

2. DESCRIPCION DEL PROYECTO

2.1 Antecedentes Generales

➤ Descripción General

La empresa TRANSIERRA S.A., perteneciente al grupo PETROBRAS BOLIVIA S.A., contempla la construcción y operación del proyecto Gasoducto Yacuiba - Río Grande en la República de Bolivia, el que se extiende desde la zona de Yacuiba, hasta la Planta de Compresión de Río Grande. A continuación se adjunta mapa de ubicación.

El gas se extraerá directamente de los campos de San Alberto y San Antonio ubicados sobre las serranías del Subandino.

➤ Transporte de Gas Natural

El sistema de transporte será construido y operado por la empresa TRANSIERRA S.A. y contempla el transporte de gas natural a la Planta de Compresión de Río Grande situada a unos 60 km al Sudeste de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

El trazado principal comienza en la interconexión con el gasoducto San Alberto-Yabog, dirigiéndose en dirección norte para cruzar el río Pilcomayo a unos 9 km aguas debajo de la ciudad de Villamontes. Prosiguiendo su trazado muy cercano a los pueblos de Taiguati y Tigüipa en el departamento de Tarija, estación Macharetí y Ñancorainza en el Departamento de Chuquisaca. Continuará en territorio del Departamento de Santa Cruz siguiendo mayoritariamente el trazado del gasoducto existente. El cruce del Río Parapetí se realizará por un trazado entre los pueblos de San Antonio del Parapetí y San Francisco aprovechando lo angosto del cauce del río en esa región. Prosigue luego hacia el Norte lindante al trazado del ducto existente.

La totalidad del trazado será subterráneo, no se realizarán obras de conducción aérea. De este modo el trayecto del trazado principal se extiende por un total de más de 430 kilómetros con diámetro de tubería de 32 pulgadas. El gasoducto ha sido dimensionado para una demanda máxima de 23 millones de metros cúbicos al día a partir del año 2004, siendo que para el 2002 se tiene previsto el transporte de 12,8 MMm³/día.

La inversión total estimada para el sistema de transporte, es de aproximadamente US\$ 315 millones de dólares americanos (\$us 315.000.000.00)

➤ **Propiedades del Gas Natural**

El producto comercializado como gas natural, es principalmente una mezcla de metano y etano, con una pequeña fracción de propano.

La principal cualidad que posee el gas natural, es la de ser un combustible más "limpio" (menos contaminante) que el resto de los de origen fósil. El contenido de azufre es prácticamente nulo (menor que 100 mg/m³ como azufre total) y su combustión no da lugar a residuos, formación de humos negros, cenizas y/o escorias (cuando se opera bajo condiciones normales).

➤ **Descripción de las Propiedades Físico Químicas del Gas Natural**

Componente	Composición Molar (%)
Metano	90,57
Etano	4,48
Propano	1,43
i-Butano	0,28
n-Butano	0,38
i-Pentano	0,16
n-Pentano	0,11
Hexano	0,09
Heptano	0,04
Nitrógeno	0,55
Dióxido de Carbono	1,91

Peso Molecular: 18,20
Densidad: 0,627
Poder calorífico superior: 9.383,4 kcal/m³
Poder calorífico inferior: 8.458,6 kcal/m³
Temperatura de referencia de medición de caudal: 15,6 °C/60 °F
Presión de referencia de medición de caudal: 1 atm/14,96 psig.

El gas natural será procesado en la planta desgasolinadora del tipo de absorción de San Alberto, siendo tratado para corregir su acidez y posteriormente deshidratado.

El contenido de azufre es de 0,00%.

El punto de condensación es de 7,2 °C @ 45 kgf/cm²g.

El contenido de agua es de 5,9 Bbl/MMSCF (1 atm @ 15 °C).

Pese a que se espera ausencia de corrosión, se instalarán puntos de medición de corrosión los que serán colocados en Yacuiba y Río Grande.

2.2 Objetivos y Justificación del Proyecto

El objetivo del proyecto es producir gas de los campos gasíferos del Sur de Bolivia y exportar este gas natural a Brasil e impulsar la construcción de plantas termoeléctricas y probablemente petroquímicas en ambos países.

Los efectos positivos que producirá la operación del proyecto, así como la sustitución de otras fuentes de energía por gas natural, son de diversa naturaleza y complejidad.

Las consecuencias positivas están asociadas por un lado a un ahorro neto en el uso de recursos energéticos como por ejemplo petróleo, leña, carbón, recursos hídricos, etc. y por otro, a la sustitución de éstos por un combustible más limpio como el gas natural.

Como ejemplo, se pueden mencionar los siguientes efectos positivos que justifican la ejecución de este proyecto:

- Reducción de emisiones de contaminantes descargados a la atmósfera, principalmente fuentes fijas.
- Reducción en la cantidad de residuos industriales líquidos, dado que los procesos que usan gas natural como energético requieren, por lo general, menores cantidades de agua;
- Disminución en la generación de residuos sólidos, ya que la combustión del gas natural es un proceso limpio en comparación a otros, donde la cantidad de material particulado generado en el proceso de manejo y refinación del combustible es nulo y en el de combustión bastante menor que en otros procesos.
- Ingresos para las arcas públicas y su distribución a través de las regalías.

Otra consecuencia beneficiosa asociada al proyecto corresponde al incentivo para la instalación de industrias y otras actividades productivas en las regiones que serán abastecidas por el gasoducto: Plantas termoeléctricas y petroquímicas.

➤ **Volúmenes Estimados de Transporte**

El gasoducto ha sido dimensionado para una demanda de 12,8 millones de metros cúbicos al día (año 2002) y de 23 millones de metros cúbicos al día (año 2004).

➤ **Volúmenes Estimados de Ocupación Laboral**

Durante el período pico de construcción del proyecto se estima que será necesario contratar un total de unas 1.120 personas en la línea principal que resume la mano de obra requerida durante todas las etapas requeridas para un proyecto de esta magnitud.

Las contrataciones durante la etapa de construcción serán desarrolladas directamente por la o las empresas que se adjudiquen el contrato del proyecto.

➤ **Cronograma de Actividades y Vida Útil del Proyecto**

La construcción del proyecto se iniciará a mediados del año 2001, para finalizar aproximadamente a mediados del año 2002. La vida útil del proyecto se estima en 40 años.

2.3 Aspectos Técnicos

➤ **Ubicación de las instalaciones**

El GASYRG (Gasoducto Yacuiba – Río Grande) es una instalación de transporte de gas natural que recibe en Yacuiba, Departamento de Tarija, el gas producido de los campos San Alberto y San Antonio para ingresar en Río Grande, Departamento de Santa Cruz, al gasoducto Bolivia – Brasil. (GASBOL), teniendo una extensión de cerca de 430 km, atravesando Bolivia en dirección norte.

La configuración del GASYRG fue determinada mediante un estudio de simulación termo-hidráulica, donde fueron considerados los caudales a emplear, las distancias de transporte y las condiciones de despacho y entrega del gas. Del estudio resultaron:

- ✓ Las condiciones de operación.
- ✓ El patrón de la línea.
- ✓ Número de estaciones de compresión.
- ✓ Cantidad de máquinas en la estación.

➤ **Configuración del sistema**

El GASYRG estará constituido por una línea troncal, desde la región de Yacuiba, pasando por Sachapera, recorre al Este de Villamontes, Tigüipa, Ñancorainza, San Francisco del Parapetí, recorre al Este de Charagua, Saipurú hasta la Planta de Compresión de Río Grande, punto inicial del Gasoducto Bolivia-Brasil.

Las estaciones de compresión, la estación de medición fiscal para transferencia, el sistema de supervisión, control y adquisición de datos, el sistema de protección catódica y los sistemas de telecomunicaciones, son también partes importantes del GASYRG.

2.4 Componentes del Gasoducto y Localización Geográfica

➤ Línea troncal

La línea troncal se compone desde Campo Grande hasta Río Grande con presión de proyecto de 1422 psig (MAOP) con cañería de 32” de diámetro exterior.

➤ Estaciones de compresión

1 estación de compresión situada en: Tigüipa (progresiva km 113)

1 estación de compresión situada en: San Francisco (km 232)

1 estación de compresión situada en: Río Grande (km 430)

➤ Estación de Medición (Medición Fiscal) (EMED):

Se tiene previsto una estación de Medición Fiscal (EMED) situada en el final del ducto, junto a la estación de compresión de ANDINA S.A. en Río Grande.

