



## 1. RESUMEN EJECUTIVO



La integración vial del Departamento del Beni, tanto interna como con los demás departamentos de la geografía Boliviana se ve severamente afectada durante la época de lluvias debido a interrupciones por inundación que se producen en la región durante CADA época de lluvias y genera al año la discontinuidad en la comunicación por carretera en varios tramos durante al menos tres meses en cada gestión.

La necesidad de un tratamiento integral a la vinculación caminera del Departamento del Beni establece la demanda de una intervención en las rutas de la Red Vial Fundamental en las principales vías de comunicación del Departamento para lograr una comunicación vial interna é interdepartamental permanente durante los 365 días de cada año.

Con la finalidad de contar con un proyecto a diseño final actualizado y validado para su ejecución, se requiere la evaluación del Diseño Final, que licitado el año 2001 fue desarrollado y presentado en junio de 2006 por la consultora P.C.A. Ingenieros Consultores S.A. El tramo objeto de actualización: YUCUMO-SAN BORJA de 53 km forma parte ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA, IMPACTO AMBIENTAL Y DISEÑO FINAL DE LA CARRETERA RURRENABAQUE – YUCUMO – SAN BORJA Y DE LA ACTUALIZACIÓN DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA, IMPACTO AMBIENTAL Y REVISIÓN FINAL DE LA CARRETERA SAN BORJA – PUERTO GANADERO.

La Administradora Boliviana de Carreteras ha decidido dar continuidad al proceso de Construcción del tramo vial Yucumo-San Borja-San Ignacio de Moxos, el mismo que forma parte de la Red Vial Fundamental, siendo un segmento de la ruta F-3, para lo cual ha solicitado sea evaluado el diseño final existente y actualizado a las condiciones presentes.

Este resumen ejecutivo corresponde al cumplimiento de lo solicitado por ABC luego de realizado el trabajo de evaluación y actualización de los ítems más importantes del diseño final del año 2006, para el tramo YUCUMO-SAN BORJA. CONNAL srl ha actualizado el diseño para el tramo Yucumo-San Borja, con anteproyecto para las circunvalaciones Norte de Yucumo y Norte de San Borja.

El presupuesto final se ha consolidado considerando cantidades para el tramo principal YUCUMO-SAN BORJA y la Circunvalación NORTE DE YUCUMO.

## 1.1. ANTECEDENTES

El tramo Yucumo-San Borja-San Ignacio de Moxos, forma parte de la ruta RF-3 de la Red Vial Fundamental según lo establecido por el DS. 25134.

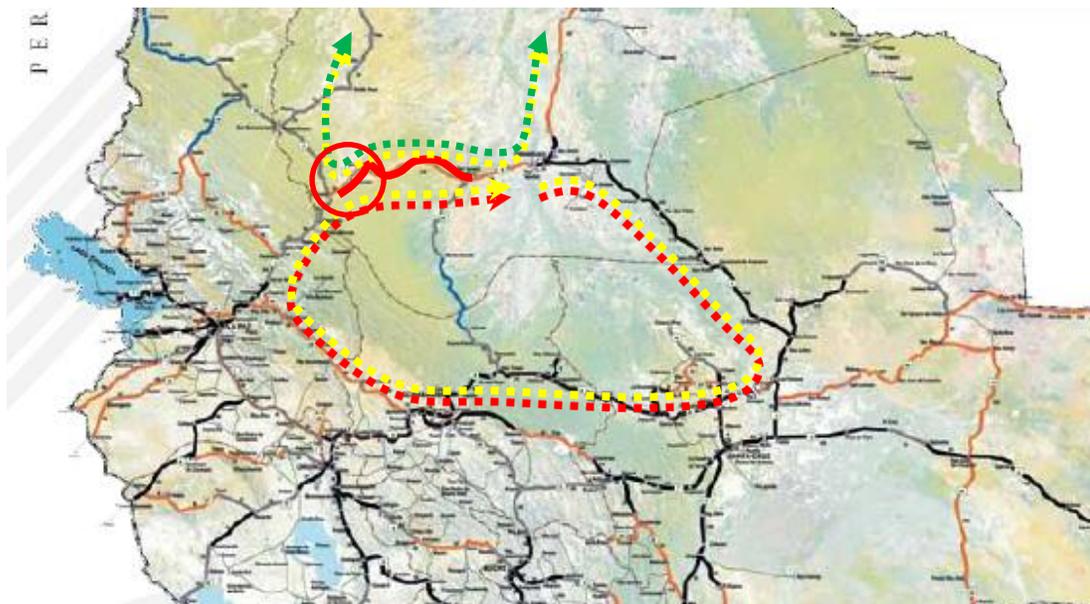
En el entorno de este segmento vial, como parte del plan integral de construcción de carreteras en el departamento del Beni, se encuentran en ejecución los siguientes proyectos de construcción:

- Estudio El y TESA para la Construcción del Puente sobre el Rio Mamoré y sus Accesos,
- Construcción del Tramo San Ignacio - Fátima
- Construcción del Tramo Fátima - Puerto Ganadero.

Adicionalmente en la ruta RF-3 se cuenta con los siguientes proyectos de construcción:

- Construcción del Tramo Quiquibey - Yucumo
- Construcción del Tramo Caranavi - Santa Barbara - Quiquibey

En este contexto, el tramo Yucumo – San Borja (demarcado en un círculo rojo) y la circunvalación Norte de Yucumo es el tramo que requiere ser ejecutado para permitir la habilitación del anillo vial de integración del departamento del Beni con el resto del país (*trazo en línea punteada amarilla con sombra roja*), también como parte de la ruta N° 9 deberá ser evaluado el tramo San Borja-San Ignacio de Moxos.



En círculo rojo el tramo YUCUMO – SAN BORJA diseñado en 53 km. Obsérvese que el tramo Yucumo – San Borja es el paso principal de comunicación entre la parte oriental y occidental del departamento del Beni.

Asimismo se puede apreciar con trazo verde punteado la articulación vial interna del departamento del Beni que vinculará el extremo Nor-Oeste del departamento con el extremo Nor-Este en Puerto Ustarez mediante la conexión Yucumo-Trinidad.

## 1.2. DESCRIPCION GENERAL DEL DOCUMENTO

El concepto de la **evaluación y actualización del Diseño Final existente, PCA 2006**, en su esencia establece que el Diseño Final sea evaluado según las condiciones actuales de la zona del proyecto actualizando la ingeniería con base en la información del diseño final con datos primarios obtenidos por CONSULTORA NACIONAL en Junio y Julio de 2014.

Tal información complementaria corresponde a levantamiento topográfico de secciones transversales cada 200 m a lo largo de toda la ruta, así como la nivelación del eje de la totalidad del tramo cada 20 m para considerar el volumen de la plataforma mejorada al año 2014, también se hizo 20 sondeos en sitios seleccionados al azar para estudiar la calidad de los materiales que conforman el terraplén existente.

Importante factor a considerar, es el relativo a la hidrología regional y las inundaciones acontecidas en la época de lluvias de 2014 que establecen un importante hito en lo que hace a la forma de concebir el estudio y construcción de las carreteras en el Departamento del Beni.

En todo caso la evaluación ha sido realizada actualizando la ingeniería con base en los principios que pre-determina la categoría de la ruta, y los requerimientos que debe cumplir siendo un tramo de la Red Vial Fundamental del Estado Plurinacional de Bolivia.

Esta versión, agosto 2014, contiene las mejoras y sugerencias emitidas por Administradora Boliviana de Carreteras.

### 1.2.1. Objeto del Resumen Ejecutivo

Este CAPÍTULO 1, tiene la finalidad de mostrar de manera sucinta y objetiva aspectos relevantes que determinaron la toma de decisiones a tiempo de realizar la EVALUACIÓN Y ACTUALIZACIÓN del DISEÑO FINAL.

De igual forma, este documento muestra las características relevantes definidas, las mismas que establecen algunos cambios en EL DISEÑO FINAL existente, características modificadas según los requerimientos identificados por el marco de referencia según las propiedades necesarias para una carretera de la Red Vial Fundamental.

También se muestra el presupuesto actualizado considerando costos de mano de obra, insumos, materiales, costo horario de equipo, calculados a valor presente para plantear un costo de la obra lo más certero posible para las condiciones actuales.

El presupuesto ha sido calculado para el tramo principal Yucumo-San Borja de km 0+750 a km 53+000, la Circunvalación Yucumo Norte y la Circunvalación San Borja Norte en calidad de alternativa únicamente.

En todo caso el presupuesto está consolidado para la el Tramo Principal Yucumo-San Borja incluida la Circunvalación Norte de Yucumo.

### 1.2.2. Documentos de referencia

Además de manuales y normas estándar aplicadas en un estudio de ingeniería de carreteras, y de aquellos documentos legales definidos por el marco de referencia conceptual Consultora Nacional, ha consultado los siguientes documentos:

- Del **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA, IMPACTO AMBIENTAL Y DISEÑO FINAL DE LA CARRETERA: RURRENABAQUE – YUCUMO – SAN BORJA ACTUALIZACIÓN DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA, IMPACTO AMBIENTAL Y REVISIÓN DEL DISEÑO FINAL DE LA CARRETERA: SAN BORJA – PUERTO GANADERO, DISEÑO FINAL DEL TRAMO YUCUMO-SAN BORJA:**
  - Memoria Técnica, 19 volúmenes con la memoria de estudios y diseños de Ingeniería
  - Planos: Planta – Perfil, Secciones transversales – Planos de Ingeniería – Planos de estructura menores
  - Especificaciones: Administrativas – Generales – Especiales – Ambientales – De Servicios de Campo para el Ingeniero - Operacionale
- Alcance de trabajo solicita por ABC para la **“EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE INGENIERÍA DEL TRAMO YUCUMO-SAN BORJA-SAN IGNACIO DE MOXOS Y ACTUALIZACIÓN A LAS CONDICIONES ACTUALES”**, emitido carta ABC/GNT/2014 – 0130.
- Planos AS BUILT: Trabajos de mantenimiento rutinario del tramo Yucumo – San Borja.
- Marco de Referencia, la Normativa Aplicada, los Manuales de Diseño, la aplicación de la Legislación vigente en temas técnicos y Socio Ambientales, los parámetros de diseño exigidos para la Categoría de la carretera, y la información de campo obtenida en la fase de estudios básicos, configuran la Readecuación y Complementación del Diseño Final.

### 1.2.3. Estudios de evaluación y actualización

La **EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE INGENIERÍA DEL TRAMO YUCUMO-SAN BORJA y ACTUALIZACIÓN PARA SU APLICACIÓN A LAS CONDICIONES PRESENTES DEL TRAMO**, fue realizada con base en el diseño final PCA 2006 y con información topográfica (nivelación de eje y borde en todo el tramo y secciones Transversales cada 200m año 2014) más verificación de la calidad de la plataforma, y una evaluación de la hidrología regional considerando el evento extraordinario del año 2014, asumiendo correctos elementos menos relevantes.

La actualización fue registrada en volúmenes que se detallan a continuación:

#### Tomó I

- |                       |            |
|-----------------------|------------|
| • Resumen Ejecutivo   | Capítulo 1 |
| • Marco de Referencia | Capítulo 2 |

#### Tomó II – MEMORIA DESCRIPTIVA

- |   |            |
|---|------------|
| • Evaluación del diseño geométrico      | Capítulo 3 |
| • Movimientos de Tierra                 | Capítulo 4 |
| • Geología –Bancos de préstamo y riesgo | Capítulo 7 |
| • Evaluación del diseño de Pavimento    | Capítulo 9 |

## Tomo III – MEMORIA DESCRIPTIVA

- Evaluación y Actualización del Estudio Hidrológico                      Capítulo 5
- Evaluación y Actualización de Hidráulica y Drenaje                      Capítulo 6

## Tomo IV – MEMORIA DESCRIPTIVA

- Estudio de Tráfico    Capítulo 8
- Estudio de Factibilidad    Capítulo 10

## Tomo V – MEMORIA DESCRIPTIVA

- Cálculo de Precios unitarios actualizados                                      Capítulo 11
- Cómputos y Presupuesto    Capítulo 12
- Especificaciones    Capítulo 13

**1.2.4. Planos**

## Tomo VI – PLANOS

- Planos de ingeniería    Información General  
Secciones tipo  
Bancos de préstamo y Canteras  
Planos Geotécnicos y de suelos
- Planos Obras de drenaje menor    Planillas resumen  
Planos elaborados por CONNAL  
Planos de PCA Validados por CONNAL
- Planos de Diseño Geométrico    Planta – Perfil  
Secciones Transversales  
Circunvalación Norte Yucumo  
Circunvalación Norte San Borja  
Dispositivos Viales

A continuación el resumen ejecutivo del estudio realizado por Consultora Nacional para la evaluación y actualización de la ingeniería del tramo Yucumo – San Borja.

