originado por las deficientes condiciones de vida en el área rural, sobre la base de una mejor vinculación vial que posibilitará al productor agrícola y ganadero ofertar sus productos a precios más competitivos en nuevos mercados.
- Generación de nuevas fuentes de empleo.

### **1.3.2 DESCRIPCION DE LA ZONA DEL PROYECTO Y SU AREA DE INFLUENCIA**

El Tramo BN01, Trinidad - Pto. Ustarez, se localiza en su integridad en el departamento del Beni, como una continuación de la Ruta Nacional N°3 (La Paz-Trinidad) y de la Ruta Nacional N° 9 (Yacuiba-Santa Cruz-Trinidad) para completar el Corredor de Exportación Norte-Sur.

La capital, Trinidad, se encuentra situada a una altura de 157 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media promedio es de 26.6 grados centígrados con variaciones de temperatura desde los 9 °C la mínima hasta los 36 °C la máxima y la precipitación pluvial media, es de 1.838 milímetros por año. Al igual que en todo el Departamento, se presentan características climáticas óptimas para el desarrollo de una gran variedad de especies vegetales y animales.

La ocupación de las pampas benianas como propiedades ganaderas, configuran a la región en torno a la ganadería privada, conformadas por localidades urbanas y comunidades de origen indígena. La ocupación del noreste beniano con la

goma y la quina que da lugar a la articulación del Beni, a principios del siglo pasado en la dinámica del capitalismo internacional (Block, 1997).

Antes de la municipalización, el Beni es definido como un espacio desarticulado con predominio de enclaves socio-geográficos locales, en los que se destacan varias localidades urbanas, muy desconectadas entre sí (Navia, 1987), tales son los casos de las ciudades de Trinidad, Riberalta, Guayaramerín y San Borja, donde ninguna de las cuatro ciudades se constituye en un centro urbano de atracción regional.

Después de la municipalización se ha presentado un nuevo escenario localista que prioriza la relación directa entre el Estado Central y el municipio, donde la participación del Gobierno Departamental, casi no ejerce ninguna influencia o la que ejerce es muy leve; como son los casos de los municipios de Ballivián y Vaca Díez. Esta situación se presenta por la escasa vinculación, a través de un medio transporte económico y permanente entre la capital Trinidad con el resto del departamento.

La vinculación por carretera del Departamento y con el resto del país, se realiza a través de las Rutas Fundamentales F:3 Trinidad - San Borja - Yucumo - Quiquibey - La Paz; F:8 Guayaramerín - Riberalta - Yucumo y F:9 Trinidad - Santa Cruz, especialmente por ésta que es pavimentada. Se comunica con el departamento de Santa Cruz mediante un camino de transitabilidad permanente vinculando la Capital del Beni, Trinidad, con Santa Cruz y de aquí con el resto del país y con el departamento de La Paz, con dificultades de transitabilidad en época de lluvias, se vincula a través de las Rutas Fundamentales N° 3 y 8; sin embargo la influencia territorial del polo de desarrollo de La Paz, llega a todo el área de influencia de estas dos rutas.

El transporte aéreo es importante para la vinculación con el resto del país y el interior del departamento, porque el aeropuerto "Jorge Henrich" en Trinidad es pavimentado, permitiendo la operación permanente de vuelos comerciales con todo el país y las varias pistas de aterrizaje en lo extenso del Departamento, posibilitan el funcionamiento frecuente de taxis aéreos y aeronaves de empresas privadas, que hacen servicios comerciales y de aerotaxis transportando pasajeros hacia las principales capitales de provincias e incluso a diferentes puestos ganaderos.

Dentro del Departamento, los ríos hacen del transporte fluvial un importante medio para el transporte, tanto de pasajeros como de mercaderías entre las diferentes localidades. Las principales rutas de navegación son los ríos Beni, Mamoré, Madre de Dios, Iténez o Guaporé, existiendo otros de carácter secundario, como el Machupo en el área de influencia del proyecto que posibilitan la navegabilidad de embarcaciones de menor calado y otros que sólo son navegables en época de lluvias cuando son más caudalosos.



El área de influencia directa del tramo Trinidad - Puerto Ustárez, está representado por las provincias que son atravesadas por el, por ser ésta, la única vía de comunicación que tienen ellas para vincularse con la capital del departamento y el resto del país.

El área de influencia del proyecto ha sido definida por las zonas geográficas del Departamento del Beni, que son atravesadas por el proyecto, incluso sus puntos de orígenes y destinos, comprende concretamente las provincias Cercado y Mamoré, es decir los municipios de Trinidad, San Javier, San Ramón, San Joaquín y Puerto Siles .

Es de esperarse que las ciudades que están comprendidas dentro del área de influencia directa aumenten significativamente, tanto su población como la actividad económica, debido al mejoramiento de la vinculación, tal como ha venido sucediendo con los caminos principales que han sido mejorados.



## INGENIERIA DE PROYECTO

### 1.4 INTRODUCCION

El proyecto "Diseño final e impacto ambiental del tramo carretero Trinidad - Puerto Ustarez" (TESA), contempla la ejecución de nueve puentes, destinados a salvar los obstáculos naturales (ríos y arroyos) que atraviesan el alineamiento de la carretera y permitir la circulación ininterrumpida del tráfico vehicular, en el transcurso de los años desde la elaboración del Proyecto se han ejecutado varios de estos puentes y existen.

### 1.5 UBICACIÓN DE LOS PUENTES.

El proyecto está ubicado en las provincias Cercado y Mamoré del Departamento del Beni, se inicia en las afueras de la ciudad de Trinidad Prog. 0+000 y finaliza en la población de Puerto Ustarez en la progresiva 329+158.