➤ Estaciones Intermedias de Medición Operativa (EMOP):

Las estaciones Intermedias de Medición Operativa (EMOP), serán instaladas en el inicio del gasoducto, en Yacuiba (progresiva 0 km), en la entrada de gas del Campo de San Antonio (aproximadamente en la progresiva 61 km) y en las estaciones de “scrapers” de Tigüipa y de San Francisco.

➤ **Estaciones de Control de Caudal**

Tres (3) estaciones de control de caudal integrarán el GASYRG cuyas ubicaciones serán: una al inicio, en Yacuiba (progresiva 0 km), otra en la entrada de gas del campo de San Antonio (km 61) y la última situada en el final del gasoducto (km 436).

➤ **Central de Supervisión y Control**

Será ubicada en San Alberto a construirse en las instalaciones de la Planta de Proceso de PETROBRAS. Su operación en las estaciones de compresión y la medición será normalmente no-asistida. El GASYRG será operado a través de su sistema de Supervisión y Control (SCADA), cuya transmisión de datos será asumida por su Sistema de Telecomunicaciones.

➤ **Descripción General de los Sistemas**

Control

El GASYRG será operado desde la Central de Supervisión y Control (CSC) situada en San Alberto y su operación en las estaciones de compresión y la medición será normalmente no-asistida.

Se prevé un sistema SCADA del GASYRG con una configuración jerarquizada, en forma piramidal, donde en la base se encuentran los instrumentos de campo y en la cima el Centro de Supervisión y Control (CSC).

Para interconectar los varios equipamientos de un mismo nivel se utilizarán redes locales (LANS) del tipo Ethernet, empleando protocolo de comunicaciones TCP-IP.

Además de las funciones básicas descritas, el SCADA poseerá también algunas funciones avanzadas. El GASYRG contará inicialmente con las siguientes funciones:

- Visor con presentación gráfica de la pendiente hidráulica de la línea
- Sistema de detección de pérdidas
- Sistema de acompañamiento de “scrapers” (chanchos)
- Sistema de cálculo de empaquetamiento de la línea

➤ **Comunicación**

El sistema de comunicaciones del GASYRG se realizará por medio de la estación VSAT y teléfono celular para transmisión de voz.

La definición final del sistema de comunicación se efectuará luego de la reunión entre la operadora local, ENTEL y PETROBRAS BOLIVIA S.A.

➤ **Transmisión de Datos**

Como se mencionó la comunicación de datos se realizará a través de la estación VSAT. Para intercomunicar las CDC's y el campo se utilizará un sistema de comunicación vía satélite VSAT, que utiliza los satélites con servicios administrados por ENTEL y serán usados en la estación de compresión y en la EMED pues estas locaciones requieren una supervisión continua.

En el sistema VSAT, dado que los datos necesitan de una mayor continuidad en su comunicación, poseen un sistema de “back-up” o seguridad por línea telefónica normal, esto es, ante una falla del sistema VSAT, automáticamente los datos continúan fluyendo por el sistema de telefonía. Este sistema será confirmado considerándose la confiabilidad del sistema de telefonía local.

Las estaciones VSAT son de alto tráfico y serán instaladas en el CSC, en las estaciones de compresión y en la estaciones de medición.

➤ **Transmisión de voz.**

Se utilizará teléfono celular.

➤ **Capacidad Teórica y Sustentable de las Instalaciones**

El GASYRG está proyectado para operar con una capacidad inicial de 452 millones de pies cúbicos por día, con las instalaciones de compresión de Tigüipa y Río Grande.

Luego incorporando las instalaciones de la estación de compresión de San Francisco será de 812 millones de pies cúbicos por día.

La implementación y evolución del GASYRG hasta alcanzar la capacidad de transporte del proyecto final se prevé de acuerdo a la siguiente tabla:

Capacidad de Transporte

AÑO DE OPERACION	CAUDAL		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN		
	MMM3/D 1 Atm 15,6° C	MM SCF/D 14,96 psig 60° F	TIGUIPA	SAN FRANCISCO	RIO GRANDE
			Potencia requerida BHP	Potencia requerida BHP	Potencia requerida BHP
2002	12,8	452	7950	---	5650
2003	17,2	607	10800	7850	6850
2004	23,0	812	15750	23100	24000

➤ **Criterio de Dimensionamiento Mecánico**

El dimensionamiento mecánico del gasoducto surge de la fórmula de Barrow, especificada en la norma ANSI B31.8:

$$e = \frac{P D}{2 S F E T}$$

Donde:

- P = presión de diseño
- D = diámetro externo
- S = tensión de fluencia
- F = factor de diseño
- E = factor de junta longitudinal
- T = factor de temperatura
- e = espesor nominal

➤ **Dimensionamiento mecánico**

En el cuadro abajo indicado surge, con el diámetro nominal del caño, el espesor a ser utilizado, conforme a la fórmula de Barlow y las premisas adoptadas:

- S = tensión de fluencia API 5L Gr.X70 70.000 psi
- E = factor de junta longitudinal SAW
- T = factor de temperatura hasta 121 °C
- F = factor de diseño (relativo al tipo de locación)
 - clase 1, división 2 0,72
 - clase2, 0,6
 - clase3, 0,5
 - clase4, 0,4

Espesor Nominal de la Tubería (E) (Pulgada)

Diámetro	Presión del Proyecto	Clase 1 div. 2	Clase 2	Clase 3	Clase 4
32"	1422	0,452	0,542	0,651	0,813

➤ **Capacidad del Sistema**

La potencia neta requerida en dichas estaciones suman alrededor de 46.000 HP para el transporte de 23MM m³/d de gas en régimen de flujo permanente. Teniendo en cuenta las pérdidas, el régimen transitorio de demanda y capacidad de reserva, la potencia total instalada será del orden de 63.000 HP.

➤ **Clasificación del Gasoducto**

El proyecto, construcción y montaje de las líneas del GASYRG obedecerá en general a la norma ASME B31.8 “Gas Transmission and Distribution Piping Systems”, además de especificaciones generadas especialmente para el emprendimiento.

Las líneas serán construidas con cañería de acero al carbono con juntas soldadas, con revestimiento anticorrosivo y enterradas en toda la extensión.

Serán instaladas las válvulas de bloqueo, a intervalos previstos en la norma del proyecto, de acuerdo a la siguiente distribución:

Intervalo de instalación de válvulas de bloqueo

Clase	1	2	3	4
km	32	24	16	8

Las válvulas de bloqueo serán provistas con actuadores neumáticos a gas natural, algunos con comando remoto. Los actuadores neumáticos tendrán pilotos para el cierre de la válvula por baja presión y por alta velocidad en la caída de presión. Las válvulas de bloqueo de línea tendrán “by-pass” de 12 pulgadas de diámetro, con doble bloqueo y venteo con bridas ciegas para la ventilación de la línea.

➤ **Futuras Ampliaciones en el Ducto a lo Largo de la Ruta**

No están previstas modificaciones o ampliaciones en el gasoducto.

➤ **Descripción y Justificación de la Selección de los Materiales**

La cañería de la línea troncal, será de acero al carbono API 5L Gr. X-70, complementado por la especificación técnica, donde se establece la lista de los componentes químicos y los ensayos a ser realizados.

Las válvulas serán esféricas, tipo conduit, paso total, tipo TRUNION Mounted y fabricadas de acuerdo con API 6D. Las bridas de las conexiones serán provistas de acuerdo con la MSS-SP-44 Material Gr. F70 y MSS-SP-75 Material Gr. WPHY70.

➤ **Justificación**

Los materiales arriba especificados, se adoptan en virtud de su utilización en larga escala en la industria de transporte por ductos y de acuerdo con la norma de proyecto, ASME B31.8 – Gas Transmission and Distribution Piping Systems, Capítulo I.

➤ **Protección catódica**

El sistema de protección catódica será instalado durante la construcción del GASYRG por la constructora, para proveer protección contra la corrosión externa de las cañerías enterradas.