### 1.3. MARCO DE REFERENCIA

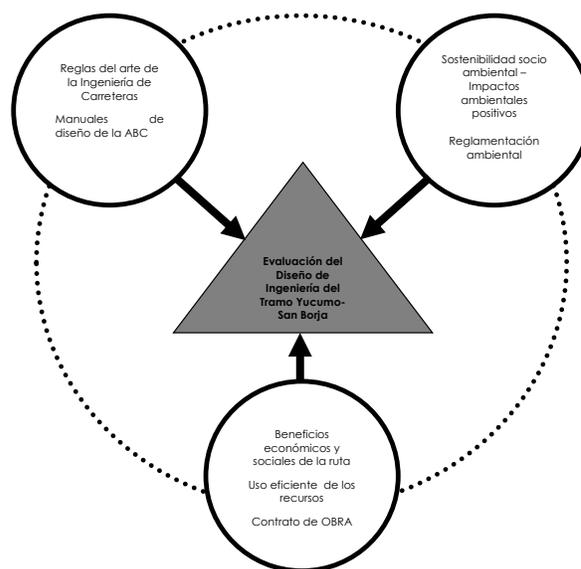
El Marco de Referencia presenta los principios sobre los cuales ha sido hecha la evaluación-actualización.

Se describe el marco legal a partir de la Red Vial Fundamental, considerando los requisitos legales a cumplir en medio ambiente.

En lo técnico se describe lo relativo a los requisitos técnicos establecidos por la ABC actualizados según los manuales de diseño editados el año 2008 aplicados al diseño de rutas de la red Vial Fundamental.

Otro pilar del Marco de Referencia es el relativo a la Legislación ambiental y al cumplimiento de sus reglamentos para el diseño y construcción de carreteras.

Se describen también los principios técnicos aplicados en cada disciplina de ingeniería, así como los recursos técnicos a ser aplicados incluyendo el listado de software a ser utilizado para la evaluación y actualización de la Ingeniería del tramo.



### 1.4. ESTUDIOS BÁSICOS: TOPOGRAFÍA

Consultora Nacional realizó mediciones topográficas, según el detalle:

- Nivelación de EJE y BORDES de la plataforma en TODO el tramo
- Perfil longitudinal del eje
- Secciones transversales cada 200 m

Esta información fue completada con la información proporcionada por ABC, a saber:

- Planos del Diseño Geométrico en formato digital, DWG, Autocad. Planos de Planta-Perfil y de Secciones Transversales, versión PCA-2006
- Topografía del tramo procesada en Autocad, con curvas de nivel representadas por poli líneas. Información del levantamiento realizado el año 2006.
- Planos As Built de planta y perfil correspondientes a los trabajos de mantenimiento realizados, más secciones transversales, todo en autocad formato digital, DWG.

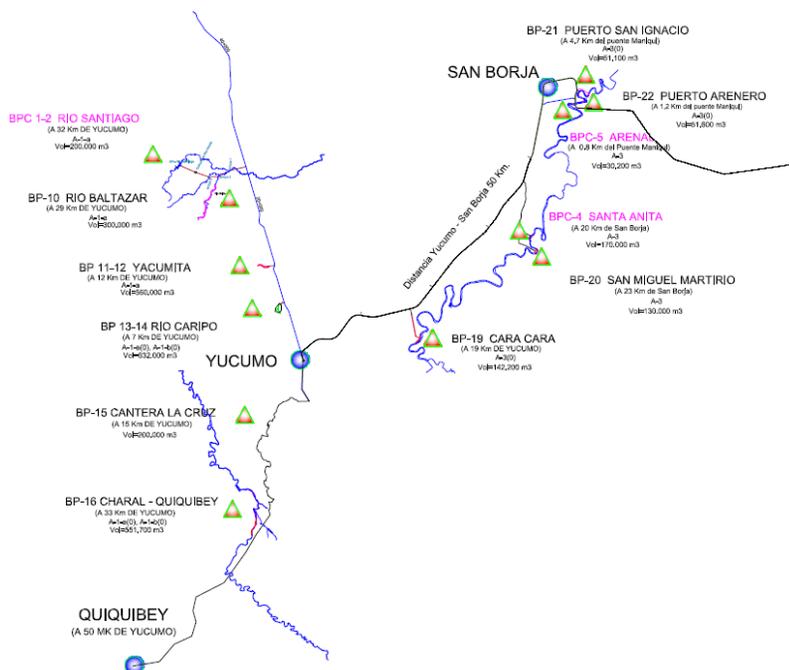
Con relación a la información disponible se ha considerado las siguientes premisas:

- Fue adoptada in-extenso la información topográfica provista por ABC.
- Con las poli líneas tridimensionales, CONNAL.SRL realizó el MODELO DIGITAL del terreno, recreando la topografía de la zona de trabajo, fusionando con la información obtenida en julio de 2014.

### 1.5. ESTUDIOS BÁSICOS: GEOLOGÍA

El estudio GEOLÓGICO realizado considera como punto de partida la revisión bibliográfica, informes, mapas geológicos del tramo de estudio, complementado con una prospección en el área de trabajo. Se describe de manera resumida las actividades:

- Bancos y canteras. El estudio de bancos y canteras fue realizado con base en las fuentes identificadas en el estudio de PCA y otras de conocimiento propio de CONNAL de trabajos que realiza en la zona y de consultorías anteriores. No fueron tomadas muestras y todos los datos técnicos de suelos y canteras corresponden a información secundaria disponible. Complementariamente personal especializado de Connal realizó las exploraciones en sitio de los cuales fueron obtenidas conclusiones adicionales que definir la pertinencia de explotación de cada sitio investigado así como el destino de los materiales sea para terraplenes, capas del pavimento ó para concreto asfáltico y/u hormigones. EL cuadro muestra los bancos y canteras considerados para aplicación en la construcción de la carretera.



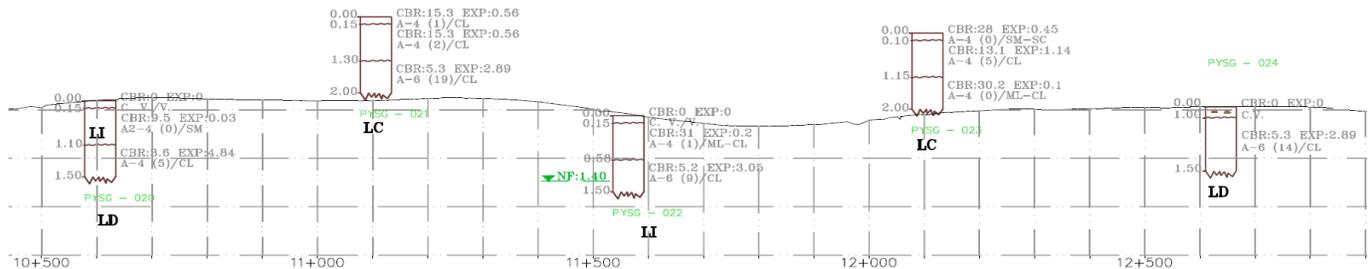
TRAMO	BANCO DE PRESTAMO	SIMBOL OGIA	Clasificación AASHTO	DISTANCIA (km)	Posible USO	VOLUMEN ESTIMADO (PCA) m3	VOLUMEN ESTIMADO (CONNAL) m3
YUCUMO - RURRENABAQUE	Río Caripo (lecho)	BP-13	A-1-a(0)	A 7 Km de Y	sub rasante - sub base	32,000	
	Río Caripo (Terraza)	BP-14	A-1-b(0)	A 7 Km de Y	sub rasante -sub base	600,000	
	Río Yacumita (Lecho)	BP-11	A-1-a(0)	A 12 Km de Y	sub base y capa base	156,000	560,000
	Río Yacumita (Terraza)	BP-12	A-1-a(0)	A 12 Km de Y	sub base	100,000	
	Río Baltazar (Lecho)	BP-10	A-1-a(0)	A 29 Km de Y	sub base	300,000	
	Río Santiago (Lecho)	BPC-1	A-1-a(0)	A 32 Km de Y	sub base y capa base		50,000
	Río Santiago (Terraza)	BPC-2	A-1-a(0)	A 32 Km de Y	sub base y capa base		150,000
	Puerto Piedra	BPC-3	A-1-a(0)	A 114 Km de Y	sub base y capa base		165,000
YUCUMO- QUIQUIBEY	Cantera La Cruz	BP-15	A-1-a(0)	A 15 Km de Y	sub base	200,000	
	Río Quiquibey (Lecho)	BP-16	A-1-a(0)	A 33 Km de Y	capa base, hormigones	489,780	267,000
	Río Quiquibey (Terraza)	BP-16A	A-1-b(0)	A 33 Km de Y	tratamiento y carpeta asfáltica	61,920	
YUCUMO-SAN BORJA	Cara Cara	BP-19	A-3(0)	A 19 Km de Y	Terraplén	142,190	
	Santa Anita	BPC-4	A-3(0)	A 20 Km de SB			170,000
	San Miguel Martirio	BP-20	A-3(0)	A 23 Km de SB			130,020
SAN BORJA - SAN IGNACIO	Puerto San Ignacio	BP-21	A-3(0)	A 4,7 Km de PM	Terraplén	51,100	
	Puerto Arenero	BP-22	A-3(0)	A 1,2 Km de PM			51,600
	Arenal	BPC-5	A-3(0)	A 0,8 Km de PM			30,200
	Río Cuberene	BP-30	A-4(0)	A 21,0 Km de SI			7,860
	Río Apere aguas arriba	BP-31	A-2-4	A 14,6 Km de SI			7,720
	Río Apere aguas abajo	BP-32	A-2-4 y A-3	A 14,6 Km de SI			34,270
	Viborilla y vibora	BPC-6	A-3(0)	A 7 Km de SI		120,000	

Simbolos: Y=Yucumo, SB=San Borja, PM=Puerto Maniqui y SI=San Ignacio.

El gráfico detalla la ubicación en planta de los bancos respecto a la vía.

## 1.6. ESTUDIOS BÁSICOS: GEOTECNIA

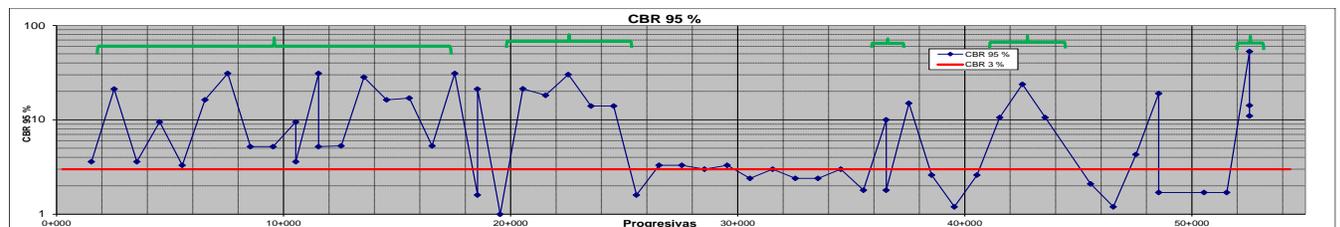
La evaluación del estudio GEOTÉCNICO, complementario al Geológico, fue realizado estudiando información secundaria correspondiente al diseño final proporcionado por ABC y que se describe en el numeral 1.2.2 de este documento.



El gráfico muestra parte de un plano procesado por CONNAL en el que se detallan los pozos de sondeos realizados durante el estudio de 2006. En el plano se consignan datos como la profundidad de excavación de pozos, estratificación, clasificación de suelos por estrato y datos de CBR y expansión para cada caso.

La nomenclatura indica que los pozos dibujados sobre el perfil longitudinal corresponden a pozos excavados sobre plataforma existente, en tanto que los dibujos debajo del perfil corresponden a pozos excavados en suelo natural. Con la evaluación ha sido posible:

- Clasificar los suelos de los terraplenes existentes a lo largo de la vía y estudiar la capacidad de soporte de los mismos, para determinar su permanencia ó remoción.
- Determinar las características y parámetros de los suelos naturales ubicados al lado del camino en el entorno del Derecho de Vía para determinar la posibilidad de su utilización para los trabajos de ensanche y/o mejoramiento del trazado existente.