El tramo carretero está dividido en seis tramos, de acuerdo al proyecto a diseño final, los que se describen en el CUADRO N° 2.

**CUADRO N° 2 Tramos Carreteros**

TRAMO	DESCRIPCIÓN	LONGITUD (Km.)
I	Trinidad - San Javier	20.5
II	San Javier - San Pedro	32.5
III	San Pedro - San Ramón	151.0
IV	San Ramón - San Joaquín	35.0
V	San Joaquín - Cruce a Puerto. Siles	19.0
VI	Cruce a Puerto. Siles - Puerto. Ustárez	72.0

Fuente: Diseño final e impacto ambiental del tramo carretero Trinidad - Puerto Ustarez

De acuerdo al levantamiento topográfico, las características geotécnicas e hidráulicas del lugar de emplazamiento de los puentes, se han adoptado las soluciones detalladas en el CUADRO N° 3.

**CUADRO N° 3 Características Generales de Puentes**

No.	Nombre	Tramo	Progresiva		Longitud m	Características
			Inicio	Fin		
1	Ipurupuru	III	15+226.09	15+317.99	91.90	Puente isostático de tres tramos, losa de H <sup>o</sup> , vigas de H <sup>o</sup> P <sup>o</sup>
2	Machupo (San Ramón)	III	150+264.66	150+384.66	120.00	Puente hiperestático de tres tramos, de sección cajón de
3	Machupo (San Joaquín)	IV	30+270.00	30+390.00	120.00	Puente hiperestático de tres tramos, sección cajón de H <sup>o</sup> P <sup>o</sup>



**1.5.1 TRAMO I (TRINIDAD - SAN JAVIER)**

Este tramo, inicia en la ciudad de Trinidad Prog. 0+000 y concluye en la población de San Javier Prog. 21+503.

El diseño geométrico de la carretera atraviesa tres cursos de agua importantes que son los ríos Mocoví, Matiquipiri y San Javier, sobre los que se han construido los puentes.

### 1.5.2 TRAMO II (SAN JAVIER - SAN PEDRO)

Este tramo se inicia en la población de San Javier Prog. 0+000 y concluye en la población de San Pedro Prog. 31+813.81

El alineamiento horizontal del proyecto no atraviesa cursos importantes de agua, la solución para drenar las aguas son las alcantarillas.

### 1.5.3 TRAMO III (SAN PEDRO - SAN RÁMON)

Este tramo inicia en la población de San Pedro prog. 0+000 y concluye en la población de San Ramón Prog. 151+214.35.

El alineamiento horizontal del eje de la carretera atraviesa tres cursos de agua importantes, en los cuales se ha proyectado el emplazamiento de los puentes, estos ríos son: El Ipurupuru, Lúcuma y Machupo San Ramón.

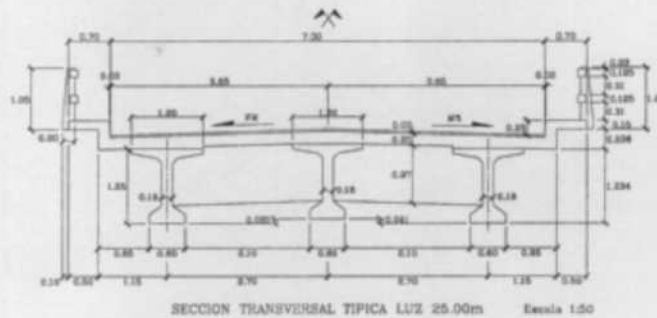
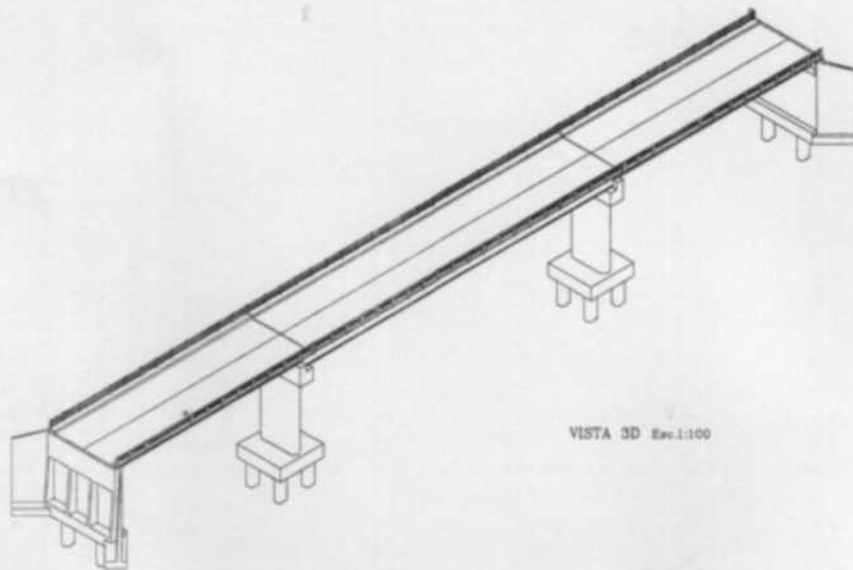
#### Puente sobre el río Ipurupuru

PUENTE IPURUPURU					
Tramo	III	Superestructura		Infraestructura	
Progresivas	15+226.09-15+317.99	longitud total :	91.90 m.	neopreno comp.	12x(4.0x2.5x0.57) dm3
Cota rasante	147.07 m.s.n.m	ancho de Calzada:	7.30 m.	neopreno comp.	4x(4.0x3.0x0.65) dm3
N.A.M.E.	143.72 m.s.n.m	ancho de aceras	0.7 m.	estribos	cabezal y aleros
Cota pilote	113.56- 124.11 m.s.n.m	barandado:	0.90 m.	Long. de pilotes	(4x14.00)+(8X18) m.