➤ **Equipamiento e instalaciones del sistema de protección catódica.**

El sistema de protección catódica del GASYRG tendrá los equipamientos e instalaciones siguientes:

- Rectificadores 80 V, 30 A.
- Anodos de titanio revestidos con óxidos de metales nobles, dimensiones 1.000 mm x 17 mm x 2,5 mm.

Los ánodos serán situados de modo que la corriente inyectada en la cañería produzca un potencial caño – suelo en la franja de $-0,85$ a $-1,1$ V medido en relación al electrodo de referencia de cobre-sulfato de cobre.

PTEs del tipo estacas de concreto serán instaladas cada 2,5 km en promedio.

La cañería tendrá juntas dieléctricas en los afloramientos de la estación de compresión y de la estación de medición.

El SPC será proyectado de forma de controlar las interferencias de las corrientes de fuga de los sistemas electrificados de vías de ferrocarril, en el caso de que existan.

En los afloramientos de la cañería en la estación de compresión y en la estación de medición se efectuará el monitoreo del potencial caño–suelo por medio de un instrumento medidor – transmisor de tensión cuya señal será enviada al ELOS.

Se podrán implementar las siguientes medidas protectoras:

En el caso de que, en los puntos de afloramientos, ocurran tensiones superiores a la máxima soportada por el revestimiento de la cañería (adoptado tradicionalmente como 5 kv) o al límite admisible por un ser humano, serán tomadas las medidas correctivas necesarias y realizada la simulación de las nuevas tensiones resultantes, hasta que se obtenga la condición de seguridad para las cañerías y los seres humanos. Entre las medidas correctivas, serán consideradas, inicialmente y en este orden, las siguientes alternativas:

- a) Modificación de la ubicación de un o más postes de la línea de transmisión.
- b) Utilización de descargadores a lo largo de la cañería.
- c) Tendido de un cable de blindaje en paralelo con la cañería.

En términos de seguridad personal en los puntos de afloramiento, el estudio considera, como medida correctiva, entre otras, el uso de una cama de piedra partida Nro. 2 sobre el suelo. En los casos más críticos, considera además de la piedra partida, la alternativa de incorporar mallas de equalización de potenciales.

Normas, Estándares y Códigos a Ser Utilizados

Diseño	ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping Systems –1995
Fabricación de cañerías	API 5L Specification For Line – APR/95
Electricidad	IEC International Engineering Comission
Bridas	ANSI B16.5 Pipe Flanges and Flanged Fittings – 1988
Compresores Centrífugos	API 617 Feb/95 (com algúns desvío)
Turbina a Gas	API 616 Ene/98 (com algúns desvío)
Medición	AGA
Reports	No. 3 Orifice Meter – Nov/84 No. 7 Turbine Meter – Nov/84 No. 8 Comprensibility – Nov/84 No. 9 Ultrasonic Meter – Jun/84
Válvulas	API 6D Specification for Pipeline Valves (gate, plug, ball, check valves) – MAR/94
Intercambiadores de Calor	TEMA Tubular Exchanger Manufactures Association, Inc.- 1998
Conexiones	MSS-SP-75 Specification
Bombas Rotativas	API 676 Ene/94

2.5 Estaciones de Compresión

➤ Construcción de las Estaciones de Compresión

Se construirán un total de 3 estaciones de compresión. Estas se localizarán en Tigüipa, San Francisco y Río Grande.

Las estaciones de compresión están destinadas a mantener una presión apropiada de gas y para satisfacer las demandas del cliente a través del sistema. Cada estación abarcará un área de 300 por 300 m, la que será cercada. Para la construcción de cada estación compresora se procederá al despeje, nivelación y compactación del terreno y se cercará el área de trabajo.

La instalación de la tubería requiere de una alta presión de gas, gas combustible, aceite lubricante, aire comprimido y sistema de emergencia en caso de suspensión del sistema. El trabajo mecánico requerirá de la instalación de equipos tales como: turbina de gas, equipo auxiliar de compresión, compresores de aire, generador y enfriador de gas. Adicionalmente se utilizará un generador diesel portátil hasta que se ponga en servicio el generador de abastecimiento de gas.

➤ Tipo de Compresión

El GASYRG tendrá tres estaciones de compresión cuya instalación en la implantación evolución de aumentos de capacidad de compresión, y características técnicas y operacionales, se describen en este ítem.

➤ Aspectos generales

Las turbinas de las estaciones de compresión serán adquiridas con potencia ISO superior a la requerida por los compresores en el punto de operación especificado debido a:

- a) Descuento debido a la presión y altitud.
- b) Descuento debido a la temperatura.
- c) Descuento debido a la humedad.
- d) Descuento por pérdida de carga en el filtro de entrada.
- e) Descuento por pérdida de carga en la chimenea de descarga.

➤ **Descripción de las estaciones de compresión**

Las estaciones de compresión serán diseñadas para 3 unidades, siendo una de reserva. Cada unidad estará compuesta por un compresor centrífugo accionado por una turbina a gas y con su propio sistema de supervisión y protección.

Las estaciones de compresión estarán provistas de servicios para operación autónoma e independientes de servicios a terceros, tales como energía eléctrica, agua y telecomunicaciones.

Estas estaciones serán proyectadas para operar sin operadores en la planta; previéndose que en el primer año de operación será asistida por los técnicos de los proveedores de los equipamientos. Todos los comandos de control y los datos de operación estarán en el Centro de Supervisión y Control (CSC).

➤ **Elementos de la estación de compresión**

Los principales equipos y sistemas con que contará la estación de compresión, son:

- **Gas Scrubber**

Un Separador de gas (“gas scrubber”) será instalado a la entrada de la estación de compresión, para la retención de partículas en suspensión en la corriente del gas a comprimir.

- **Compresores de gas natural**

Los compresores centrífugos serán del tipo API 617 con acoplamiento directo. Los compresores serán adquiridos para cumplir con el siguiente punto de operación:

caudal de 6,5 al 19,5 MM m³ /día medidos @ 15,6° C y 1,033 kgf/cm² abs,
presión de succión de 62 al 92 kgf/cm² manométrica,
temperatura de succión de 28 al 34° C,
presión de descarga de 99,85 kgf/ cm² manométrica, y
temperatura de descarga de 51° C.

- **Post enfriadores**

La temperatura del gas después de la compresión, se bajará por medio de aerenfriadores para mantener la temperatura dentro de los límites tolerables por los materiales del gasoducto, en especial el revestimiento anticorrosivo externo y por la geometría de la cañería de la estación y del gasoducto, previniendo tensiones excesivas.

- **Sellado de compresores**

Los compresores centrífugos estarán dotados de sellos mecánicos secos, 2 de cada lado, con gas de buffer entre ellos y externamente con barrera de aire.

El aire de barrera de los compresores de gas natural será provisto por el sistema de compresión de aire, que alimenta también las válvulas de bloqueo y control de los compresores.

- **Turbinas a gas**

Las turbinas a gas serán de dos ejes, tipo API 616 con las excepciones admitidas.

Cada turbina será acondicionada en una caseta provista de aislamiento termoacústico, filtro de entrada de aire y silenciador de ruido de salida de gases de escape.

- **Sistema de aceite lubricante**

Cada unidad de compresión tendrá un sistema de aceite lubricante que abarcará el compresor y la turbina a gas.

- **Gas combustibles**

El gas combustible consumido por las turbinas de los compresores y por los motores de generadores eléctricos será provisto por el gasoducto, filtrado y calentado para el consumo.

Un filtro depurador estará instalado a la entrada de cada estación de compresión.
Filtro tipo coalescente, FT-01 A/B.

Los calentadores para acondicionamiento del gas de consumo serán distintos para las turbinas y los motores.

Calentador a agua P-01 para combustible de las turbinas.

Calentador a agua P-02 para combustible del motor del generador.

- **Compresor de aire**

El aire necesario para el sellado de los compresores y accionamiento de válvulas de bloqueo de los compresores y válvulas de control “antisurge” será provisto por un compresor principal, mas uno de reserva.

El compresor de aire será del tipo tornillo con presión de descarga de 7,0 kgf/cm².

- **Arranque de la turbina a gas**

El arranque de las turbinas a gas de combustión interna se efectuará con turbinas de expansión a gas natural sin combustión. El gas natural expelido por la turbina de arranque será ventilado por una chimenea de gas de arranque. Cada turbina a gas natural de combustión interna estará compuesta de una turbina de arranque.