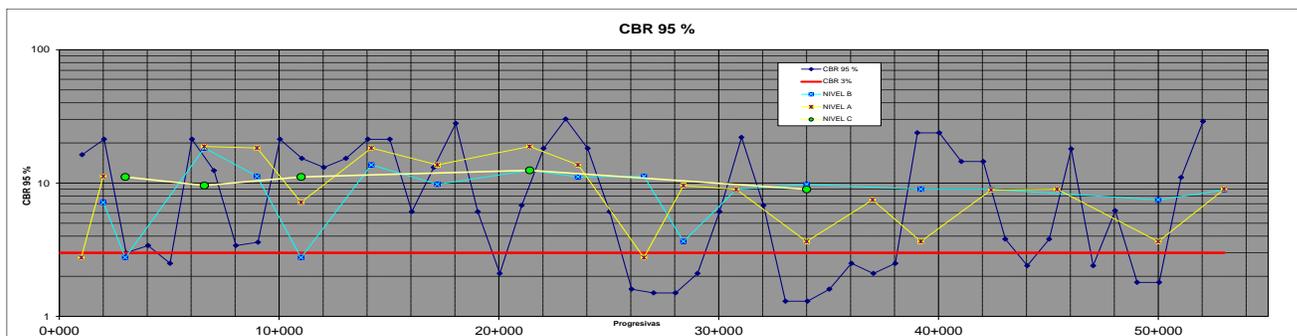


El gráfico muestra los datos de CBR al 95% de compactación para suelos del terreno natural, los corchetes verdes señalan los sitios con material apto para préstamo lateral.

- **Estudio de préstamos laterales**, el gráfico permite apreciar que la mayor parte del tramo cuenta con suelos aptos para terraplén con valores de CBR mayores a 3%. Se identifican también los tramos con suelos con calidad inferior entre km18 y km20 y de km 25 a km 26 con suelos con CBR muy cercano a 3%, que merecen una investigación complementaria para ver de lograr sitios con suelos aptos.
- **Estudio de Yacimientos**, con relación a los datos para bancos y canteras de préstamo, igualmente se ha validado la información proporcionada por el estudio

del año 2006 y otros de fuente primaria obtenidos por CONNAL en otros proyectos desarrollados en la zona.

De manera complementaria, CONNAL realizó 20 pozos de investigación entre Yucumo y San Borja, los cuales permitieron obtener la información que se resume en el gráfico:



El gráfico muestra los valores de CBR medidos con los materiales sondeados en plataforma, la línea azul corresponde a los sondeos realizados por PCA el año 2006, en tanto que las líneas amarillas y cian corresponden a los resultados obtenidos por la investigación hecha por CONNAL en julio de 2014. Se puede apreciar que con los trabajos realizados por ABC entre el año 2006 y el año 2014 se ha uniformado la capacidad portante de la plataforma, pero que los valores de CBR se mantienen en un rango entre 3 y 10% apropiados para terraplén únicamente, por lo que CONNAL mantiene el criterio del diseño original de una subrasante mejorada con el espesor y la calidad predefinidas.

## 1.7. ESTUDIOS BÁSICOS: HIDROLOGIA

El estudio hidrológico ha sido realizado bajo el siguiente proceso metodológico:

- Recopilación, revisión y evaluación de estudios hidrológicos realizados en el área y que tiene relación con el Proyecto, en especial la parte hidrológica de los estudios efectuados por PCA en los tramos San Borja hasta Puerto Ganadero, el informe de la carretera San Ignacio Fátima y el de la carretera Villa Tunari San Ignacio, tramo III.
- Recopilación, revisión y evaluación de datos hidrológicos básicos (lluvias máximas, imágenes satelitales, carta geográfica del IGM, etc.).
- Imágenes Landsat, compuestas por 7 bandas cubriendo distintos rangos del espectro electromagnético. Modelo SRTM modelo de elevación con un DEM con cobertura casi global y resolución de 90. Imágenes de la misión MODIS del satélite Aqua en fecha 17 de Febrero 2014, mientras que la imagen en color natural de las condiciones normales fue tomada por la misión MODIS en fecha 28 de Febrero 2013
- Análisis de lluvias máximas, a partir de series de Precipitación máxima diaria anual (pluviómetro) de los pluviómetros y pluviógrafos ubicados en la región en la cual está ubicada la zona del proyecto y lluvia horaria máxima anual (pluviógrafo) de la estación Angosto del Bala, Trinidad, San Ignacio, San Borja, que permiten definir el comportamiento regional de las lluvias extremas.

- Análisis del comportamiento de la precipitación antes y durante el evento ocurrido en febrero de 2014, a través de la información diaria en las estaciones del proyecto, de las bandas satelitales de movimiento de las masas de aire, proporcionadas por el centro de pronósticos de tiempo del SENAMHI, análisis del evento mediante imágenes satelitales que asiste al programa de desastres de la facultad de geología de la UMSA
- Inspección de campo efectuada por el personal de Connal, en abril y mayo de 2014, en con el fin de revisar el estado en que se encontraban las obras de drenaje y poder estimar los niveles alcanzados de la inundación que sirvan para el estudio del modelo hidráulico y para prever las nuevas obras que se plantean de manera conceptual en el estudio hidrológico e hidráulico.

El trabajo realizado por CONNAL le permite establecer las siguientes conclusiones:

- El trabajo expuesto permite señalar que las condiciones meteorológicas ocurridas en la región por varios días provocó una mayor escorrentía en las cuencas, que llevo a un alzamiento de la cota del agua, que supero en diversos sitios el nivel de la plataforma.
- Las cantidades de precipitación no fueron inusuales, si se analiza la distribución de valores de precipitación máxima en 24 horas, pero ocurrió en una vasta región y por varios días, como se ve en la tabla de precipitaciones diarias, y posiblemente ocurridas en días anteriores, desde hace 15 días antes, fueron altas que lograron la saturación del terreno.
- Toda la región pertenece a un mismo régimen pluviométrico donde la variabilidad de precipitación es única, distinguiéndose dos zonas de precipitaciones diferentes donde las duraciones de las tormentas muestran diferentes valores de precipitación, más húmedos de San Ignacio de Moxos hacia Fátima; y más secos al acercarnos a las montañas desde San Ignacio a San Borja. El gráfico muestra la ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio.
- En cuanto a los caudales que por las diferentes obras construidas y las que se construirán no es necesario la determinación de valores puntuales, deben ser vistas en su conjunto de zona inundable y dejando de lado el concepto tradicional de un análisis de elevar la plataforma de la vía para evitar la inundación, pero estas medidas ocasionan que las áreas aledañas se inunden mucho más, que al otro lado del impedimento se afecte al medio ambiente, el evitar el paso del escurrimiento, No es una solución para remediar las inundaciones.
- Por ello se ha buscado que por los puentes escurra los caudales necesarios que permiten sus cauces, a continuación se efectuó un reparto de caudal de inundación referido a la capacidad de las obras, cuidando que exista un mínimo de dos alcantarillas por km.
- Los valores y deducciones efectuadas se encuentran en el capítulo de hidráulica, con el cual se complementa este informe.

### 1.8. ESTUDIOS BÁSICOS: TRAFICO

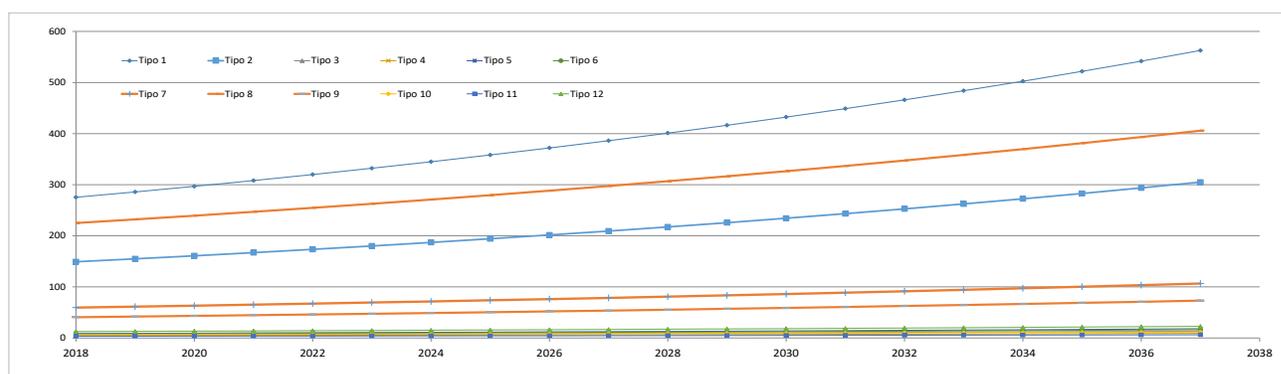
El análisis correspondiente al tráfico fue realizado por Consultora Nacional también con base en información secundaria y otra información adicional de estudios realizados por CONNAL en el tramo Trinidad-San Ignacio de Moxos.

YUCUMO - SAN BORJA														
Tráfico Total		Livianos			Buses			Camiones					Otros	
Año	Fase	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7	Tipo 8	Tipo 9	Tipo 10	Tipo 11	Tipo 12	Total Vehículos
		Automóviles y vagonetas hasta 11 asientos	Camionetas con capacidad hasta 40 qq ó 2 toneladas	Furgonetas, minibuses hasta 15 asientos.	Microbuses con capacidad de 16 a 21 asientos.	Buses medianos con capacidad de 22 a 35 asientos.	Buses grandes con capacidad de 36 asientos o más.	07 Camión Mediano (hasta 6 Tn. o 132qq)	08 Camiones Grandes (Más de 6 Tn. o 132qq)	09 Camiones Grandes (3 ejes)	10 Camiones Semiremolque	11 Camiones Remolque	Otros tipos como ser tractores agrícolas, maquinaria de construcción, etc.	
2013	TPDA-ABC													0
2014	Pre Inversión													0
2015	Construcción													0
2016	Construcción													0
2017	Construcción													0
<b>2018</b>	<b>1</b>	<b>275</b>	<b>149</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>59</b>	<b>225</b>	<b>41</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>800</b>
2019	2	286	155	7	5	9	8	61	232	42	7	4	13	828
2020	3	297	161	7	5	9	9	63	239	43	7	4	13	857
2021	4	308	167	7	5	10	9	65	247	45	7	4	14	888
2022	5	320	173	8	5	10	9	67	255	46	7	4	14	919
2023	6	332	180	8	5	11	10	69	263	47	8	4	15	952
2024	7	345	187	8	6	11	10	72	271	49	8	4	15	985
2025	8	358	194	9	6	11	10	74	280	50	8	4	16	1,020
2026	9	372	202	9	6	12	11	76	288	52	8	4	16	1,056
2027	10	386	209	9	6	12	11	78	297	54	9	5	17	1,094
2028	11	401	217	10	6	13	12	81	307	55	9	5	17	1,132
2029	12	416	226	10	7	13	12	83	316	57	9	5	18	1,173
2030	13	432	234	10	7	14	12	86	326	59	10	5	18	1,214
2031	14	449	243	11	7	14	13	89	337	61	10	5	19	1,257
2032	15	466	253	11	8	15	13	91	347	63	10	5	19	1,302
2033	16	484	262	11	8	15	14	94	358	65	10	5	20	1,348
2034	17	503	272	12	8	16	14	97	370	67	11	6	21	1,396
2035	18	522	283	12	8	17	15	100	381	69	11	6	21	1,446
2036	19	542	294	13	9	17	16	103	393	71	11	6	22	1,497
2037	20	563	305	13	9	18	16	107	406	73	12	6	23	1,551

El cuadro de tráfico Total para el tramo Yucumo-San Borja, ha sido calculado con como base en la proyección del tráfico histórico (Normal), calculado a partir del año 2018, incluyendo las estimaciones respectivas relativas a, a) tráfico de desarrollo, b) tráfico atraído del transporte fluvial, c) Tráfico inducido por otras vías.

En las proyecciones individuales por tipo de tráfico se aplican tasas de crecimiento propias para cada tipo de vehículo.

El tráfico total determina una tasa de crecimiento global que refleja la suma de los cuatro componentes: histórico o normal, de desarrollo, atraído y el tráfico inducido.