El puente proyectado sobre el río Ipurupuru está ubicado entre las progresivas 15+226.09 - 15+317.99 del tramo III, tiene una longitud total de 91.90 m. consta de tres tramos isostaticos de longitudes 25.6, 40.6 y 25,6 m.

Superestructura, compuesta de dos aceras laterales de 0.70m de ancho, con barandados de protección tipo P-3, bordillos de 0.25 m y losa de hormigón armado. El ancho total de calzada es de 7.30 m., que corresponde a dos fajas de trafico de 3.65 m. Cada tramo de losa se apoya en tres vigas de hormigón pretensado.

Infraestructura, debido a las características mecánicas del suelo de fundación, las cargas se transmiten al suelo de fundación mediante pilotes, cada estribo constan de dos pilotes de 1.20 m. y 14.0 m de longitud. Las pilas constan cada una de cuatro pilotes de 1.20 m de diámetro y 18 m de longitud.



### Puente sobre el río machupo San Ramón

PUENTE MACHUPO SAN RAMON			
Tramo	III	Superestructura	Infraestructura
Progresivas	150+264.66-150+384.66	longitud total :	120.00 m
Cota rasante	132.66 m.s.n.m	ancho de Calzada:	7.30 m.
N.A.M.E.	127.57 m.s.n.m	ancho de aceras	0.7 m.
Cota pilote	113.03-92.55 m.s.n.m	barandado:	0.90 m.
Cota pilote	113.03-97.14 m.s.n.m		

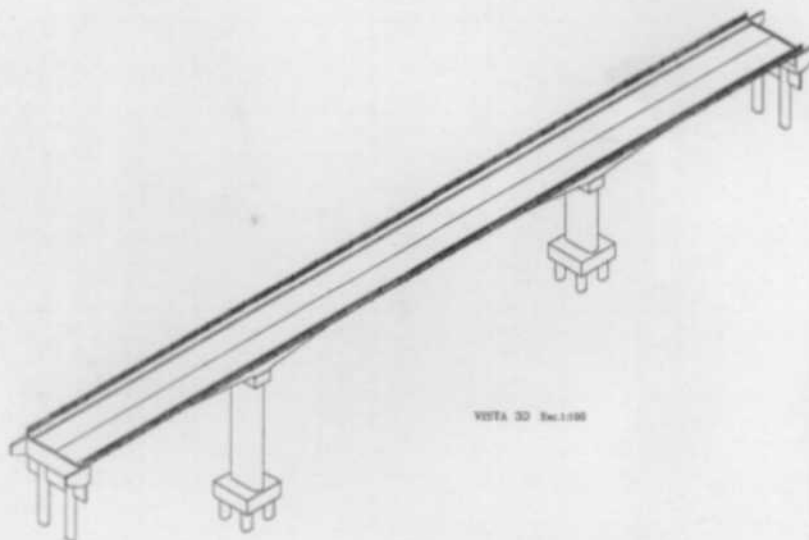
El puente proyectado sobre el río Machupo San Ramón está ubicado entre las progresivas 150+264.66 – 150+384.66 del tramo III, con una longitud total de 120.00 m. Las características del diseño estructural son las siguientes:

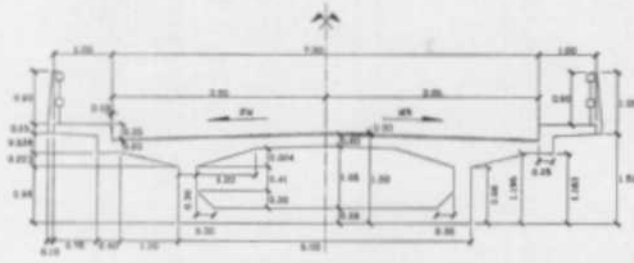
Superestructura, la superestructura consta de tres tramos continuos de sección cajón de hormigón pretensado. La sección del cajón es variable según parábola de segundo grado, las aceras laterales son de 1.00 m de ancho, bordillo de 0.25 m y barandado de protección tipo P-3 (SNC).

La Superestructura está diseñada para ser construida por el método de volados sucesivos, disponiéndose pretensado superior y pretensado de continuidad.

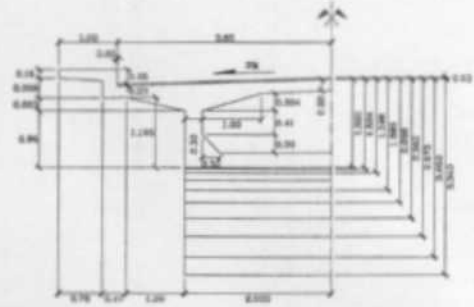
Infraestructura, Consta de dos estribos laterales y dos pilas. Los estribos son del tipo cabezal de apoyo de vigas y pilotes. Las pilas constan de un cabezal de apoyo de pilotes, fuste de pila y cabezal de apoyo de superestructura.

Se ha previsto la baja capacidad portante del suelo de fundación, transmitiendo las cargas al suelo de fundación mediante pilotes de 1.20 m de diámetro.