- **Chimenea de venteo de gas de arranque**

La estación contará con una chimenea de ventilación del gas ante una emergencia, la que contará con su correspondiente arrestallamas.

- **Agua**

El agua necesaria será provista por medio de instalación de pozos, bomba de pozo y tanque elevado del predio de la estación de compresión.

- **Abastecimiento de Energía Eléctrica**

El abastecimiento de energía para la estación de compresión será realizado por dos grupos motogeneradores, en la tensión de 380/220 V. Cada grupo tendrá capacidad para abastecer toda la carga eléctrica de la estación.

Los motores generadores serán aptos para servicio continuo, operador en paralelo, grado de protección IP-54 y nivel de ruido limitado a 85 dB a 1 m del motor.

- **Distribución de Energía Eléctrica de Bombeo.**

La distribución de energía eléctrica en la estación de compresión será efectuada a través de un panel tipo CDC (Centro de Distribución de Cargas), con disyuntores tipo "Power" con bandejas reemplazables alimentando paneles del tipo CCM (Centro de

Control de Motores), con bandejas reemplazables y salidas protegidas por disyuntores. Además del CCM para alimentación de las cargas de la estación, cada motogenerador poseerá su propio tablero CCM que alimentará todas sus cargas.

➤ Niveles de Tensión y Distribución

	Nº de fases	Tipo de puesta a tierra	Cargas
380/220 V	3	Sólidamente conectado	Motores y cargas resistivas
120 V	1	Sólidamente conectado	Control de motores
120 Vac UPS	1	Aislado	Cargas críticas (Nota 1)

Nota 1 – Cargas críticas:

- Sistema de supervisión y control
- Comunicación
- Iluminación de emergencia
- Control de los disyuntores
- Alimentación de relés de protección

➤ Sistema Ininterrumpido de Energía Eléctrica

Las cargas eléctricas críticas de la estación deben ser alimentadas por un sistema ininterrumpido de energía, con baterías para 3 (tres) horas de operación, transformador de “by-pass”, llave automática y llave manual, en la tensión de 120 Vac. De necesitarse otros niveles de tensión, estos serán abastecidos por este sistema.

Cada motogenerador tendrá su propio sistema ininterrumpido de energía o sistema de corriente continua, sus baterías tendrán capacidad para 3 horas, para las cargas críticas.

➤ **Sistema de Iluminación**

La tensión del sistema de iluminación será de 380/220 V. El nivel de iluminación se ajustará a lo indicado en la norma API 540. Deben ser usadas lámparas fluorescentes para ambientes internos y vapor de mercurio para la sala de bombas y calles.

➤ **Sistema de Supervisión y Control del Sistema Eléctrica**

El sistema de Supervisión y Control del Gasoducto (SCADA) adquirirá los datos digitales y analógicos del sistema eléctrico para su supervisión y control.

➤ **Puesta a tierra**

La estación poseerá una red de puesta a tierra que abarcará toda su área, cumpliendo los requisitos del IEEE std 142 y de la norma NFPA 70.

➤ **Áreas clasificadas**

La clasificación de áreas y la especificación de equipamientos eléctricos para las áreas clasificadas serán diseñadas conforme al IEC 79-10, complementado por la norma API RP-505.

➤ **Instalaciones Eléctricas Subterráneas.**

Las instalaciones subterráneas se efectuarán mediante cañeros metálicos rígidos los que cumplirán la norma NFPA 70.

➤ **Sala de Paneles**

La sala de paneles eléctricos será realizada en una construcción con techo premoldeado, con canaletas (trincheras) en el piso para los cables eléctricos.

Esta sala estará situada en un área no clasificada y tendrá dos extractores con filtros para ventilación.

➤ Regulaciones Sobre el Medio Ambiente

Todas las estaciones de compresión, en cuanto a los índices de emisión de gases y ruido, estarán dentro de los niveles mínimos establecidos en la legislación ambiental.

➤ Capacidad Teórica

Flujo de Gas Teórico

Año	Caudal mmm ³ /dia	Caudal mmscf/dia
2002	12.8	452
2003	17.2	607
2004	23	812

Sistema De Medición

➤ Descripción del Proceso

La Estación de medición en Río Grande contará con dos procesos:

Sistema de medición de Caudal: este sistema efectúa la medida de caudal instantánea a partir de la pérdida de presión en una placa orificio calibrada. A través de señales enviadas por instrumentos medidores de presión, temperatura, densidad y pérdida de presión en la placa orificio se tiene el cálculo del caudal instantáneo del gas y su integración en el tiempo.

Sistema de Análisis: este sistema se destina a coleccionar muestras de gas natural para que se efectúen los diversos análisis físico-químicos necesarios.

➤ **Descripción del tipo de Unidad**

La estación está destinada a efectuar las siguientes medidas:

- Punto de rocío del gas (ASTM- D1142)
- Punto calorífico del gas (ASTM – D3588)
- Densidad relativa del gas (ASTM – D3588)
- Tensión de vapor (ASTM – D1142)
- Composición del gas natural
- Detección de presencia de gas sulfídrico y mercaptanos
- Análisis de la cantidad de azufre total
- Detección de presencia de mercurio
- Caudal instantáneo y totalizado
- Presión

➤ **Registadores de Presión y Temperatura.**

En cada ramal de medición serán instalados dos transmisores de

- Presión diferencial
- Presión estática
- Temperatura

Los registros de estos instrumentos se efectuarán con capacidad de registro de 24 horas diarias en cartas circulares de 12” de diámetro.

• **Transmisores Electrónicos**

En cada ramal de medición serán instalados transmisores de precisión diferencial, presión estática y temperatura con las siguientes características básicas:

Tecnología – transmisor electrónico inteligente

- **Caudalímetro**

Para el cálculo de caudal instantáneo y total, los computadores de caudal deben ser alimentados con los valores de presión diferencial, presión estática, temperatura y densidad.

- **Estación de Medición y Puertos de Medición**

La estación será dotada de cuatro puentes de medición, de 12" de diámetro, siendo uno de reserva. Los puentes estarán dotados de válvulas de bloqueo automático que abrirán o cerrarán de acuerdo con la lógica implantada en el sistema de control, y de acuerdo con el valor medido de presión diferencial en el transmisor.

2.6 Descripción del proceso de Construcción del Proyecto

Principales actividades de la Construcción del Proyecto

➤ Equipamiento para la Construcción

La construcción del gasoducto requerirá de una serie de equipamiento que consiste en maquinaria pesada, vehículos livianos, máquinas, instrumentos, etc., que a continuación se detallan:

- **Maquinaria Pesada**

El equipo necesario para la construcción incluye maquinaria pesada y camiones, que se movilizarán a través de los caminos de acceso, siendo las máquinas pesadas las que se localizarán dentro del DDV. Entre estas máquinas se incluyen topadoras, cargadores frontales, retroexcavadoras, motoniveladoras, tractores, escarificadores,

etc, los que se utilizarán en el despeje, nivelación, excavación y relleno de las zanjas, también se requerirá maquinaria para el constante movimiento de los tubos, ya sea para alinearlos, prepararlos, soldarlos e instalarlos en ellas. Por otra parte, se requerirán camiones para el traslado de tubería, de combustible, de materiales de desecho y relleno y en general, para todo lo que implique el transporte de materiales y máquinas hacia los distintos puntos de construcción.

- ***Vehículos Livianos***

Se requerirán vehículos para el traslado de personal a los diferentes lugares de trabajo y para el movimiento de los trabajadores, máquinas y materiales a los distintos frentes de construcción, que consistirán principalmente en camionetas simples y con tracción en las 4 ruedas. También se requerirá el uso de ómnibus simples para 25 pasajeros de capacidad.

- ***Máquinas***

Estas corresponden a equipos que sólo se pueden trasladar por medio de camiones o camionetas y corresponden a máquinas para cortar, doblar y soldar la tubería. También se utilizarán máquinas para el bombeo de agua, para la inspección radiográfica, para perforaciones, para reparar abolladuras y para el revestimiento de la tubería, entre otras.