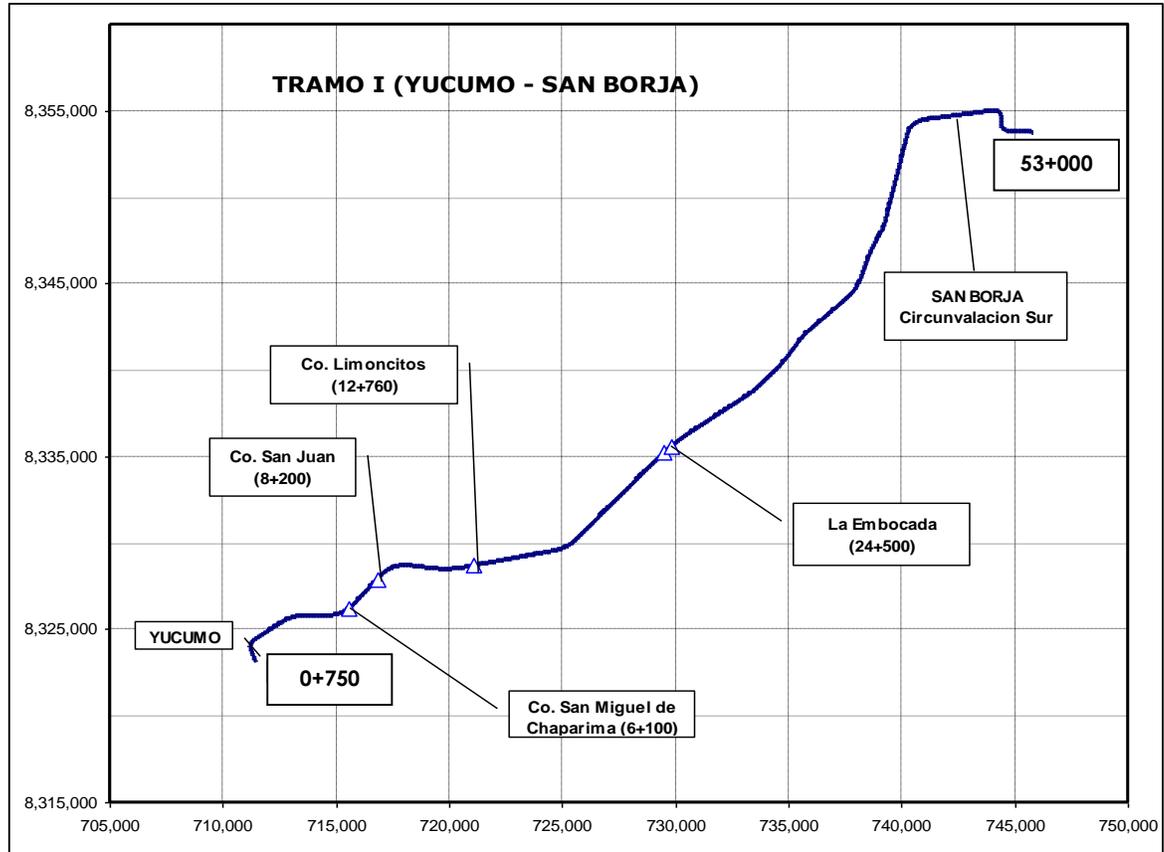


Los principales componentes de tráfico son vehículos livianos (en línea azul) y los camiones representados con líneas color marrón.

Estos datos han sido la base para el diseño del pavimento.

### 1.9. ESTUDIOS DE INGENIERÍA: Evaluación y actualización del DISEÑO GEOMÉTRICO

El diseño geométrico actualizado por CONNAL establece un trazo que prácticamente mantiene el eje del camino existente sin variaciones.



Por sus propiedades la vía es clasificada como:

- Carretera colectora, **bidireccional de 80 km/hora** C(2) - 80

Se consideran como velocidades de diseño:

- En tramos rurales bidireccionales de dos carriles **Vel = 80 km/h,**
- En tramos urbanos unidireccionales de dos carriles **Vel = 50 km/h,** (doble vía)

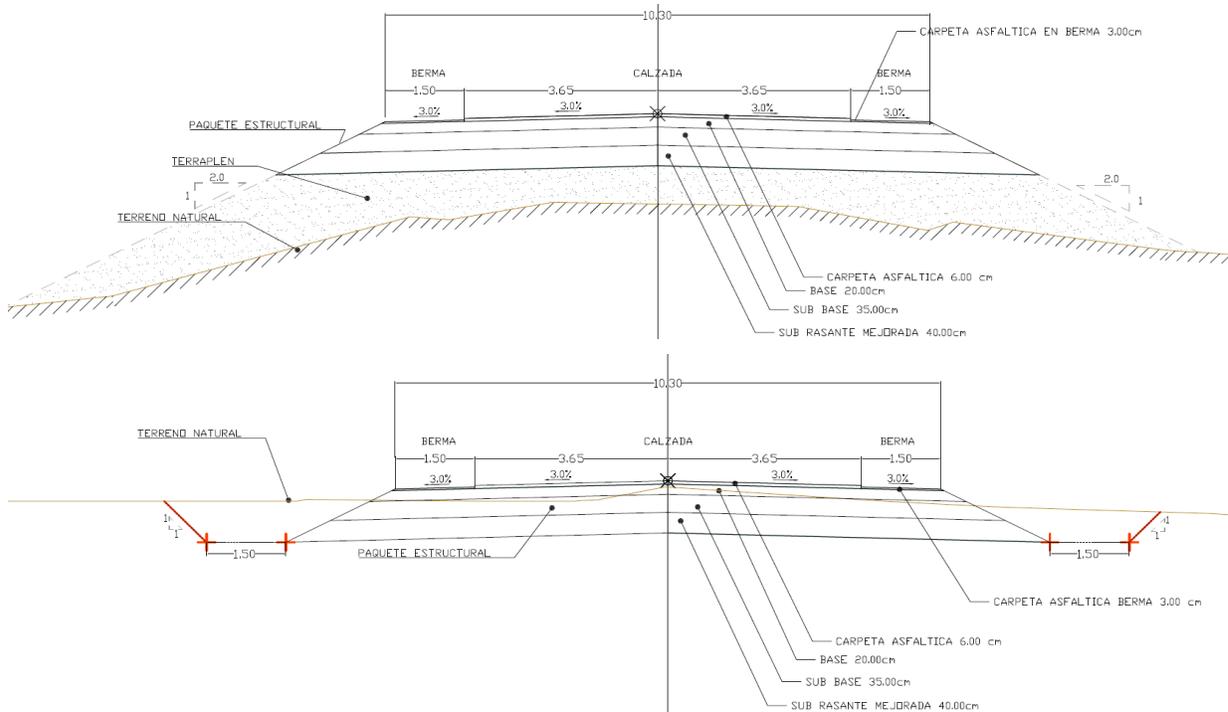
El cuadro muestra un resumen de las características geométricas del diseño final:

PARÁMETROS	TRAMO	TRAMO
	RURAL	URBANO
TIPO DE CALZADA	BIDIRECCIONAL	DOBLE VÍA
VELOCIDAD DE DISEÑO ( Km./h )	80	50
PERALTE MAXIMO (%)	8	8
RADIO MINIMO (m.)	300	300
LONG. MIN. ESPIRAL DE TRANSICIÓN (m.)	57	52
PENDIENTE LONGITUDINAL MAXIMA (%)	4%	4%
DISTANCIA MINIMA DE VISIBILIDAD DE FRENADO (m.)	115	90
DISTANCIA MINIMA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO (m.)	500	440
Parámetro "K" CURVAS CONVEXAS (Visibilidad de frenado)	82	42
Parámetro "K" CURVAS CÓNCAVAS (Visibilidad de frenado)	44	26
CURVAS CONVEXAS (Visibilidad de adelantamiento)	272	210

La sección transversal presenta las características resumidas en el cuadro:

SECCIÓN TRANSVERSAL	
ANCHO DE CALZADA	7.30 m
BOMBEO en CALZADA	3.0 %
ANCHO DE BERMAS	1.50 m
BOMBEO BERMAS (%)	3.0 %
SOBREANCHO EN CURVAS	Mínimo 0.50 m
GÁLIBO VERTICAL MÍNIMO	5.50 m
DERECHO DE VIA (m.)	100

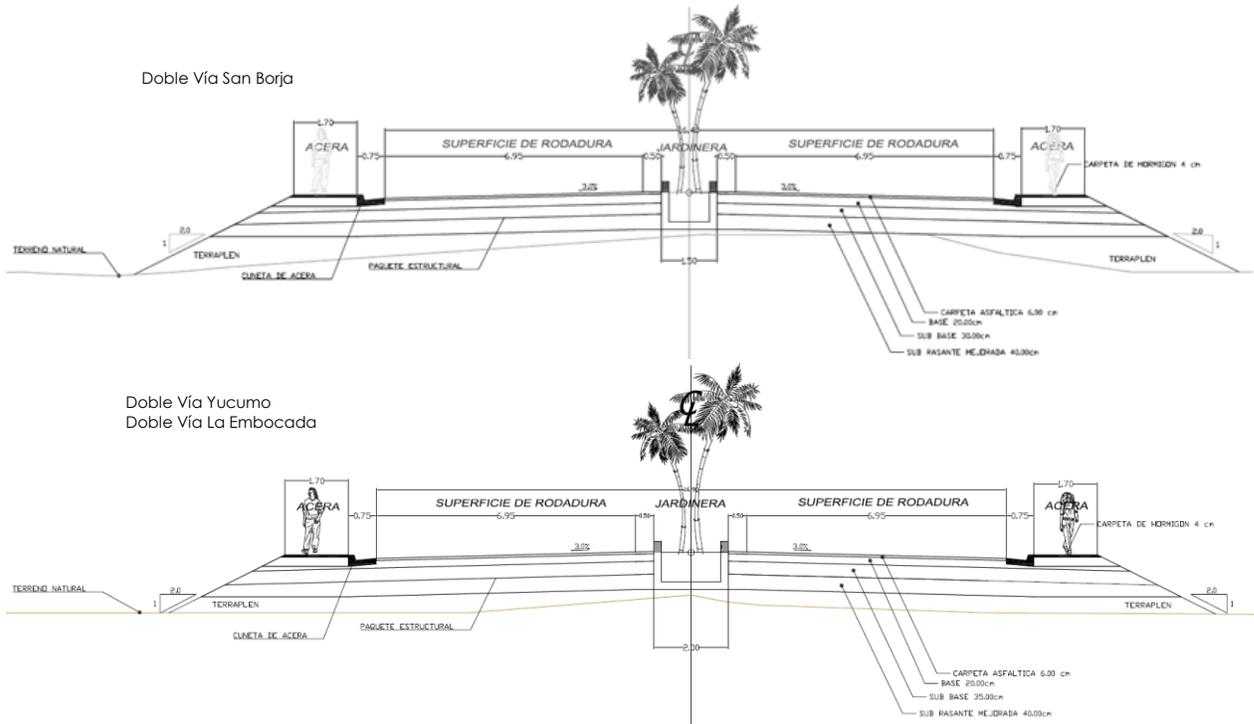
EL gráfico muestra las secciones tipo en Terraplén y Corte:



El diseño geométrico plantea taludes de corte y terraplén que establecen adecuadas condiciones para la seguridad de las operaciones vehiculares. La poca disponibilidad de materiales impide el considera pendientes menores en los taludes de terraplén.