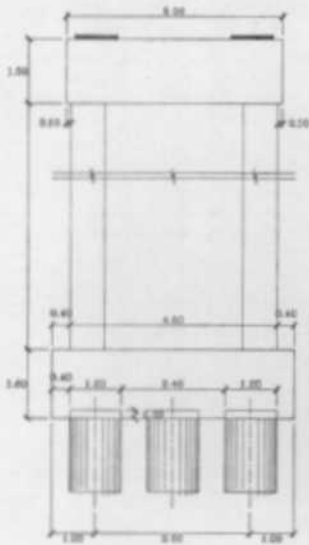




SECCION DOVELA DE CIERRE Esc.1:50

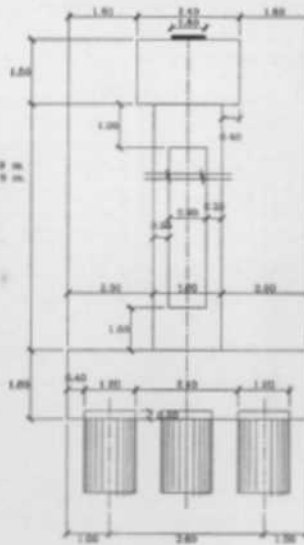


SECCION TRANSVERSAL VARIABLE Esc.1:50

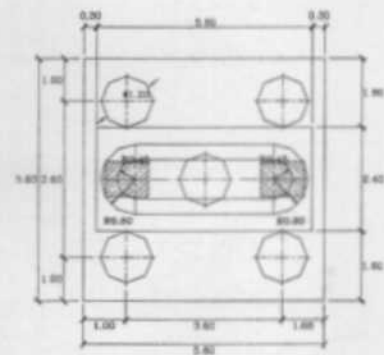


VISTA FRONTAL PILA Esc.1:75

Transferir  
Pila1 = 15.69 m.  
Pila2 = 15.9 m.



VISTA LATERAL Esc.1:75



VISTA EN PLANTA PILA Esc.1:75

#### 1.5.4 TRAMO IV (SAN RAMÓN - SAN JOAQUIN)

El tramo IV del Proyecto se inicia en la población de San Ramón Prog. 0+000 y concluye en la población de San Joaquín Prog. 33+940.

En este tramo, el eje de la carretera atraviesa dos cursos de agua importantes denominados río Guarichona y Machupo San Joaquín.

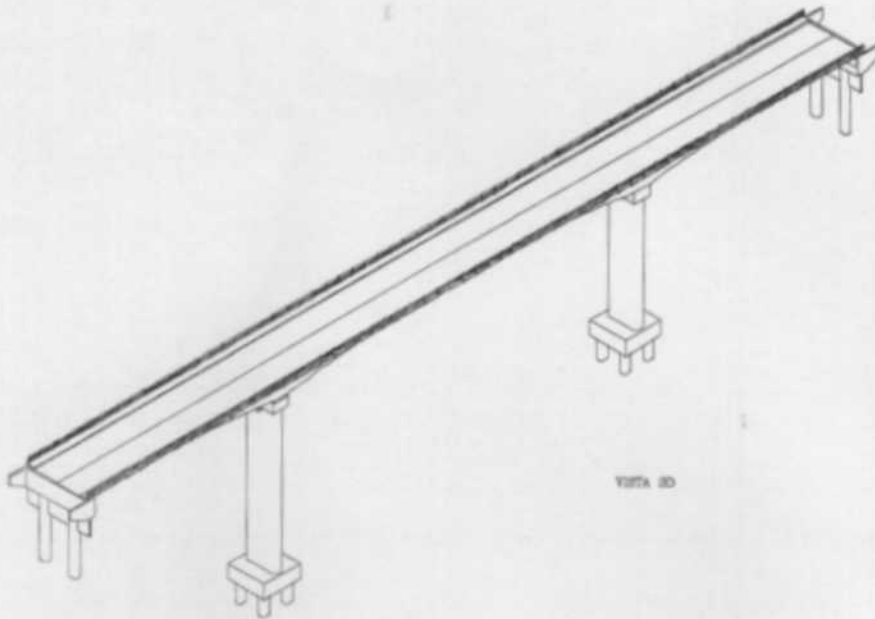
### Puente sobre el río Machupo San Joaquin

PUENTE MACHUPO SAN JOAQUIN					
Tramo	IV	Superestructura		Infraestructura	
Progresivas	30+270-30+390	longitud total :	120.00 m	neopreno comp.	4x(4.0x4.0x1.0) dm3
Cota rasante	127.51 m.s.n.m	ancho de Calzada:	7.30 m.	neopreno comp.	4x(8.0x8.0x1.0) dm3
N.A.M.E.	125.07 m.s.n.m	ancho de aceras	0.7 m.	Long. de pilotes	(4x17.00) m.
Cota pilote	110.51-85.42 m.s.n.m	barandado:	0.90 m.	Long. de pilotes	(10x18.00) m.
Cota pilote	113.03-88.92 m.s.n.m				

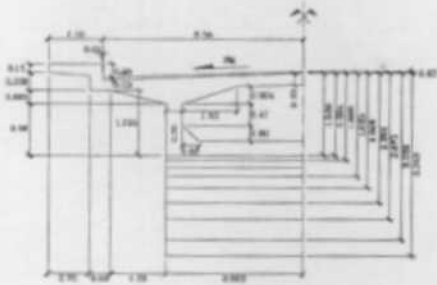
El puente proyectado sobre el río Machupo San Joaquín está ubicado entre las progresivas 30+270.00 - 30+390.00 del tramo III, tiene una longitud total de 120.00 m., al igual que el puente proyectado sobre el río Machupo San Ramón, la solución estructural adoptada en el diseño de este puente consiste en una estructura continua de tres tramos hiperestaticos que será construido por el método de volados sucesivos

Superestructura, es del tipo cajón de hormigón pretensado y de sección variable según parábola de segundo grado, variando desde 3.35 m hasta 1.50 m de altura, las aceras laterales son de 1.00 m de ancho, bordillo de 0.25 m y barandado de protección tipo P-3 (SNC). La superestructura de este puente es hiperestatico con pretensado superior e inferior.