- ***Instrumentos y Herramientas***

El proceso de construcción requerirá de diversos instrumentos entre los cuales están los detectores de ultrasonido, los que se utilizan para probar la solidez de la tubería ya soldada, instrumentos de medición para la prueba hidráulica, limpiadores a vapor y abrazaderas que servirán para sujetar los tubos cuando se necesite moverlos o instalarlos en la zanja.

- **Misceláneos**

En general la construcción del gasoducto requiere de innumerables elementos, que si bien, no son de gran envergadura, no son menos importantes. Entre ellos se encuentran las válvulas, llaves, tubos, antorchas de propano, generadores de electricidad, móviles con radio, depósitos, compresores de aire, explosivos, casetas para revelar películas, instrumentos que se utilizarán en la prueba hidrostática, talleres mecánicos y estaciones de radio.

También se requerirá de plantas tamizadoras, que están destinadas a preparar material de relleno para la zanja en caso que sea necesario, ya que éste proceso se realiza por capas diferenciadas de materiales.

- **Instalación de los campamentos base y unidades de apoyo.**

Se requerirá por lo menos cuatro campamentos base a ser instalados a lo largo del trazado del gasoducto. Cada campamento deberá ser instalado considerando las siguientes premisas:

- Minimizar el impacto en tierras no intervenidas. Se seleccionará siempre sitios previamente intervenidos como áreas agrícolas, playas de ferrocarril, etc.
- Minimizar el número y tamaño de los campamentos.
- Maximizar áreas de uso múltiple, campamento y áreas de almacenamiento de materiales.
- Maximizar la infraestructura existente (camino, suministro de agua y energía).

Cada campamento albergará unas 250 personas aproximadamente y constará de un mínimo de las siguientes instalaciones:

- ✓ Oficinas.
- ✓ Dormitorios para personal técnico superior.
- ✓ Dormitorios para personal de obra.
- ✓ Sanitarios: duchas y baños.
- ✓ Comedores.
- ✓ Cocina y almacén
- ✓ Sala de guardia y enfermería.
- ✓ Talleres para reparación y mantenimiento.
- ✓ Planta generadora.
- ✓ Area de almacenamiento de combustibles y lubricantes.
- ✓ Planta de tratamiento de aguas grises y negras.
- ✓ Area de almacenamiento material tubular.
- ✓ Area para selección y disposición de residuos sólidos.

Todos los campamentos serán construidos siguiendo los requerimientos sanitarios vigentes referidos a las aguas servidas domésticas y a la disposición de residuos sólidos.

➤ **Instalaciones para la asistencia médica**

Estas instalaciones deberán contar con equipos médicos y suministros suficientes y adecuados para cubrir cualquier emergencia debido a enfermedades o accidentes. La asistencia permanente de un médico y de un enfermero garantizará la protección de todo el personal durante la etapa de construcción.

Previo al ingreso del personal a la obra se verificará la salud de todos los ingresantes y se los vacunará preventivamente contra las enfermedades tropicales.

El transporte de los trabajadores de los campamentos o ciudades al lugar de construcción se efectuará mediante ómnibus y camiones especiales. La maquinaria se trasladará mediante camiones.

Almacenamiento de combustibles y otras instalaciones conexas: el combustible se traerá desde diferentes ciudades a lo largo del trazado y se guardará en tanques de 20 a 30 m³ de capacidad siguiendo todas las normas ambientales y de seguridad además de las disposiciones del RASH. Este combustible se llevará hasta los distintos grupos de trabajo usando camiones de 9 a 10 m³ de capacidad.

Los productos lubricantes se guardarán en tambores metálicos o de resinas epóxicas de acuerdo al producto almacenado. Estos tambores se almacenarán sobre suelo impermeabilizado y dotado de muros cortafuego con la finalidad de evitar la contaminación y controlar posibles derrames.

Transporte y Características De Los Ductos

➤ Plan de Transporte y Logística

Se ha desarrollado un plan detallado de transporte y logística para recibir, transportar y distribuir la tubería de acero a utilizar en la construcción del gasoducto.

La tubería será comprada en el extranjero, enviada por vía marítima y recibida posiblemente en los puertos de Buenos Aires y Rosario en Argentina o en los puertos de Brasil. En cada uno de estos existirá un sitio de almacenamiento de tubería.

Desde los puertos, la tubería será transportada por ferrocarril a playas de almacenamiento ubicadas estratégicamente, a lo largo del trazado. Es de hacer notar que el trazado del ducto corre a poca distancia del ferrocarril que une las ciudades de

Yacuiba con Río Grande. (Ver en Anexo listado de estaciones de ferrocarril actualmente habilitadas).

Desde estas playas de almacenamiento, el contratista distribuirá la tubería a lo largo del trazado en áreas de almacenamiento cada 25 a 30 km. La cantidad de tubos es de unas 36.800 unidades.

El fabricante de tubos de acero, por lo general, los entrega en una longitud aproximada de 12 m por tubo.

La vida útil prevista para los materiales una vez instalados es de 40 años.

Antes de la llegada de la tubería, se identificarán e inspeccionarán las rutas disponibles para el transporte de material desde el puerto hasta el sitio de almacenaje temporal para evaluar sus aptitudes y capacidades de carga.

El único trabajo temporal previsto en el período de transporte para la distribución de materiales, es la preparación de sitios de almacenaje temporal para ellos. Estos sitios se rehabilitarán al término del proyecto.

Se usarán solamente camiones y grúas estándares para cargar, transportar y descargar tuberías y otros materiales destinados al proyecto.

Tecnología y Características de los Ductos

➤ Tubería de Acero

La tubería de acero será fabricada de acuerdo a las especificaciones del American Petroleum Institute (API) 5L en grados apropiados para los requerimientos de grosor de

pared y será diseñada y construida de acuerdo a los estándares del American Society of Mechanical Engineers y el American National Standards Institute (ASME/ANSI) B31.8, del Gas Transmission and Distribution Piping Systems (última edición); DOT Pipeline Safety Regulations, Part 191-Part 192, y el Reglamento de Seguridad para el Transporte y Distribución de Gas Natural (última edición). El diámetro interno de la tubería permitirá el paso de instrumentos para el mantenimiento e inspección. Los tubos serán fabricados con terminales planos y biselados para soldadura.

La superficie exterior de la tubería estará protegida usando un recubrimiento epóxico de un grosor mínimo de 14 milipulgadas. Antes de la instalación de la tubería, la cobertura deberá ser probada en caso de daños que puedan ocurrir durante la manipulación y transporte. Además del recubrimiento de FBE, la tubería que pase por humedales, será cubierta con concreto continuo o se le adicionarán pesos de concreto. Como alternativa al sistema de FBE, se ha considerado un sistema de cobertura de Polietileno TLPE (Three Layer Epoxy Primer Polyethylene).

El transporte de gas por medio de tuberías subterráneas es una operación segura y simple. El gas, al igual que otros fluidos, fluye naturalmente desde lugares de alta presión a aquellos de baja presión. El gas es compresible, de tal manera que mientras más alta sea la presión a la que pueda transportarse, menor será el volumen que ocupará una cantidad determinada y menor el diámetro de la tubería en la cual puede transportarse.

Para contener el gas a presiones más altas se necesita tuberías de mayor grosor o fabricadas con materiales más resistentes, de tal manera que la selección final de la presión operacional, el diámetro de la tubería y el grosor de las paredes de ésta, requieren de una solución que considere los distintos factores involucrados.

Existen varios factores en juego en el diseño de un sistema eficiente y seguro:

- Las tuberías subterráneas y sus instalaciones superficiales asociadas deben diseñarse y construirse de acuerdo a normas apropiadas y probadas usando materiales aceptables. El sistema debe además probarse adecuadamente después de la construcción en la forma establecida por las normas vigentes.
- El sistema así construido, necesita ser mantenido en buenas condiciones operacionales de acuerdo a normas apropiadas y probadas. El sistema debe además probarse adecuadamente después de la construcción en la forma establecida por las normas.
- Deben establecerse procedimientos operacionales para las distintas instalaciones a fin de procurar la operación segura del sistema.
- Debe entenderse muy bien y estar preparado para atender aquellos problemas que se presentan más frecuentemente en tales sistemas. La intervención humana, por ejemplo, manifestada como excavaciones realizadas por terceros cercanas al ducto, pueden ser una fuente de problemas; también puede serlo la corrosión externa de los sistemas de tuberías de acero (la corrosión es una causa menos frecuente de problemas que la intervención, pero también es importante). Obviamente ambos problemas deben ser bien entendidos y manejados.