Resumen Ejecutivo

Sobresalen tres segmentos en doble vía: a) Yucumo, b) La Embocada y c) San Borja. A continuación las secciones típicas en tramos urbanos:



El diseño geométrico contempla sitios de parada de buses y también intersecciones a poblaciones y haciendas, la siguiente tabla muestra en detalle la ubicación de los dispositivos viales diseñados:

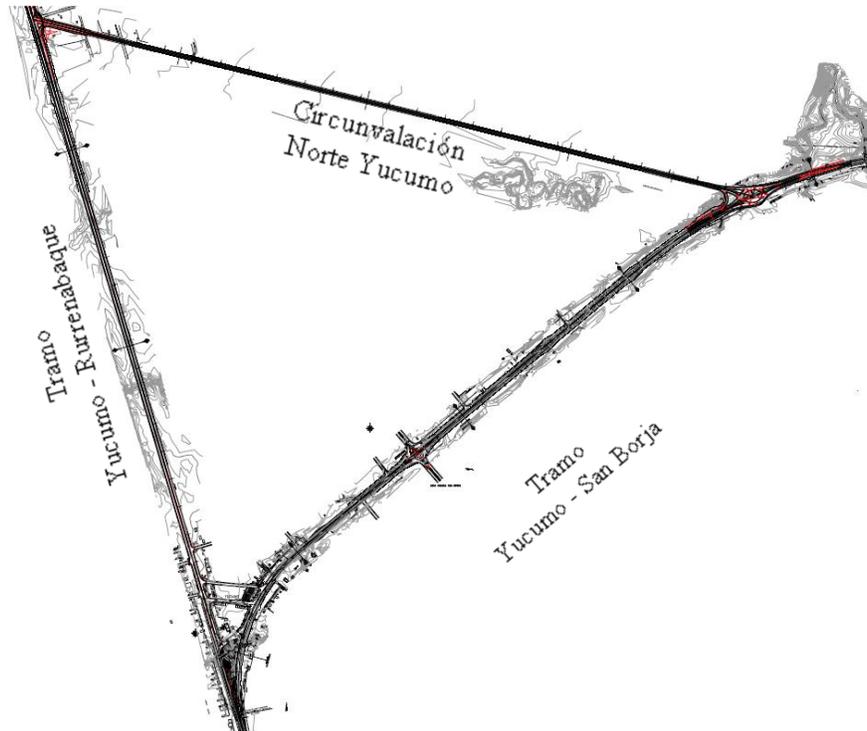
Ubicación Dispositivo	Prog.	Ubicación Dispositivo	Prog.
Bifurcación a Rurrenabaque	0+760	Acceso a Hacienda Velarde	22+739
Acceso a Doble Vía Yucumo-Rurrenabaque	1+080	Acceso a Quinta San Gerardo	23+632
Rotonda Central Yucumo	1+900	Acceso a La Embocada	24+000
Distribuidor a Circunvalación Norte Yucumo	3+380	Calle en La Embocada	24+160
Estación de peaje Yucumo	4+400	Accesos a La Embocada	24+540
Hacienda Ganadera San Isidro	5+310	Acceso a Haciendas Ganaderas	24+970
Acceso a Granja de Don Bernardo	5+720	Acceso a La Embocada	24+970
Acceso a Hacienda	6+240	Acceso a Hacienda Guiteras	26+521
Unidad Educativa San Miguel de Chaparina	6+520	Acceso a Hacienda Becerra	27+520
Acceso a Finca Santa Rita	6+960	Acceso a Hacienda Mián	34+391
Acceso a Hacienda Villa Mariana	7+840	Acceso a Proy. CESA (T'Simanes)	36+973
Acceso A Comunidad San Juan	8+285	Acceso a Hacienda Las Pampitas	40+546
Acceso Comunidad San Carlos de Chaparina	8+720	Acceso a Hacienda Las Mercedes	40+721
Acceso a Hacienda de CARITAS	8+940	Acceso al Rancho Las Gaviotas	43+560
Acceso Hacienda Agroindustrial La Amanecida	9+400	Acceso Hacienda Subirana	45+481
Acceso a Hacienda Los Cocos	9+880	Estación de peaje San Borja	45+300
Acceso a Hacienda Villa Karina	10+400	Distribuidor Oeste San Borja	46+870
Acceso a Hacienda de Nogales	10+620	Acceso a Calle urbana	47+480
Acceso a Hacienda Villa Santa Rosa	11+160	Acceso a Calle urbana	47+850
Acceso a Hacienda Villa Don Martín	11+840	Acceso a Calle urbana	48+100
Acceso a Hacienda Villa Graciela	12+120	Acceso a Calle urbana	48+200
Acceso a Hacienda Balmoral	12+320	Acceso a Calle urbana	48+360
Acceso a Hacienda Villa Luisa	12+560	Acceso a Calle urbana	48+480
Acceso a Cabaña San Martín	12+603	Acceso a Calle urbana	48+600
Acceso a Unidad Educativa Limoncito	12+760	Acceso a Calle urbana	48+700
Acceso a Hacienda	12+920	Acceso a Calle urbana	48+830
Acceso a Granja 7 Hermanos	14+088	Acceso a Calle urbana	48+900
Acceso a Empresa Maderera SATA	14+320	Acceso a Calle urbana	49+000
Acceso a Hacienda Monte de Sión	14+880	Acceso a Calle urbana	49+120
Acceso a Comunidad Cara Cara	16+109	Acceso a Calle urbana	49+240
Acceso a Hacienda Nueva Irak	16+320	Acceso a Calle urbana	49+350
Acceso a Hacienda Laguna Brava	17+378	Acceso a Calle urbana	49+460
Acceso a Cabaña Eco turística Lago Azul	19+416	Acceso a Calle urbana	49+610
Acceso a Quinta La Jungla	19+600	Distribuidor a Circunvalación Norte San Borja	50+430
Acceso Hacienda El León de Emilio Tinm	20+148	Acceso a Comunidad El Carmen y La Cruz	52+380
Acceso a Hacienda La Colina	20+568	Acceso	52+810
Acceso a Villa Chicoco	21+720		



Por otra parte, existen dos tramos que han sido incluidos de manera adicional en la actualización a nivel de anteproyecto, estos son, a) Circunvalación Norte Yucumo, en una vía bidireccional de dos carriles, y b) Circunvalación Norte San Borja.

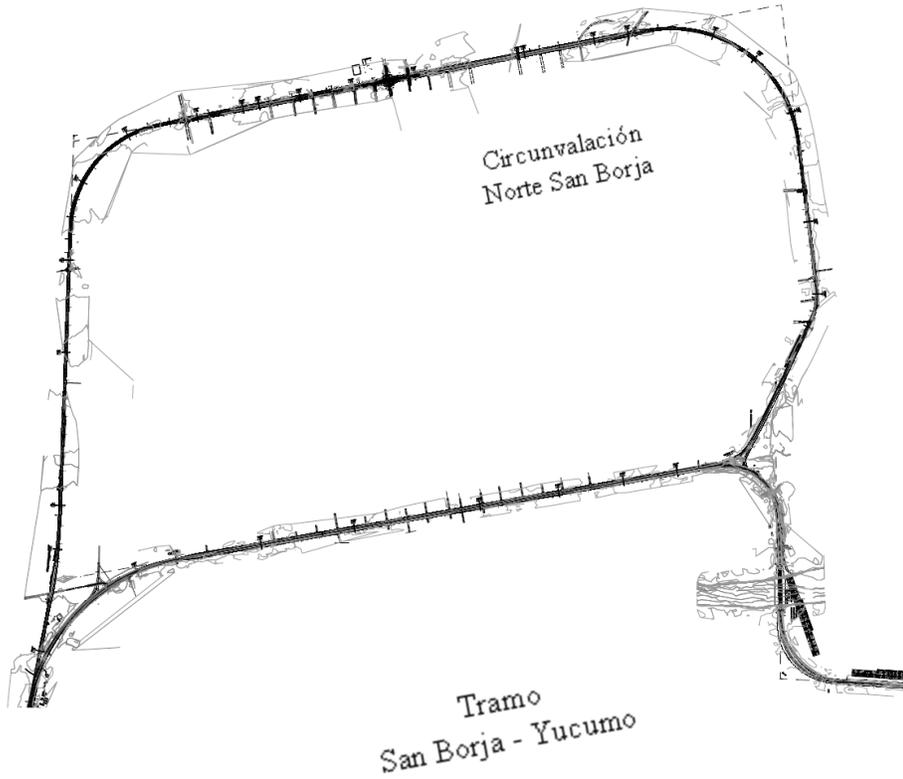
El esquema N° 1 muestra la Circunvalación Norte de Yucumo, y el esquema N°2 la Circunvalación Norte San Borja

ESQUEMA N°1 Circunvalación Norte Yucumo



Ambas circunvalaciones han sido concebidas a nivel de anteproyecto y como obras adicionales, no necesariamente vinculadas al tramo principal Yucumo-San Borja.

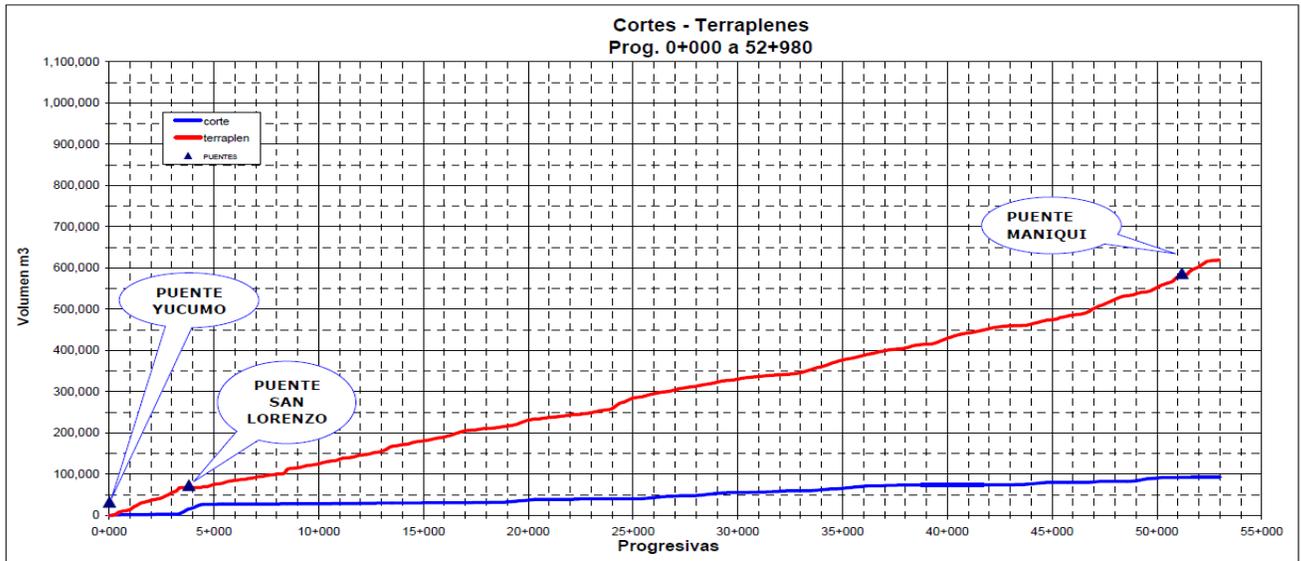
ESQUEMA N° 2 Circunvalación Norte San Borja



**1.10. ESTUDIOS DE INGENIERÍA: DISEÑO MOVIMIENTOS DE TIERRA**

El diseño de los movimientos de tierra es directo resultado de la geometría aplicada a la vía y también de la disponibilidad de materiales, sean en bancos de préstamo lateral, bancos en sitios específicos, ó canteras.

Por la configuración geométrica del tramo, que se desarrolla preponderantemente en terraplén, existe un evidente déficit de materiales, tal como se puede ver en el gráfico:



Como permite ver el gráfico, la demanda de materiales para terraplén tiene un comportamiento uniforme con ligera pendiente fuerte en la doble vía Yucumo al inicio del tramo concluyendo con pendiente uniforme a la salida de San Borja luego de cruzar el puente Maniqui. El cuadro muestra los volúmenes que dan forma al gráfico:

Progresivas		Corte					Terraplen		
		Plat. m3b	Adicional m3b	TOTAL m3b	A terraplen m3b	A buzón m3b	Plat. m3c	Adicional m3c	Total
0+000	5+000	27,430	0	27,430	19,201	8,229	75,108	0	75,108
5+000	10+000	1,228	0	1,228	860	368	50,129	0	50,129
10+000	15+000	1,953	0	1,953	1,367	586	55,809	0	55,809
15+000	20+000	2,121	4,505	6,626	1,485	5,141	45,551	4,505	50,055
20+000	25+000	1,913	1,338	3,251	1,339	1,912	52,384	1,338	53,722
25+000	30+000	2,392	12,600	14,991	1,674	13,317	33,168	12,600	45,768
30+000	35+000	4,636	5,686	10,322	3,245	7,077	40,796	5,686	46,483
35+000	40+000	1,397	6,935	8,333	978	7,355	45,566	6,935	52,501
40+000	45+000	1,445	4,505	5,950	1,012	4,938	40,661	4,505	45,165
45+000	50+000	4,958	5,731	10,689	3,470	7,218	72,125	5,731	77,856
50+000	53+000	1,025	1,160	2,185	718	1,467	65,784	1,160	66,944
		50,500	42,459	92,959	35,350	57,609	577,080	42,459	619,539

Resumen Ejecutivo

El cuadro muestra el destino de los cortes, y el origen de cada uno de los rellenos, agrupados en tramos de 5 km.