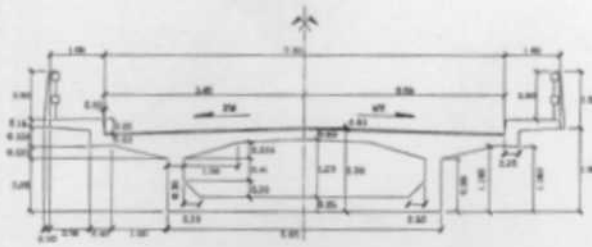
Infraestructura, compuesta de dos estribos de ingreso al puente y dos pilas, los estribos transmiten la carga al suelo de fundación mediante dos pilotes 1.20 m de diámetro y 17.00 m de longitud. Las pilas constan de cabezal de pilotes cada pila consta de 4 pilotes de 1.20 m de diámetro y 20.00 m de longitud, fuste y cabezal de apoyo de superestructura. Toda la infraestructura es diseñada en hormigón tipo A.



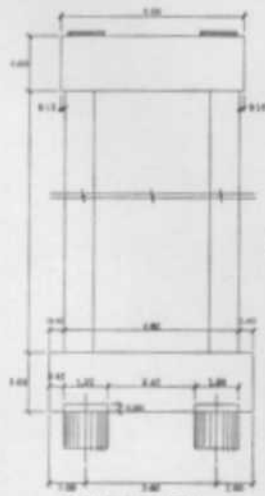
VISTA 3D



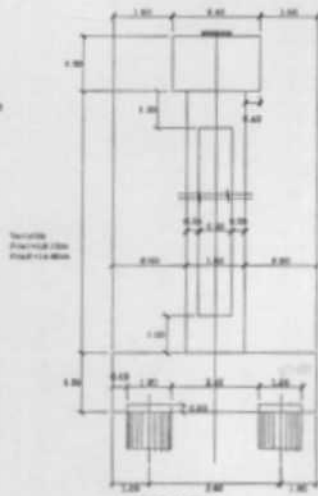
SECCION TRANSVERSAL VARIABLE



SECCION DOVELA DE CROWN



VISTA FRONTAL PILA



VISTA LATERAL



## 1.6 NORMAS DE DISEÑO.

El diseño de los puentes del Proyecto se han realizado en base a las normas AASHTO 1996 (American Asociación of State Higway and transportation Officials), y la norma ACI 1993 (American Concret Institute).

### 1.6.1 CARGAS DE DISEÑO.

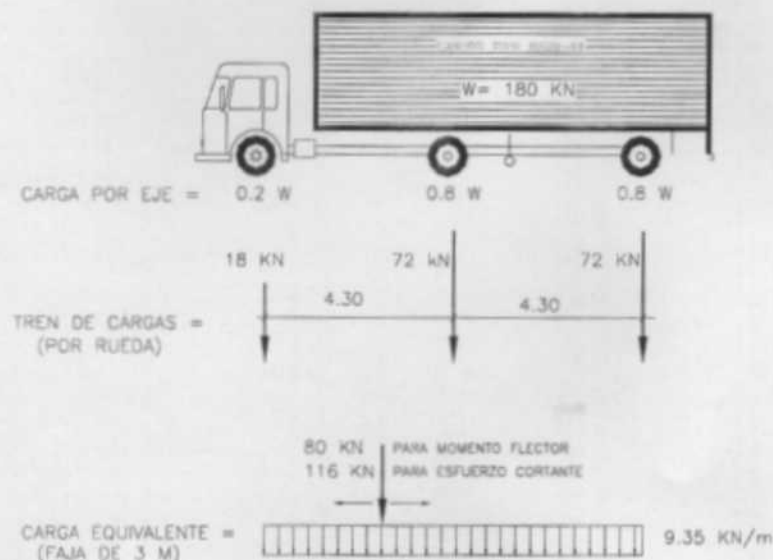
#### Peso Propio.

El peso propio está constituida por el peso de postes, aceras, bordillos, losa, capa de rodadura, vigas, diafragmas, estribos cabezales secciones cajón. En la determinación del peso propio de los elementos de hormigón armado se ha utilizado un pesos específico equivalente a 24.00 KN/m<sup>3</sup>, en el diseño de elementos de hormigón pretensado para la etapa final se ha utilizado un pesos específico del hormigón de 23.56 KN/m<sup>3</sup>.

#### Carga viva en la superestructura.

La carga viva está constituida por el camión tipo de diseño cuya permanencia en la estructura es inferior a las 24 horas.

El reglamento AASHTO en el artículo 3.7.4 establece que el diseño de puentes para carreteras interdepartamentales (red vial fundamental) que soportan tráfico de camiones pesados deben ser diseñados para una carga HS 20-44 cuyas características se muestran en la figura.



La carga HS, representa a la carga de un camión H y su acoplado S, esto quiere decir que se trata de un camión de dos ejes con un remolque de un solo eje.

Al efectuar el diseño de puentes, además de considerarse el camino tipo HS20-44 debe verificarse para la carga equivalente, constituida por una carga distribuida en la superficie, que puede ser aplicada en tramos, acompañada de una carga distribuida longitudinalmente tipo borde de cuchillo cuyo valor varía tanto para determinar el momento flector como el esfuerzo cortante.

En todos los casos incluida la carga equivalente el ancho mínimo de cada faja de tráfico para el diseño es de 3.00 m pudiendo alcanzar un máximo de 4.5 m.

### **1.7 MATERIALES DE DISEÑO.**

Los materiales considerados en el diseño de los puentes del proyecto son Hormigón simple tipo "A", hormigón pretensado tipo "P", Acero estructura corrugado grado 60, cables de acero de alta resistencia Grado 270

#### **1.7.1 HORMIGON SIMPLE TIPO A.**

El cálculo de las estructuras de hormigón armado fueron realizadas considerando una resistencia cilíndrica característica de compresión  $f_c$  a la edad de 28 días de 21 [Mpa]. La resistencia característica es la que corresponde a la probabilidad que el 95% de los resultados obtenidos en el ensayo a compresión superen a dicho valor, considerando que los resultados de los ensayos se distribuyen de acuerdo a una curva estadística normal.