Operación de las Estaciones Compresoras

➤ Estaciones Compresoras

Una vez que se instalen las estaciones compresoras, la primera planificada para el 2002 (Tiguipa) y la siguiente para el 2004 (San Francisco), operarán para satisfacer la demanda del mercado manteniendo presiones apropiadas de gas. Todas las estaciones se conectarán electrónicamente al Centro de Supervisión y Control.

Las estaciones de compresión se diseñarán para cumplir con todas las exigencias de seguridad nacionales e internacionales. Entre las características de seguridad presentes, se dispone de un sistema de corte de emergencia. En caso de una emergencia, incendio, desperfecto importante de equipo, etc., el sistema cerrará automáticamente la estación eliminando todo el gas del recinto de una manera controlada hacia la atmósfera.

Una vez que se encuentren en operaciones, cada estación compresora tendrá los siguientes requerimientos de combustible, energía eléctrica y agua:

- **Abastecimiento de combustible** - los compresores de turbina de gas usarán como combustible el gas natural del gasoducto. El consumo total (2 turbinas por estación compresora) será de unos 80.000 metros cúbicos al día.
- **Agua para servicios** –Como no se cuenta con servicio de agua corriente, será necesario perforar un pozo en las estaciones compresoras. Cada estación compresora, requerirá aproximadamente de 90.000 litros/mes.
- **Energía eléctrica** - Cada estación compresora contará con un grupo de generadores. Estos generadores serán abastecidos con gas natural del gasoducto.

El equipo compresor de turbina de gas usado para propósitos del diseño conceptual, es el modelo Solar con quemadores. Las turbinas de gas deben ser sometidas a revisión general en base a horas de operación y a los resultados de las inspecciones periódicas.

Condiciones de Seguridad

- El gasoducto propuesto será diseñado, construido, operado y mantenido de acuerdo a la legislación local Decreto N° 24721 “Reglamento para el Diseño,

Construcción, Operación y Abandono de Ductos en Bolivia” y basándose principalmente en la normativa estadounidense Norma ANSI/ASME B31.8 y DOT, Pipeline Safety Regulations.

- Para las fases de construcción y operación del proyecto, se elaborarán planes de seguridad para todas las actividades que impliquen riesgos, tanto a las personas, como al medio ambiente, las maquinarias e instalaciones.
- Se hará capacitación a todo el personal.
- Para la fase de operación, se considera la implementación de un sistema de vigilancia de las instalaciones, incluyendo inspecciones y monitoreos aéreos, terrestres especiales y a pié.
- Se inspeccionarán también todas las instalaciones del proyecto a nivel del suelo, a fin de detectar potenciales problemas.

Descripción de Emisiones y Descargas al Ambiente

➤ Emisiones a la Atmósfera

La construcción y operación del proyecto del gasoducto involucra la generación de emisiones a la atmósfera. Dichas emisiones serán producto de los equipos y vehículos involucrados en la construcción, de emisiones fugitivas de polvo durante la construcción, de emisiones fugitivas de gas durante la operación, y de purgas o venteos del gasoducto.

➤ **Emisiones de Vehículos durante la Construcción**

Durante la construcción del proyecto se producirán emisiones a la atmósfera producto del tránsito vehicular de camiones, camionetas, vehículos de construcción y maquinaria pesada, y durante la operación debido al tránsito de autos y camionetas del personal del gasoducto.

Durante la construcción, las emisiones más relevantes corresponden al material particulado en suspensión (emisiones fugitivas de polvo producto del tránsito por caminos). Adicionalmente a esas emisiones existirán emisiones de CO, NOx, HC y otras producto de los gases de escape de todos los vehículos en general.

Durante la operación las emisiones serán mucho menores pues se espera que la cantidad de vehículos involucrados en las labores de operación, mantenimiento y vigilancia sea significativamente menor. Las emisiones corresponderán a los mismos contaminantes ya mencionados y pueden considerarse despreciables.

➤ **Emisiones Gaseosas Durante la Operación**

• **Estaciones de Compresión**

La operación de las estaciones de compresión genera emisiones gaseosas producto de la combustión de gas natural en las turbinas de gas. Estas turbinas son del tipo Solar Tipo C4022 TAURUS y están dotadas de quemadores de bajas emisiones (menos de la mitad de óxidos de Nitrógeno que los equipos convencionales). Además de óxidos de Nitrógeno, estos equipos emiten monóxido de Carbono, e Hidrocarburos en baja cantidad.

Otras emisiones de menor importancia para las estaciones de compresión son:

- ✓ Emisiones del escape del generador eléctrico.
- ✓ Emisiones fugitivas de gas natural del gas de partida de las turbinas de gas.
- ✓ Emisiones fugitivas de gas natural cuando la estación de bombeo es venteada (corte de emergencia del suministro de gas).

2.7 Técnicas Generales de la Construcción

➤ Caminos de Acceso y Señalización

Los caminos de acceso serán necesarios a lo largo del trazado del gasoducto, para conectar la zona de construcción con los caminos ya existentes. Estos caminos de acceso pueden ser los ya existentes, que se mejorarán o adecuarán al tipo de tránsito necesario con un ancho mínimo para el tipo de tránsito específico. No se prevé construir nuevos caminos.

En la mayor parte de los casos, existen caminos públicos y privados para ser usados como accesos en el período de construcción. Estos serán mantenidos en una condición igual o mejor de la que posean al comienzo de la etapa de construcción.

Los caminos podrían requerir zanjas laterales o cunetas y barreras o terrazas de agua para proveer drenaje. Las zanjas laterales se excavarán paralelas al camino para desviar los escurrimientos.

En cuanto a la seguridad, los caminos de acceso serán señalizados para prevenir el paso de vehículos y personas extrañas a las labores de construcción. La señalización más importante es la que se utilizará para mantener el movimiento del tráfico en los caminos locales y prevenir accidentes asociados al movimiento de vehículos que entrarán y saldrán del camino de acceso.

➤ Reconocimiento del terreno – Topografía

Previamente a las tareas de topografía se solicitará a cada propietario la autorización y servidumbre correspondiente para el DDV. Se comunicará a los dueños de las propiedades o arrendatarios y administradores de terrenos públicos el calendario de construcción de las obras.

Los ganaderos y agricultores serán informados acerca de las aberturas de sus cercos, perturbaciones de pastizales o tierras agrícolas, mejoras y otras actividades relacionadas. Además, se dará aviso a todos los servicios públicos pertinentes, por donde cruzará el trazado del proyecto.

Cuando sea necesario, se pondrán cercos que bordeen la servidumbre antes de practicar cualquier abertura. Se controlará el acceso y movimientos de ganado durante la construcción, para reducir al mínimo los efectos sobre otros usos de la tierra.

No se impedirá el acceso del ganado a áreas dónde toman agua o a pastizales vecinos, salvo con el consentimiento del propietario o arrendatario con anticipación.

En cuanto a la preparación del terreno, y toda vez que sea estrictamente necesario, se realizarán talas de árboles, matorrales y vegetación de la servidumbre, para despejar el área de trabajo y permitir el uso seguro y eficiente de la maquinaria de construcción.

Se realizará el relevamiento topográfico del DDV en escala adecuada en planimetría y altimetría. Se señalarán debidamente los accesos existentes y todas las zonas de importancia a relevar. Se dejarán estacas y mojones en los límites externos de la zona a limpiar y nivelar. El ancho máximo será de 20 metros.

➤ **Apertura y nivelación**

Se procederá a la apertura del DDV. Para el efecto se emplearán maquinarias adecuadas como topadoras de pala frontal, retroexcavadoras, motosierras con el objeto de remover toda la cubierta vegetal (árboles, arbustos y troncos) y los afloramientos de roca. A fin de permitir la circulación de vehículos livianos y pesados a lo largo del DDV, éste será nivelado. En esta etapa se procederá a estabilizar los terrenos del área de trabajo donde existan pendientes y la topografía existente no permita la operación segura de los equipos ni un trabajo eficiente.