Tramo						Origen-Corte		Destino a terrap.		Total	Origen-Corte Excedente		Destino a BUZÓN		DESTINO - Terraplén			Origen de Materiales para terraplén - m3c				Total
No.	Tipo	de	a	CG	Long. km	Volumen m3c	Volumen m3c	No.	Vol	m3c	Volumen m3c	En Buzón m3c	No.	Tipo	Volumen m3c	No.	Vol	No.	Vol	No.	Vol	m3c
1	S	0+000	5+000	2+500	5,00	19,201	15,937	1T	15,937	15,937	8,229	6,830	1	T	75,108	1S	15,937	PL1	45,000	PL2	14,171	75,108
2	S	5+000	10+000	7+500	5,00	860	714	2T	714	714	368	306	2	T	50,129	2S	714	PL2	49,415			50,129
3	S	10+000	15+000	12+500	5,00	1,367	1,135	3T	1,135	1,135	586	486	3	T	55,809	3S	1,135	PL9	54,674			55,809
4	S	15+000	20+000	17+500	5,00	1,485	1,232	4T	1,232	1,232	5,141	4,267	4	T	50,055	4S	1,232	PL10	48,823			50,055
5	S	20+000	25+000	22+500	5,00	1,339	1,112	5T	1,112	1,112	1,912	1,587	5	T	53,722	5S	1,112	PL5	52,610			53,722
6	S	25+000	30+000	27+500	5,00	1,674	1,390	6T	1,390	1,390	13,317	11,053	6	T	45,768	6S	1,390	BP-19	44,378			45,768
7	S	30+000	35+000	32+500	5,00	3,245	2,693	7T	2,693	2,693	7,077	5,874	7	T	46,483	7S	2,693	BP-20	43,789			46,483
8	S	35+000	40+000	37+500	5,00	978	812	8T	812	812	7,355	6,104	8	T	52,501	8S	812	PL12	15,000	BPC-4	36,689	52,501
9	S	40+000	45+000	42+500	5,00	1,012	840	9T	840	840	4,938	4,099	9	T	45,165	9S	840	PL6	15,000	PL13	29,326	45,165
10	S	45+000	50+000	47+500	5,00	3,470	2,880	10T	2,880	2,880	7,218	5,991	10	T	77,856	10S	2,880	BP-21	51,100	BPC-5	23,876	77,856
11	S	50+000	53+003	51+502	3,00	718	596	11T	596	596	1,467	1,218	11	T	66,944	11S	596	PL7	15,000	BP-22	51,348	66,944
						35,350	29,340			29,340	57,609	47,816	Total m3c		619,539							619,539

Nomenclatura: S=Suelo

RELLENO PROVENIENTE DE CORTE m3c	29,340
RELLENO DE PRESTAMO LATERAL m3c	339,019
RELLENO PROVENIENTE DE BANCO m3c	251,180
TOTAL m3c	619,539

Este cuadro da lugar al cómputo de transporte de materiales.

BANCOS DE PRÉSTAMO			Tramo de TERRAPLEN			Transporte a TERRAPLEN m3 k						TRANSPORTE CORTE A TERRAPLEN			TRANSPORTE A BUZÓN			
No.	Punto de Acceso	Dist.de Acceso Lateral	De	A	CG	Banco Origen	m3 k	Banco Origen	m3 k	Banco Origen	m3 k	m3 k	Corte a terraplen	Distancia de Corte a Terraplen	m3 k	Buzón m3c	Distancia de Corte a Buzón	m3 k
PL1	2+500	0	0+000	5+000	2+500	PL2	70,856					70,856	15,937.05	0.50	7,969	6,830.16	7,500	51,226
PL2-PL8	7+500	0	5+000	10+000	7+500								713.55	0.50	357	305.81	5,000	1,529
PL3-PL9	12+500	0	10+000	15+000	12+500								1,134.57	0.50	567	486.24	2,500	1,216
PL4-PL10	17+500	0	15+000	20+000	17+500								1,232.42	0.50	616	4,267.00	2,500	10,667
PL5-PL11	22+500	0	20+000	25+000	22+500								1,111.69	0.50	556	1,586.98	5,000	7,935
BP-19	16+100	4,000	25+000	30+000	27+500	BP-19	683,421					683,421	1,389.71	0.50	695	11,053.17	2,500	27,633
BP-20	37+000	10,200	30+000	35+000	32+500	BP-20	643,701					643,701	2,693.41	0.50	1,347	5,874.11	2,000	11,748
BPC-4	37+000	7,600	35+000	40+000	37+500	BPC-4	297,182					297,182	811.91	0.50	406	6,104.26	2,000	12,209
BP-21	50+300	2,900	40+000	45+000	42+500								839.70	0.50	420	4,098.69	2,500	10,247
BP-22	50+980	1,300	45+000	50+000	47+500	BP-21	291,270	BPC-5	119,378			410,648	2,880.47	0.50	1,440	5,991.30	5,000	29,957
BPC-5	51+500	1,000	50+000	53+003	51+502	BP-22	93,530					93,530	595.76	0.50	298	1,217.80	7,500	9,133
						2,199,337						14,670			173,500			

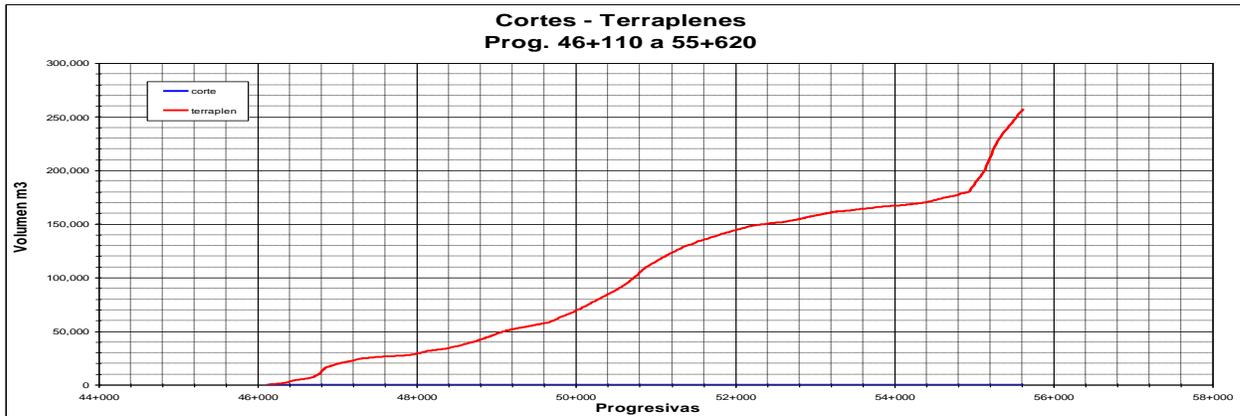
Transporte a TERRAPLEN	2,199,337
Transporte a BUZÓN	173,500
Transporte a Corte a Terraplen	14,670
Gran Total	2,387,507

El cuadro permite apreciar que para los terraplenes es necesario transportar de 2.4 MM de metros cúbicos por kilómetro.

A este análisis se suma por separado el que corresponde a la subrasante mejorada, capa que debe ser materializada con materiales ó mezcla de materiales que garanticen las propiedades mecánicas que se han establecido en el diseño de pavimento.



El siguiente gráfico corresponde a la Circunvalación Norte San Borja.



Este tramo adicional requiere de algo más de 250,000 m<sup>3</sup> de material para terraplén, en tanto que requiere de 71,750 m<sup>3</sup> para subrasante. Por tanto requiere transportar:

- Transporte para terraplén 3,135,093 m<sup>3</sup> x km
- Transporte para subrasante mejorada 1,708,993 m<sup>3</sup> x km

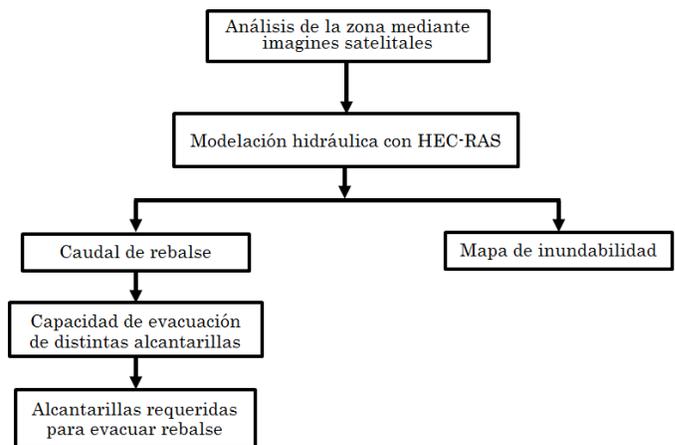
Sobresale la cantidad de sobreacarreo, que se incrementa por las distancias de transporte entre los bancos de préstamo y los terraplenes de destino, se totaliza mas de 4.8 MM de metros cúbicos por kilómetro para los 9 km de la circunvalación norte de San Borja (casi un tercio de los 53 km del tramo principal).

### 1.11. ESTUDIOS DE INGENIERÍA: EVALUACION DISEÑO HIDRAULICO Y DE DRENAJE

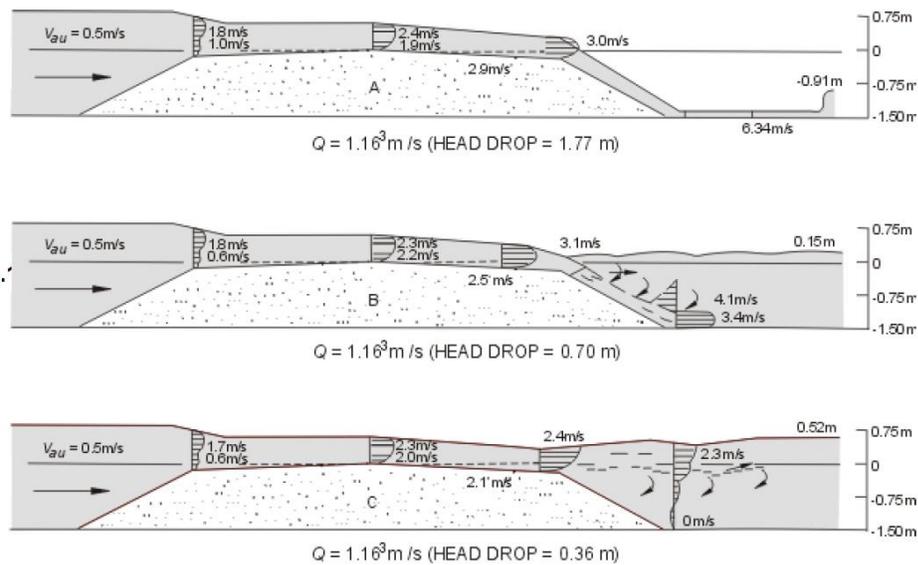
El diseño hidráulico se refiere al diseño de las obras que componen el drenaje transversal de la vía, el drenaje longitudinal, el drenaje subterráneo y las determinaciones para puentes sobre el NAME, socavación y protección.

El gráfico muestra la metodología aplicada para la evaluación.

Las inundaciones que se experimentan en la zona de estudio establecen particularidades en el cálculo hidráulico y en la concepción del drenaje de la carretera. La inundación tiene un efecto distinto al paso transversal convencional de las aguas superficiales, el esquema describe el mecanismo que fue considerado para la evaluación respectiva:



## Resumen Ejecutivo



- La evaluación de la inundación regional estableció la consideración de caudales de descarga apropiados tales que permitan la rápida evacuación de buscando minimizar el efecto de inundación para evitar daños en la carretera.
- En este tramo los principales tramos de rebalse están entre las progresivas a) 16+300 – 23+300 y b) entre las progresivas 33+000 hasta San Borja.
- Entre progresivas 3+595 a 8+008 se tienen aplican nuevas alcantarillas y también se complementan las existentes para mejorar la capacidad de descarga en cada sitio.
- En el tramo 16+300 – 23+300 para disminuir el nivel aproximadamente 1 m. La curva de descarga vs nivel, indica que se debería evacuar unos 167 m<sup>3</sup>/s. Se plantean una serie de alcantarillas nuevas con dimensiones entre 1.20 x 1.20 hasta 3.0 x 3.0. La capacidad de desfogue debe ser superior a los 164 m<sup>3</sup>/s.

Para la capacidad de las alcantarillas se utilizó el programa hydroculv, desarrollado para ese objetivo. Los coeficientes de pérdida al ingreso y a la salida fueron estimados según las recomendaciones del FHWA. Adicionalmente, se asumió que la alcantarilla tiene una pendiente de 0.5%, pendiente mínima según los requisitos de la USBR (USBR 1978).

### Áreas de aporte y alcantarillas

Para estimar las áreas de aporte a las alcantarillas primero se ubicó las coordenadas de cada alcantarilla sobre el mapa de la red de drenaje asumiendo que la alcantarilla es el punto de descarga de una sub cuenca. Posteriormente se estimó el área de aporte de cada alcantarilla. Sin embargo, debido a las características de planicie del área se tiene el caso que más de una alcantarilla comparten el área de aporte. En estos casos se asumió primeramente que la alcantarilla crea una divisoria de agua; además, en caso que una alcantarilla (la ubicada aguas arriba) presente insuficiencia hidráulica se asumió que el agua de rebalse va hacia la siguiente alcantarilla.