#### **1.7.2 HORMIGON TIPO P.**

Las vigas de hormigón pretensado así como la sección cajón de los puentes sobre los ríos Machupo San Ramón y Machupo San Joaquín fueron diseñados considerando una resistencia cilíndrica característica de compresión a la edad de 28 días de 350 Mpa.

#### **1.7.3 ACERO DE REFUERZO GRADO 60.**

Las armaduras consideradas en el diseño de estructuras de hormigón armado corresponden al tipo ASTM A616 con límite de fluencia de 60 Ksi, equivalente a un límite de fluencia de 420 Mpa. Con diámetros nominales de 8, 10, 12, 16, 20 y 25 mm.

#### **1.7.4 ACERO DE REFUERZO GRADO 270.**

El diseño de vigas y estructura cajón de hormigón pretensado, ha sido realizado considerando aceros de alta resistencia tipo ASTM A416, grado 270 los cuales

tienen una resistencia ultima mínima de 270 Ksi (270000 Lb/pulg<sup>2</sup>), equivalente a 1860 N/mm<sup>2</sup>.

### 1.8 ESFUERZOS ADMISIBLES.

Los esfuerzos admisibles en el concreto y el acero para los elementos pretensados, inmediatamente después de la transferencia no deben exceder los siguientes valores:

**CUADRO N° 0.1 Esfuerzos admisibles del concreto durante el pretensado**

No.	Esfuerzos en el concreto	ACI	AASHTO
A	Esfuerzo en la fibra extrema a compresión	$0.6 f_{ci}$	$0.55 f_{ci}$
B	Esfuerzo en la fibra extrema a tracción Excepto por lo permitido en c	$0.8 \sqrt{f'_{ci}}$	$0.249 \sqrt{f'_{ci}}$
C	Esfuerzo en la fibra extrema a tracción en extremos de elementos simplemente apoyados	$1.6 \sqrt{f'_{ci}}$	

**CUADRO N° 0.2 Esfuerzos admisibles en el acero durante el pretensado**

No.	Esfuerzos admisibles en el acero	ACI	AASHTO
a	Esfuerzo en el acero varía entre	$0.7 f_{pu} - 0.8 f_{pu}$	

Los esfuerzos en el concreto y acero después del pretensado (etapa final) después de ocurridas todas las pérdidas de presfuerzo no debe exceder los siguientes valores:

**CUADRO N° 0.3 Esfuerzos admisibles del concreto en la etapa final**

No.	Esfuerzos en el concreto	ACI	AASHTO
a	Esfuerzo en la fibra extrema a compresión	$0.45 f_c$	$0.4 f_c$
b	Esfuerzo en la fibra extrema a tracción en la zona a tensión comprimida $t=0$	$0.6 \sqrt{f'_c}$	0
c	Esfuerzo en la fibra extrema a tracción en la zona De tensión precomprimida de los elementos $t=final$	$1.6 \sqrt{f'_c}$	

**CUADRO N° 0.4 Esfuerzos admisibles en el acero en la etapa final**

No.	Esfuerzos admisibles en el acero	ACI	AASHTO
-----	----------------------------------	-----	--------

a	Esfuerzo en el acero varía entre	0.74pu-	0.8fpu
---	----------------------------------	---------	--------

## 1.9 ANÁLISIS HIDRAULICO

En virtud de los niveles de inundación registrados en el periodo de lluvias 2013 - 2014 en el departamento del Beni, se ve por conveniente elevar la cota de la rasante de los puentes en relación al proyecto original en 3,20 m para poder cubrir los requerimientos de área hidráulica en la zona del emplazamiento de los puentes.

## 1.10 ACTUALIZACIÓN Y VALIDACIÓN AL PROYECTO

Como resultado de la elevación de la rasante de los puentes en 3,20 m se han calculado los incrementos de las cantidades de obra en los ítems de:

- Terraplén compactado
- Transporte de agregados Trit. Clasific.
- Transporte de arena clasificada
- Hormigón tipo "A"
- Acero de refuerzo de alta resistencia

En los puentes del tramo, ejecutadas en base al diseño original, se ha constatado en el punto más alto de la inundación 10 cm de agua por encima de la cota de la rasante, por lo que se ha incrementado la altura según el siguiente detalle:

- Agua sobre la losa = 0.10 m
- Altura de vigas (dovelas según el diseño) y losa = 2.10 m
- Revancha sobre el N.A.M.E. = 1.00 m
- Total a elevar = 3.20 m

Para la actualización del presupuesto de obra, se elaboraron los análisis de los precios unitarios en planillas de cálculo de acuerdo al proyecto original para luego actualizar los precios elementales de materiales, mano de obra, maquinaria, equipo, incidencias, impuestos.