Las irregularidades topográficas se graduarán, retirándose del área de trabajo las rocas, lomas, rodados y troncos. La nivelación se realizará con tractores equipados de hojas arranca-raíces.

Todos los desechos generados en la apertura del DDV así como la tierra orgánica superficial (top soil) serán acumulados a lo largo de uno de los lados del mismo. Se tendrá especial cuidado al efectuar el corte de la vegetación en la sección más cercana a la superficie del suelo dejando en lo posible las raíces intactas sobretodo en las zonas donde no hay que efectuar nivelación.

➤ **Excavación de la zanja**

Se seguirán los siguientes procedimientos:

Se marcará con precisión la ubicación de la zanja a abrir.

Se removerá la capa vegetal u horizonte orgánico y se lo acumulará separadamente para su posterior utilización en las labores de recuperación. En áreas de humedales será necesario separar el humus, el que va ser usado posteriormente en una etapa de restauración. La forma de retiro del humus dependerá del tipo de terreno por donde pasará el gasoducto.

En áreas agrícolas, por ejemplo, el humus se retirará sobre la línea de la zanja; en áreas de matorrales sobre la línea de la zanja, como mínimo, o a lo largo de toda la servidumbre.

Este material de ser posible deberá ser recubierto para su mejor conservación.

Mediante máquina zanjadora continua y/o retroexcavadora se procede a abrir la zanja. La profundidad será de un mínimo de 2 metros ya que la tubería deberá quedar como mínimo a 1 metro de profundidad. El ancho será de al menos 1,30 m en el fondo de la zanja para dar suficiente espacio a la tubería ($\varnothing = 32'' = 0,82 \text{ m}$).

El suelo excavado será acumulado a un borde de la zanja y separado del suelo vegetal para no afectar la composición de este último. Se realizará nivelación de la base de la zanja retirando los elementos rocosos.

El fondo de la zanja quedará libre de rocas y donde fuese necesario, se proporcionará material común de excavación u otro material adecuado para acojinar la tubería.

Para excavar zanjas en terreno blando se utilizará maquinaria autopropulsante o retroexcavadoras.

Las zanjas destinadas a cruzar ríos se excavarán con retroexcavadora, cuchara de arrastre o cuchara de mordazas. En áreas rocosas se requerirá de un tractor montado con escarificadores.

Se estima que no será necesario el uso de explosivos a lo largo de todo el trayecto del ducto. Estando abierta la zanja, se proporcionará acceso a través de rampas, para dar salida a ganado o a los animales silvestres que pudiesen requerir circular por esta área.

➤ **Distribución, alineación y doblado de la tubería**

El traslado de los tubos al lugar de la servidumbre se realizará en camiones acondicionados con soportes especiales para evitar algún daño a los tubos y su revestimiento. Los tubos se descargarán con grúas adaptadas de ganchos especiales o con tractores dispuestos con brazos y eslingas laterales.

Luego, se procederá a la alineación de la tubería a lo largo de la zanja. Algunas porciones de la tubería requieren ser curvadas para permitir un perfecto ajuste de la trayectoria de la zanja, el sentido podrá ser en dirección horizontal o vertical y se hará con un conjunto de abrazaderas o zapatas, que sujetan la superficie externa del tubo en el lugar, donde se ha de realizar la curvatura. En caso que ésta supere los límites admisibles de diseño para tubos doblados en terreno se colocarán codos prefabricados. El trabajo del doblado será realizado por personal técnico de alta especialización y con maquinaria de precisión.

La tubería estará dispuesta a lo largo de la zanja abierta sobre soportes de madera o caballetes metálicos para evitar su contacto con el suelo y para facilitar su manejo. En todo momento se mantendrá el tránsito a lo largo del DDV.

➤ **Soldadura e inspección de soldadura**

La unión de los caños se realizará mediante soldadura eléctrica. Esta tarea es realizada por personal altamente calificado. La soldadura se realiza en etapas para lograr una mayor penetración: limpieza del extremo de la tubería en especial del bisel, soldadura de raíz, “pase caliente”, pases de relleno y cordón de vista, bajo normas API 1104 “Normas para Soldadura de Tuberías e Instalaciones Relacionadas”. Los electrodos a utilizar cumplen las normas ASME B31.4.

La tubería será inspeccionada por personal de control de calidad, para determinar la presencia de defectos, ya que la integridad total de ésta dependerá del proceso de soldado. Cada soldadura debe mostrar la misma integridad estructural que la tubería, en cuanto a resistencia y ductibilidad.

De acuerdo con los reglamentos en vigencia, en soldaduras de tubos de gran diámetro se debe practicar la inspección radiográfica, que es un método no destructivo para revisar la estructura interna de las soldaduras. Por lo tanto las soldaduras serán radiografiadas para su control de calidad. Esta inspección sigue las normas ASME Inspección No-Destructiva de Soldaduras. Si se detectan defectos o fallas, éstas son necesariamente reparadas.

➤ **Revestimiento de protección**

Concluida la fase de inspección de las soldaduras y previa limpieza se procede al revestimiento de las juntas con material aislante en general a base de resinas de epoxi y cintas de protección mecánica o cintas termocontraíbles.

Esta tarea se realiza inmediatamente concluida la inspección de soldadura.

➤ **Descenso de la tubería y relleno de la zanja**

Previo al descenso de la tubería se verificará que en la zanja abierta no se encuentren piedras, escombros o elementos que puedan dañar el revestimiento de la tubería. Finalmente, se instalará la tubería dentro de la zanja, por medio de tractores dotados de brazos laterales dispuestos a lo largo de la tubería, los que levantarán simultáneamente los tubos unidos y los trasladarán hasta la zanja abierta bajándolos al interior de ella.

Una vez verificada la correcta ubicación de la tubería dentro de la zanja se procede al relleno de la misma con material fino o arena con el objeto de no dañar el revestimiento de la tubería.

Posteriormente se la rellena con la misma tierra de excavación de la zanja. El relleno se lo realiza por medio de maquinaria pesada: tractores oruga y retroexcavadoras. La cantidad de relleno será la suficiente para evitar que un eventual asentamiento deje una depresión en la superficie, por sobre la tubería.

Finalmente, la zanja será compactada para minimizar la sedimentación; se colocará una corona de tierra sobre el ducto, para compensar futuras sedimentaciones que puedan ocurrir y se dejarán aperturas en la corona de la línea de la zanja, para permitir el drenaje lateral de la superficie.

➤ **Prueba Hidráulica**

Se procederá a probar la tubería mediante pruebas hidráulicas para verificar posibles fugas y sectores débiles. Para ello se llena de agua un tramo del ducto y luego se presiona y se mantiene durante 8 horas (4 horas en el caso de unidades pre-probadas y de secciones cortas y visibles). Cualquier pérdida significativa de presión es el indicio de una filtración. (ver en Anexos Prueba Hidráulica).

En cuanto a fuentes de agua, las más utilizadas serán los ríos y arroyos locales. La definición de las fuentes de aguas definitivas se hará una vez que se determine el perfil y las secciones de prueba de la tubería.

El agua de prueba se descargará en un dissipador de energía y después, si cumple con los estándares de calidad, en un curso de agua adecuado, a través de un área de abundante vegetación, o bien se tratará y filtrará previo a su descarga. Los lugares específicos de descarga serán definidos durante la construcción.

El máximo volumen de agua a utilizar en una sección de prueba individual será de aproximadamente 25.000 m³. La sección más larga a probar será de aproximadamente 30 a 40 kilómetros. Esto último ocurrirá probablemente en el área Norte, donde el trazado es plano. En zonas de topografía mas accidentada, la longitud de las secciones a probar será menor reduciendo así los volúmenes de agua necesarios para dichas pruebas como en la zona Sur entre Sachapera y Qda. San Isidro y en general en todo el territorio del Departamento de Chuquisaca.

La calidad del agua de prueba y de descarga se controlará a través de test de calidad ambiental y de las aguas receptoras antes y después de la descarga, para asegurar el cumplimiento de los correspondientes estándares de calidad del agua.

Nivelado Final

➤ Limpieza, restauración y revegetación

La última fase de construcción del gasoducto será la limpieza, restauración y revegetación de la servidumbre o DDV.

El equipo de limpieza recuperará todos los desechos sólidos producidos por las actividades durante la construcción y los materiales que no se emplearán como letreros de señalización.