El cuadro detalla la totalidad de alcantarillas previstas para el tramo y las circunvalaciones:

## Resumen Ejecutivo

 EVALUACION DEL DISEÑO DE INGENIERÍA DEL TRAMO YUCUMO - SAN BORJA SAN IGNACIO DE MOXOS  
 RESUMEN DE ALCANTARILLAS NUEVAS Y EXISTENTES

YUCUMO - 53+000		
Nº	NUEVA	UNID
1	ASCH 1x1.5x1.5	50
2	ASCH 1x2.0x1.2	1
3	ASCH 1x1.2x1.2	32
4	ADCH 2x1.2x1.2	5
5	ADCH 2x1.5x1.5	3
6	ASCH 1x2.0x2.0	2
7	ASCH 1x4.0x2.0	3
8	ASCH 1x3.0x3.0	5
9	ASCH 1x3.0x2.0	1
10	ADCH 2x3.0x3.0	2
TOTALES		104
Nº	EXISTENTE	UNID
1	ADCH 2x3.0x3.5	1
2	ASCH 1x1.2x1.0	19
3	ASCH 1x4.0x3.0	1
4	ASCH 1x4.2x4.0	1
5	ADCH 2x3.0x3.0	3
6	Remover Existente	11
TOTALES		36
ACCESOS		
Nº	NUEVA	UNID
1	ATH 1xφ1.0	75
TOTALES		75

CIRCUNVALACION NORTE YUCUMO		
Nº	NUEVA	UNID
1	ASCH 1x1.2x1.2	5
2	ADCH 2x1.2x1.2	1
TOTALES		6

RESUMEN DE ALCANTARILLAS - PCA CIRCUNVALACION NORTE SAN BORJA		
Nº	NUEVA	UNID
1	ADCH 2x3.0x1.5	1
2	ASCH 1x1.0x1.0	3
3	ASCH 1x1.5x1.5	9
4	ASCH 1x2.0x1.0	1
5	ASCH 1x2.0x1.5	3
6	ASCH 1x3.0x1.5	2
7	ASCH 1x3.0x3.0	1
8	ASCH 1x4.0x2.0	3
9	ASCH 1x4.0x4.0	1
10	ATCH 3x3.0x2.0	1
TOTALES		25
ACCESOS		
Nº	NUEVA	UNID
1	ATH 1xφ1.0	33
TOTALES		33

- Se apela fundamentalmente al uso de alcantarillas tipo cajón de hormigón armado:
  - **nuevas alcantarillas**, se prevé la construcción de 104 elementos nuevos, todos en sección cajón.
  - Se identificó asimismo **la necesidad de mantener alcantarillas existentes**, adecuando la longitud de estas a las condiciones de la nueva plataforma. Se aprovechan en total 25 alcantarillas y se remueven 11.
  - El Cuadro muestra la totalidad de alcantarillas, identificando 14 tipos de elementos, de celdas simples, dobles y triples de diferentes dimensiones, totalizando 164 unidades, la más común la celda 1x1.2x1.2
- Otras obras hidráulicas menores de drenaje, debido a la particularidad topográfica y las condiciones del diseño para esta vía, se realizaran obras de drenaje longitudinal las cuales cumplirán la función de apoyo al drenaje transversal. Para tal fin se han recalculado cantidades de cunetas revestidas en las zona urbanas y no revestidas de pie de terraplén en tramos rurales.

## 1.12. ESTUDIOS DE INGENIERÍA: DISEÑO DE PAVIMENTO

La evaluación del diseño de pavimento fue realizada sobre la siguiente información básica:

- 1) Revisión del estudio de tráfico y actualización de las proyecciones a la condición presente.
- 2) Evaluación del estudio de suelos locales y del estudio materiales de préstamo para el terraplén y sub rasante mejorada.
- 3) Evaluación del estudio de la calidad de materiales para Bancos de préstamo para las capas del pavimento

El tráfico es una de las variables más significativas del diseño de pavimentos; la metodología AASHTO-93 (método utilizado por CONNAL en el presente estudio) considera la vida útil de un pavimento relacionada con el número de repeticiones de carga que podrá soportar el pavimento antes de llegar a las condiciones de servicio final predeterminadas para la ruta, para el efecto fue calculado el número de ejes equivalentes correspondiente a las proyecciones de tráfico según la composición y características de los vehículos. El cuadro presenta el resumen de los ejes equivalentes acumulados en el período de vida útil del pavimento: 5.33 MM de EE.

Año	EE <sub>B.2</sub>
Construcción	100000
1	280000
2	490000
3	690000
4	900000
5	1120000
6	1340000
7	1570000
8	1800000
9	2060000
10	2310000
11	2570000
12	2830000
13	3120000
14	3400000
15	3700000
16	4000000
17	4320000
18	4640000
19	4980000
20	5330000

Aplicando los parámetros correspondientes, como el índice de servicialidad del proyecto, confiabilidad, coeficientes de drenaje, estimación del módulo resiliente de la subrasante, coeficientes estructurales de las capas, detallados en el cuadro, se verificó la estructura de pavimento según el siguiente cuadro resumen:

Capa	Descripción	Espesor	Características
Capa de Rodadura	Concreto Asfáltico modificada con polímeros tipo SBS.	6 cm	Mezcla de Concreto Asfáltica Mezclada en Caliente.
Bermas	Concreto Asfáltico modificada con polímeros tipo SBS.	3 cm	Mezcla de Concreto Asfáltica Mezclada en Caliente.
Capa Base	Capa estabilizada Granulométricamente con material triturado	20 cm	Grado de compactación 100% del proctor modificado CBR > 80 % Exp = 0%
Capa Sub Base	Capa estabilizada Granulométricamente con material seleccionado	35 cm	Grado de compactación 97% del proctor modificado CBR > 30 % Exp < 1%
Subrasante Mejorada	Suelo seleccionado ó mezcla de suelos	40 cm	Grado de compactación 95% del proctor modificado CBR > 10% Exp < 1%

Concluida la evaluación de pavimento es posible emitir los siguientes comentarios:

- a. Se ha homogeneizado espesores de las carpetas para todo el tramo
- b. Se ha incorporado el uso de asfaltos modificados lo cual genera una sensible mejora en el comportamiento de la carpeta frente a las deformaciones permanentes cuya

probabilidad de ocurrencia es relativamente importante debido a las elevadas temperaturas en el verano y el tránsito de camiones de alto tonelaje.

- c. Será necesario realizar una evaluación a los 10 años de vida del pavimento para ratificar o recalcular el refuerzo necesario, en función de las condiciones estructurales y del volumen y composición de tráfico en la época de evaluación.
- d. La distancia de los bancos de préstamo a los centros de gravedad de aplicación de los materiales, determina un incremento importante en las cantidades de transporte para capa base y capa sub base.

Se considera concreto asfáltico en un espesor de 3 cm como superficie para las bermas.

Los materiales para pavimentación deben ser también transportados de fuentes alejadas al centro de gravedad de aplicación, las cantidades de transporte son:

#### Tramo Principal

- 100% de capa Sub base proviene de Yacumita, DMT = 39.5 km 9,500,000 m<sup>3</sup> x km
- EL 100% de capa Base proviene del río Quiquibey, DMT = 59.5 km 7,274,000 m<sup>3</sup> x km

#### Circunvalación Norte Yucumo

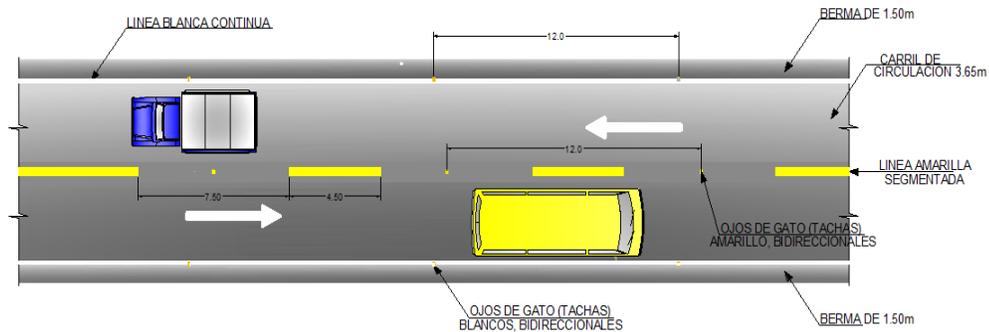
- 100% de capa Sub base proviene de Yacumita, DMT = 17 km 227,800 m<sup>3</sup> x km
- EL 100% de capa Base proviene del río Quiquibey, DMT = 37 km 281,200 m<sup>3</sup> x km

#### Circunvalación Norte San Borja

- 100% de capa Sub base proviene de Yacumita, DMT = 43 km 1,939,300 m<sup>3</sup> x km
- EL 100% de capa Base proviene del río Quiquibey, DMT = 88.5 km 2,122,700 m<sup>3</sup> x km

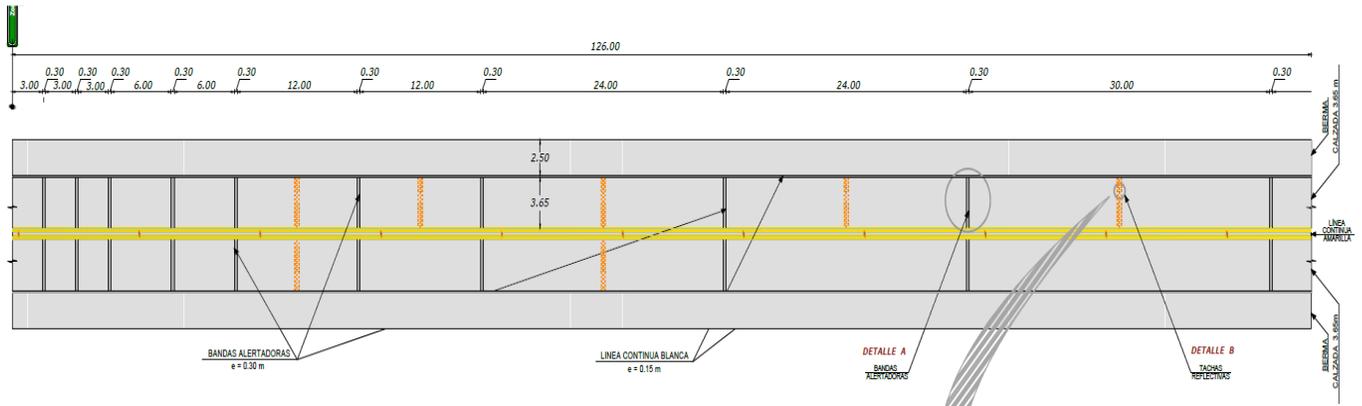
**1.13. ESTUDIOS DE INGENIERÍA: DISEÑO SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL**

El diseño de la señalización ha sido readecuado según el nuevo **Manual de Dispositivos de Control de Tránsito de la Administradora Boliviana de Carreteras "ABC", año 2008 (Volumen III)**, según el cual se establecen importantes condiciones adicionales a la señalización horizontal y vertical, de acuerdo con la categoría de la ruta y la velocidad de diseño.



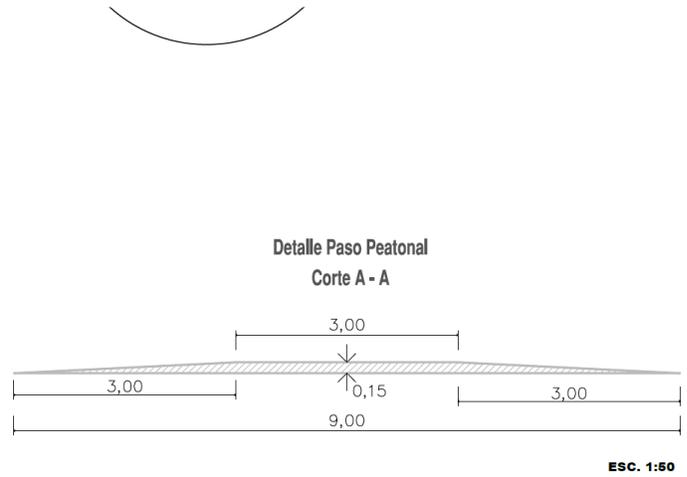
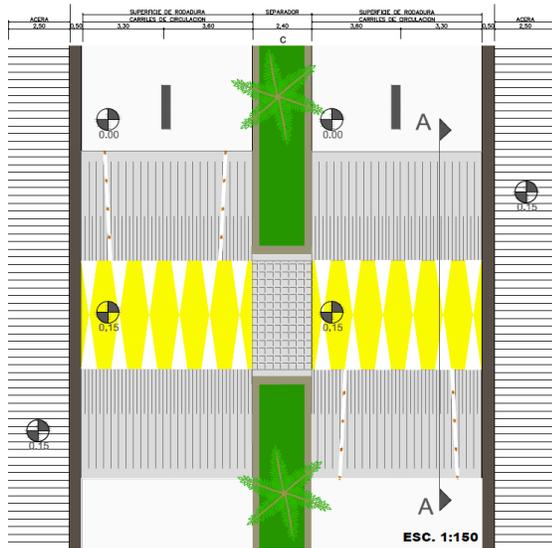
Ha sido realizado el recálculo de cantidades de tachas reflectivas bidireccionales para demarcación de la señalización en horario nocturno, decisión que representa un importante valor agregado para la seguridad del tránsito vehicular.