## 1.11 PRESUPUESTO DE OBRA

Para la construcción de los puentes Ipurupuru, Machupo I (San Joaquin) y Machupo II (San Ramón) se tienen los siguientes presupuestos:

**PUENTE IPURUPURU (91.90 m)**



1. PUENTE IPURUPURU						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
1	LIMPIEZA DE PAMPA	HA	1,00	2.211,84	2.211,84	
2	LIMPIEZA, DESBROCE, DESTRONQUE	HA	1,00	4.372,57	4.372,57	
3	INSTALACION DE FAENAS	GLB	1,00	12.662,57	12.662,57	
4	REPLANTIO Y TRAZADO	GLB	1,00	6.982,82	6.982,82	
5	TERRAPLEN COMPACTADO	M3	19.008,00	45,36	862.274,35	
6	TRANSPORTE DE AGREGADOS TRIT. CLASIFIC.	M3K	251.117,34	2,64	662.666,01	
7	TRANSPORTE DE ARENA CLASIFICADA	M3K	142.198,97	2,82	401.607,88	
8	HORMIGÓN TIPO "B" PARA DOVELAS	M3	0,00	6.127,53	0,00	
9	HORMIGON TIPO "A"	M3	931,15	4.316,74	4.019.532,11	
10	ACERO DE REFUERZO DE ALTA RESISTENCIA	KG	88.402,97	23,67	2.092.855,45	
11	ACERO PARA PRETENSADO	KG	0,00	53,08	0,00	
12	CONOS DE ANCLAJE	PZA	0,00	4.954,33	0,00	
13	VAINAS PARA CABLES	ML	0,00	150,65	0,00	
14	PROTECCIÓN DE TALLUD CON GAVIONES COLCHONETA E=0.1	M2	0,00	1.295,67	0,00	
15	VIGA PRETENSADA L=25 M	GLB	6,00	203.090,85	1.218.545,12	
16	VIGA PRETENSADA L=40 M	GLB	3,00	356.196,26	1.068.588,77	
17	APOYOS DE NEOPRENO COMPUESTO	DM3	115,20	736,09	84.797,93	
18	JUNTAS DE DILATACION DE ACERO-GOMA	ML	29,20	982,65	28.693,43	
19	TUBO DE PVC 4" (PARA DRENAJE)	ML	31,00	82,05	2.543,43	
20	BARANDADO DE PUENTES	ML	183,60	652,69	119.833,83	
21	EXCAVACION ESTRUCTURAL	M3	347,44	86,20	29.949,95	
22	RELLENO Y COMPACTADO ESTRUCTURAL	M3	138,98	28,57	3.970,03	
23	EXCAVACION PARA PILOTES	ML	200,00	5.335,44	1.067.088,75	
24	MURO SISTEMA TIERRA ARMADA (H= 6M)	ML	150,00	2.930,92	439.637,46	
25	MANTA ANTISOCACION (L=12 ML)	ML	200,00	1.295,67	259.134,28	
26	DEFENSA METALICA TIPO "FLEX BEAM"	ML	80,00	893,04	71.603,08	
27	POSTES PARA SEÑALES	PZA	2,00	497,00	994,01	
SUBTOTAL PUENTE IPURUPURU						12.460.635,67

**PUENTE MACHUPO I (SAN JOAQUIN) (120.00 m)**

2. PUENTE MACHUPO I						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
28	LIMPIEZA DE PAMPA	HA	1,00	2.211,84	2.211,84	
29	LIMPIEZA, DESBROCE, DESTRONQUE	HA	1,00	4.372,57	4.372,57	
30	INSTALACION DE PAENAS	GLB	1,00	12.662,57	12.662,57	
31	REPLANTEO Y TRAZADO	GLB	1,00	6.982,82	6.982,82	
32	TERRAPLEN COMPACTADO	M3	24.288,00	45,36	1.101.795,00	
33	TRANSPORTE DE AGREGADOS TRIT. CLASIFIC.	M3K	140.785,64	2,64	371.515,00	
34	TRANSPORTE DE ARENA CLASIFICADA	M3K	79.721,99	2,82	225.206,65	
35	HORMIGÓN TIPO "P" PARA DÓVELAS	M3	628,33	6.127,53	3.850.112,14	
36	HORMIGON TIPO "A"	M3	888,85	4.316,74	3.836.951,79	
37	ACERO DE REFUERZO DE ALTA RESISTENCIA	KG	126.665,70	23,67	2.998.688,93	
38	ACERO PARA PRETENSADO	KG	27.920,00	53,08	1.482.009,24	
39	CONOS DE ANCLAJE	PZA	188,00	4.954,33	931.414,09	
40	VAINAS PARA CABLES	ML	2.820,00	150,65	424.832,58	
41	PROTECCIÓN DE TALUD CON GAVIONES COLCHONETA E=0.1	M2	380,00	1.295,67	492.355,13	
42	VIGA PRETENSADA L=25 M	GLB	0,00	203.090,85	0,00	
43	VIGA PRETENSADA L=40 M	GLB	0,00	356.196,26	0,00	
44	APOYOS DE NEOPRENO COMPUESTO	DM3	384,00	736,09	282.659,77	
45	JUNTAS DE DILATAACION DE ACERO/GOMA	ML	14,60	982,65	14.346,72	
46	TUBO DE PVC 4" (PARA DRENAJE)	ML	40,00	82,05	3.281,84	
47	BARANDADO DE PUENTES	ML	240,00	652,69	156.645,53	
48	EXCAVACION ESTRUCTURAL	M3	263,40	86,20	22.705,29	
49	RELLENO Y COMPACTADO ESTRUCTURAL	M3	530,24	28,57	15.146,80	
50	EXCAVACION PARA PILOTES	ML	248,00	5.335,44	1.323.190,05	
51	MURO SISTEMA TIERRA ARMADA (H= 6M)	ML	150,00	2.930,92	439.637,46	
52	MANTA ANTISOCACION (L=12 ML)	ML	200,00	1.295,67	259.134,28	
53	DEFENSA METALICA TIPO "FLEX BEAM"	ML	80,00	895,04	71.603,08	
54	POSTES PARA SEÑALES	PZA	2,00	497,00	994,01	
SUBTOTAL PUENTE MACHUPO I						18.330.455,18

**PUENTE MACHUPO II (SAN RAMÓN) (120.00 m)**

3. PUENTE MACHUPO II						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
55	LIMPIEZA DE PAMPA	HA	1,00	2.211,84	2.211,84	
56	LIMPIEZA, DESBROCE, DESTRONQUE	HA	1,00	4.372,57	4.372,57	
57	INSTALACION DE FAENAS	GLB	1,00	12.662,57	12.662,57	
58	REPLANTEO Y TRAZADO	GLB	1,00	6.982,82	6.982,82	
59	TERRAPLEN COMPACTADO	M3	24.288,00	45,36	1.101.795,00	
60	TRANSPORTE DE AGREGADOS TRIT. CLASIFIC.	M3K	89.837,25	2,64	237.068,82	
61	TRANSPORTE DE ARENA CLASIFICADA	M3K	50.871,70	2,82	143.707,45	
62	HORMIGÓN TIPO "P" PARA DOVELAS	M3	628,33	6.127,53	3.850.112,14	
63	HORMIGÓN TIPO "A"	M3	885,48	4.316,74	3.822.398,05	
64	ACERO DE REFUERZO DE ALTA RESISTENCIA	KG	127.559,06	23,67	3.019.838,37	
65	ACERO PARA PRETENSADO	KG	27.920,00	53,08	1.482.009,24	
66	CONOS DE ANCLAJE	PZA	188,00	4.954,33	931.414,09	
67	VAINAS PARA CABLES	ML	2.820,00	150,65	424.832,58	
68	PROTECCIÓN DE TALUD CON GAVIONES COLCHONETA E=0.1	M2	380,00	1.295,67	492.355,13	
69	VIGA PRETENSADA L=25 M	GLB	0,00	203.080,85	0,00	
70	VIGA PRETENSADA L=40 M	GLB	0,00	356.196,26	0,00	
71	APOYOS DE NEOPRENO COMPUESTO	DM3	384,00	736,09	282.659,77	
72	JUNTAS DE DILATACION DE ACERO-GOMA	ML	14,60	982,65	14.346,72	
73	TUBO DE PVC 4" (PARA DRENAJE)	ML	48,00	82,05	3.940,44	
74	BARANDADO DE PUENTES	ML	240,00	652,69	156.645,53	
75	EXCAVACION ESTRUCTURAL	M3	263,40	86,20	22.705,20	
76	RELLENO Y COMPACTADO ESTRUCTURAL	M3	530,24	28,57	15.146,80	
77	EXCAVACION PARA PILOTES	ML	228,00	5.335,44	1.216.481,18	
78	MURO SISTEMA TIERRA ARMADA (H=6M)	ML	150,00	2.930,92	439.637,46	
79	MANTA ANTISOCACION (L=12 ML)	ML	209,00	1.295,67	259.134,24	
80	DEFENSA METALICA TIPO "FLEX BEAM"	ML	80,00	895,04	71.603,28	
81	POSTES PARA SEÑALES	PZA	2,00	497,00	994,01	
SUBTOTAL PUENTE MACHUPO II						18.014.396,63

En resumen se tienen los siguientes costos:

N°	DESCRIPCIÓN	UND.	LONGITUD M	COSTO UNITARIO Bs	COSTO Bs/m	COSTO \$us/m
1.	PUENTE IPURUPURU	M	91,90	12.460.635,67	135.589,07	19.679,11
2.	PUENTE MACHUPO I	M	120,00	18.330.455,18	152.753,79	22.170,36
3.	PUENTE MACHUPO II	M	120,00	18.014.396,63	150.119,97	21.788,09
TOTALES =			331,90	48.805.487,48	147.048,77	21.342,35

Tomando en consideración imprevistos y supervisión técnica se tiene:

N°	DESCRIPCIÓN	INCIDENCIA %	COSTO OBRAS	COSTO IMPREVISTOS	COSTO PARCIAL
1.	IMPREVISTOS	10,00%	48.805.487,48	4.880.548,75	
2.	SUPERVISION	5,00%	48.805.487,48	2.440.274,37	
TOTALES =			48.805.487,48	7.320.823,12	56.126.310,60

Por lo tanto el presupuesto general para la construcción de los tres puentes Ipurupuru, Machupo I (San Joaquín) y Machupo II (San Ramón) es de Bs.56.126.310,60 (Cincuenta y Seis Millones Ciento Veinte Seis Mil Trescientos Diez 60/100 Bolivianos) y un plazo de ejecución de 24 meses calendario.

Adjunto al presente Proyecto se remite la siguiente documentación:

- Datos Generales
- Cómputos Métricos

- Costos Elementales
- Análisis de Precios Unitarios
- Presupuesto General
- Cronograma Físico y Financiero
- Cronograma de Barras
- Equipo Mínimo
- Formularios del Sistema de Gerencia de Proyectos (SGP)
- Especificaciones Técnicas
- Planos Constructivos y Estructurales
- Términos de Referencia

### **1.12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Las estructuras adoptadas y diseñadas son técnica y económicamente factibles de ejecutar.

El estudio de suelo realizado en el proyecto "Diseño final e impacto ambiental del tramo carretero Trinidad - Puerto Ustarez" en cada uno de los lugares de emplazamiento establece baja capacidad portante del suelo de fundación de manera que es imprescindible que la transmisión de las cargas al suelo se realice mediante fundaciones profundas tipo pilotes.

Las longitudes de cada uno de los puentes así como las cotas de emplazamiento, han sido incrementadas con la finalidad de considerar el comportamiento hidráulico ocurrido en el periodo de lluvias 2013 - 2014.

Los puentes y estructuras diseñadas deben ser ejecutados en el marco de las especificaciones técnicas establecidas para cada componente estructural.

### **1.13 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

- AASHTO 1996, (American Association Of State Highway and Transportation Officials)
- ACI 1993, (American Concrete Institute)
- Diseño de estructuras de concreto presforzado, (Arthur H. Nilson)
- ACI 1993, (American Concrete Institute)
- PCI, (Manual of Design of Precast Prestressed Concrete).