Otro concepto adicional fue el de las bandas alertadoras en las aproximaciones a poblaciones para "obligar" a la reducción de velocidad por el paso de los sectores urbanos y minimizar de esa manera la probabilidad de accidentes y proteger a peatones. El gráfico muestra de manera esquemática la disposición de las bandas:



También han sido incluidos diseño para pasos peatonales en las vías urbanas en Yucumo, La Embocada y San Borja, según el esquema que se detalla:

Resumen Ejecutivo



Con referencia a la señalización vertical, el presupuesto ha sido calculado considerando las dimensiones del nuevo manual de señalización de la ABC para el tipo de ruta y para la velocidad de diseño, con placas de mayores dimensiones y precios a valor presente.

### 1.14. EQUIPO MÍNIMO

A continuación se muestra el equipo mínimo de la obra AGRUPADO SEGÚN SU RELEVANCIA y se clasifican en: Esencial, Pesado, Complementario y Accesorio.

Estas subdivisiones fueron realizadas, considerando la importancia, características y necesidad dentro de la obra.

#### Equipo Esencial

EQUIPO ESENCIAL							
			AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3		
EQUIPO NECESARIO			CANTIDAD			STAND BY	MÁX TOTAL
PLANTA CALENTADORA DE ASFALTO			0	1	1	0	1
PLANTA CLASIFICADORA ESTAC 120 M3/H			1	1	1	0	1
PLANTA DE ASFALTO ESTAC 150 TN/H			0	1	1	0	1
PLANTA DOSIF DE SUELOS 120 M3/H			0	1	1	0	1
PLANTA TRITURADORA 100 M3/H			1	1	1	0	1
GRUPO ELECTROGENO 50 KVA			1	5	5	1	6
GRUPO ELECTROGENO 100 KVA			1	3	2	0	3
GRUPO ELECTROGENO 320 KVA			1	1	1	1	2
MEZCLADOR DE HORMIGON 300 LT			6	9	3	1	10
PLANCHA VIBRATORIA VPB 1350 5 HP			1	1	1	0	1
VIBRADOR DE INMERSION 4 HP			5	5	0	1	6

Fuente: Elaboración propia.

#### Equipo Pesado

## Resumen Ejecutivo

EQUIPO PESADO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	STAND BY	MÁX TOTAL
CAMION CISTERNA 10000LT	4	8	8	0	8
CAMION ESTACAS MAYOR A 4TON	0	1	1	0	1
CARGADORA FRONTAL 924F 105 HP	2	9	8	1	10
COMPACTADORA NEUMATICA PS-180 77 HP	0	4	4	1	5
COMPACTADORA PATA DE CABRA CP533 14	2	2	2	2	4
COMPACTADORA RODILLO LISO CS563 145	2	5	5	1	6
DISTRIBUIDOR DE AGREGADOS 100 HP	0	1	1	1	2
DISTRIBUIDOR DE ASFALTO 180 HP	0	1	1	0	1
ESCOBA MECANICA NO AUTOPROPULSADA	0	2	2	1	3
EXCAVADORA DE ORUGAS 312B 84 HP	4	4	4	1	5
EXCAVADORA DE ORUGAS 320B 128 HP	1	1	0	1	2
MOTONIVELADORA 120H 125 HP	4	5	5	1	6
MOTOTRAILLA 621F 330 HP	2	2	2	1	3
RETROEXCAVADORA 214-4T 90 HP	0	3	3	0	3
TERMINADORA DE CONCRETO ASF 100 TN/	0	1	1	1	2
TRACTOR AGRICOLA 90 HP	0	1	1	0	1
TRACTOR AGRICOLA C/ARADO DE DISCOS	2	3	3	1	4
TRACTOR C/TOPADORA D6 175 HP	1	1	1	0	1
TRACTOR C/TOPADORA D7 230 HP	4	6	4	1	7
TRACTOR C/TOPADORA D8 305 HP	2	0	0	0	2
VOLQUETA 10 M3	50	110	109	5	115
LOWBOY 50-60 TON	1	2	1	0	2

**Fuente:** Elaboración propia.

### Equipo Complementario

EQUIPO COMPLEMENTARIO						
		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3		
EQUIPO COMPLEMENTARIO		CANTIDAD			STAND BY	MÁX TOTAL
COMPACTADORA MANUAL ROD LISO 8HP		2	2	2	2	4
EQUIPO DE APLICACION TERMOPLASTICA		0	0	1	0	1
EQUIPO DE FUSIÓN (FUSOR)		0	0	1	0	1
EQUIPO DE HIINCADO		0	0	1	0	1
EQUIPO PINTADOR DE PAVIMENTOS AUTOPROP. M2		0	0	1	0	1
GRUA AUTOPROPULSADA 20 TN		1	1	0	0	1
PERFORADORA NEUMATICA		1	1	1	1	2
VOLQUETA 6 M3		1	1	1	1	2
CAMIONETA DE SERVICIO 1.5 TN		1	1	1	0	1

Fuente: Elaboración propia.

### Equipo Accesorio

EQUIPO ACCESORIO						
		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3		
EQUIPO ACCESORIO		CANTIDAD			STAND BY	MÁX TOTAL
BOMBA DE AGUA 15 HP 4"		2	2	1	0	2
BOMBA DE AGUA 5 HP 2"		1	1	1	0	1
CORTADORA Y DOBLADORA DE HIERRO		3	3	1	0	3
SIERRA CIRCULAR 2 HP		3	6	1	0	6
CORTADOR DE HORMIGON 12 HP		0	0	1	0	1
MOTOSOLDADORA 6 HP		0	0	1	1	2
COMPRESOR TRANSP. 198 HP		1	1	1	0	1

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente en la siguiente tabla, se muestra el equipo y/o maquinaria mínimo para el Mantenimiento de la Vía.

### Equipo y/o maquinaria para el rubro de Mantenimiento de la Vía

EQUIPO MÍNIMO PARA MANTENIMIENTO DE LA VIA	DURACIÓN			DURACIÓN	STAND BY	MÁX TOTAL
	11.0 meses	10.5 meses	7.5 meses	TOTAL		
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	29.0 meses		
BOMBA DE AGUA 5 HP 2"	1	1	1	0	1	
CAMION CISTERNA 10000LT	1	1	1	0	1	
COMPACTADORA RODILLO LISO CS 563 145	1	1	1	0	1	
MOTONIVELADORA 120H 125 HP	1	1	1	0	1	
TRACTOR AGRICOLA C/ARADO DE DISCOS	1	1	1	0	1	
VOLQUETA 10 M3	1	1	1	0	1	

Fuente: Elaboración propia

El equipo mínimo requerido en obra de tipo permanente y a requerimiento queda de la siguiente manera:

PERMANENTE					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	POTENCIA	CAPACIDAD
1	BOMBA DE AGUA 15 HP 4"	UND.	2	15 HP	
2	BOMBA DE AGUA 5 HP 2"	UND.	1	5 HP	
3	CAMION CISTERNA 10000LT	UND.	8	180 HP	10000 LT
4	CAMION ESTACAS MAYOR A 4TON	UND.	1	200 HP	4 TON
5	CARGADORA FRONTAL 924F 105 HP	UND.	10	105 HP	
6	COMPACTADORA NEUMATICA PS-180 77 HP	UND.	5	77 HP	
7	COMPACTADORA PATA DE CABRA CP533 14	UND.	4	80 HP	
8	COMPACTADORA RODILLO LISO CS563 145	UND.	6	145 HP	
9	DISTRIBUIDOR DE AGREGADOS 100 HP	UND.	2	100 HP	
10	DISTRIBUIDOR DE ASFALTO 180 HP	UND.	1	180 HP	
11	ESCOBA MECANICA NO AUTOPROPULSADA	UND.	3		
12	EXCAVADORA DE ORUGAS 312B 84 HP	UND.	5	84 HP	
13	EXCAVADORA DE ORUGAS 320B 128 HP	UND.	2	128 HP	
14	GRUPO ELECTROGENO 100 KVA	UND.	3		100 KVA
15	GRUPO ELECTROGENO 320 KVA	UND.	2		320 KVA
16	GRUPO ELECTROGENO 50 KVA	UND.	6		50 KVA
17	LOWBOY 50-60 TON	UND.	2		50/60 TON
18	MEZCLADOR DE HORMIGON 300 LT	UND.	9		300 LT
19	MOTONIVELADORA 120H 125 HP	UND.	6	125 HP	
20	MOTOTRAILLA 621F 330 HP	UND.	3	330 HP	
21	PLANCHA VIBRATORIA VPB 1350 5 HP	UND.	1	5 HP	
22	PLANTA CALENTADORA DE ASFALTO	UND.	1	170 HP	
23	PLANTA CLASIFICADORA ESTAC. 120 M3/H	UND.	1		120 M3/H
24	PLANTA DE ASFALTO ESTAC. 150 TN/H	UND.	1		150 TN/H
25	PLANTA DOSIF DE SUELOS 120 M3/H	UND.	1		120 M3/H
26	PLANTA TRITURADORA 100 M3/H	UND.	1		100 M3/H
27	RETROEXCAVADORA 214-4T 90 HP	UND.	3	90 HP	
28	TERMINADORA DE CONCRETO ASF 100 TN/H	UND.	2		100 TON/H
29	TRACTOR AGRICOLA 90 HP	UND.	1	90 HP	
30	TRACTOR AGRICOLA C/ARADO DE DISCOS	UND.	4	90 HP	
31	TRACTOR C/TOPADORA D6 175 HP	UND.	1	175 HP	
32	TRACTOR C/TOPADORA D7 230 HP	UND.	7	230 HP	
33	TRACTOR C/TOPADORA D8 305 HP	UND.	2	305 HP	
34	VIBRADOR DE INMERSION 4 HP	UND.	6	4 HP	
35	VOLQUETA 10 M3	UND.	115	300 HP	10 M3
DE ACUERDO A REQUERIMIENTO					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	POTENCIA	CAPACIDAD
1	BOMBA DE AGUA 5 HP 2"	UND.	1	5 HP	
2	CAMION CISTERNA 10000LT	UND.	1	180 HP	10000 LT
3	CAMIONETA DE SERVICIO 1.5 TN	UND.	2		15 TON
4	COMPACTADORA RODILLO LISO CS563 145	UND.	1	145 HP	

## Resumen Ejecutivo

5	COMPRESOR TRANSP. 198 HP	UND.	1	198 HP	
6	CORTADOR DE HORMIGON 12 HP	UND.	1	12 HP	
7	CORTADORA Y DOBLADORA DE HIERRO	UND.	3		
8	EQUIPO DE APLICACION TERMOPLASTICA	UND.	4	5 HP	
9	EQUIPO DE FUSIÓN (FUSOR)	UND.	1	5 HP	
10	EQUIPO DE HIINCADO	UND.	1	180 HP	
11	EQUIPO PINTADOR DE PAVIMENTOS AUTOPROP. M2	UND.	1	5 HP	
12	GRUA AUTOPROPULSADA 20 TN	UND.	1	128 HP	20 TON
13	MOTONIVELADORA 120H 125 HP	UND.	1	125 HP	
14	MOTOSOLDADORA 6 HP	UND.	2	6 HP	
15	PERFORADORA NEUMATICA	UND.	1	35 HP	
16	SIERRA CIRCULAR 2 HP	UND.	6	2 HP	
17	TRACTOR AGRICOLA C/ARADO DE DISCOS	UND.	1	90 HP	
18	VOLQUETA 10 M3	UND.	1	300 HP	10 M3
19	VOLQUETA 6 M3	UND.	2	245 HP	6 M3

El equipo a requerimiento es aquel necesario para la ejecución de alguna actividad específica; por lo que no se requiere su permanencia y disponibilidad permanente en la obra.

Para la firma del contrato el proponente adjudicado, presentará un Certificado de Garantía de operatividad y adecuado rendimiento del equipo y maquinaria ofertado por todo el plazo de construcción de la obra.