La limpieza del material excavado se debe realizar de acuerdo a lo que se establezca o dispongan los propietarios de los terrenos dispongan.

Lo normal sería distribuir el excedente de tierra en forma pareja a lo largo de la servidumbre, pero si los propietarios se oponen, el contratista o constructor depositará el material sobrante en un vertedero local autorizado.

La restauración de la superficie de la servidumbre se realizará con motoniveladoras, arados de discos u otros equipos y las pendientes se estabilizarán con sacos de tierra y piedra.

Paralelamente a la nivelación y con la ayuda de la maquinaria pesada se restaurará el paisaje general de cada sector.

Respecto de las tierras cultivadas o mejoradas, se tomarán medidas para aliviar la compactación, retirar las piedras y dejar la superficie del terreno en estado satisfactorio para los propietarios. En el caso que sea necesario, se instalarán protecciones y zanjas de desvío de agua, en las pendientes. Con estas técnicas se logra estabilizar el suelo y se evita la escorrentía de las zonas alteradas.

La revegetación de la zona de construcción se realizará a satisfacción del propietario o de las autoridades competentes.

Técnicas y Métodos Especiales de Construcción

En este punto se detallan métodos ambientales de construcción que se han definido para este proyecto; éstos corresponden a:

- Métodos específicos de construcción general.
- Métodos específicos de construcción en áreas residenciales, agrícolas y humedales.
- Métodos específicos para el cruce de infraestructura y servicios.
- Métodos específicos para el cruce de cauces naturales y fallas.

Estos métodos se utilizarán en ciertas áreas a lo largo de la ruta del gasoducto, ya que van a depender de la forma del terreno, del tipo de suelo, tipo de zona o cruce con infraestructuras. A continuación se describen cada uno de ellos:

➤ **Métodos Específicos de Construcción General**

- ***Explosiones***

La preparación del terreno para la construcción de gasoductos necesita en algunos casos la utilización de explosivos en áreas donde existan afloramientos rocosos de manera de obtener material de un tamaño manejable.

Se estima que a lo largo de todo el trazado de este proyecto no será necesario la utilización de explosivos.

- ***Enfoque de dos Pistas o Niveles***

Este método de trabajo se requerirá cuando las tuberías deban cruzar por terrenos con pendiente pronunciada y consiste en construir dos niveles paralelos a la zanja, donde la pista más cercana a la zanja, se utiliza para la construcción, mientras que la pista más alejada se utiliza para los viajes tanto de maquinaria como de vehículos. De esta manera, se reduce la cantidad de tierra y rocas que deben moverse.

- ***Secciones de Arrastre***

Este método consiste en llevar secciones múltiples de tuberías pre-ensambladas, dobladas, soldadas, inspeccionadas y revestidas en un área cercana a la zanja, por medio de arrastre.

Este método se utiliza cuando no hay espacio suficiente para montar la tubería en el área de trabajo, o bien son áreas muy sensibles, por ejemplo en cruces de caminos, ríos, curiches o áreas residenciales.

- ***Tubo de Chimenea***

Esta técnica al igual que la anterior se utiliza en áreas donde el espacio de trabajo es extremadamente limitado. Consiste en soldar la tubería, instalarla y rellenar inmediatamente la zanja; simultáneamente, se excava más adelante y se continúa rápidamente con este proceso.

De esta manera, se reduce significativamente el monto de tierra alterada, porque se aminora el tiempo en que la zanja permanece abierta; la desventaja es que este método avanza más lentamente que los métodos normales de construcción.

- ***Perforación***

La perforación implica taladrar un orificio por debajo de una arteria de tráfico, tales como carreteras y ferrocarriles, o bien, bajo flujos de aguas, por ejemplo ríos y canales para no causar alteraciones importantes.

- ***Cruce de los Equipos***

Este consiste en un cambio de lado de los equipos, donde el lado de trabajo del DDV, se traslada temporalmente al otro lado (en frente) para reducir el impacto en áreas sensibles, como las residenciales, humedales y sitios de valor arqueológico.

El uso de este método debe reservarse para casos extremos, debido a que el equipo de construcción deber volver a trabajar en el lado habitual.

Métodos Específicos de Construcción en Áreas Residenciales, Agrícolas y Humedales.

Ver esquemas al final de este Capítulo.

➤ **Áreas Residenciales**

La traza del gasoducto no contempla ningún cruce de zona residencial.

➤ **Áreas Agrícolas**

Las áreas agrícolas incluyen sembrados, huertos.

- ***Nivelación del terreno***

Antes de nivelar el suelo, el inspector ambiental determinará la profundidad del humus que se retirará y separará y se ingresará la información a un libro de terreno para futuras referencias. La profundidad a la cual se retirará el humus será la determinada por el inspector ambiental o a unos 30 cm como máximo. Los patrones de flujo natural de los campos se mantendrán proporcionando rompimientos en el humus y en los apilamientos del subsuelo.

Es posible que se necesiten piedras en los cruces de caminos en áreas agrícolas para facilitar el acceso de los equipos. Si se utilizan piedras, se debe colocar antes material geotextil, de manera que las piedras puedan retirarse durante la limpieza final. En todas las áreas de cultivo activo, que incluyen sembrados, pastizales, huertos, viñas o pastizales mejorados permanentes o de rotación, se realizará un retiro completo del humus de la servidumbre. Se podrá utilizar espacio adicional de almacenamiento para el humus en el lado de trabajo de la servidumbre.

- ***Zanja***

Cuando sea necesario, es preciso mantener el flujo en los sistemas identificados de drenaje durante la construcción y se deberán inspeccionar para determinar si ha ocurrido daño.

Si así ocurre debe ser marcado por el inspector de la zanja con una bandera para ser restituido a su condición original o a una mejor. Se deben mantener registros detallados de las reparaciones al sistema de drenaje y se deben entregar al propietario de la tierra a su petición y como futura referencia.

- **Restauración y Revegetación**

La restauración (recomposición) final se completará dentro de 30 días después del relleno de la zanja, si el clima lo permite. Todos los baches y compactaciones se repararán antes de revegetar las áreas alteradas. La servidumbre se graduará a los contornos previos a la construcción, excepto donde los contornos originales eran irregulares, siendo aceptable dejar los contornos más regulares.

La compactación del subsuelo se repondrá usando rastrillos, arados, cultivadora u otros equipos. Todas las piedras que tengan más de 10 cm de dimensión y que aparezcan en la superficie durante el proceso de compactación deberán eliminarse. La actividad de descompactación sólo se realizará durante períodos de baja humedad del suelo, para asegurar la mitigación deseada y evitar compactación adicional de la superficie. El subsuelo debe compactarse antes de reponer al humus separado.

Los requerimientos específicos de vegetación estarán determinados por el inspector ambiental, de acuerdo con el levantamiento florístico preliminar efectuado, las preferencias del propietario del terreno y con el plan de revegetación/reforestación específico a ser ajustado en esta etapa del proyecto.

- **Áreas de Humedales y Curiches.**

Para realizar la construcción del gasoducto en áreas de humedales se utilizará uno de los siguientes métodos; dependiendo de la localización específica:

✓ **Método I: Método estándar de cruce**

Este método, se puede utilizar en humedales donde los suelos estén suficientemente secos en el momento de la construcción como para soportar los equipos; se utiliza cuando las lluvias son mínimas y el agua se encuentra a bajo nivel y se requiere la separación de humus del subsuelo.

La nivelación es innecesaria en esta área porque la topografía de la mayoría de los humedales está nivelada.

✓ **Método II: Método Convencional de cruce.**

La construcción convencional en humedales, se utiliza para cruzar humedales de suelos saturados o suelos que no puedan resistir el equipo de construcción de la línea principal. Debido a que los suelos se encuentran saturados, es necesario estabilizar el DDV durante la construcción.

El terreno se estabilizará utilizando caminos de troncos, esterillas de madera fabricadas o material geotextil y en general se utilizarán las mismas técnicas que para el método anterior. En cuanto a la nivelación, es probable que no se necesite, ya que los suelos están saturados y sólo se limitará a áreas sobre la línea de la zanja si es necesario.

✓ **Método III: Arrastre/Empuje de Cruce.**

Este tipo de construcción implica empujar o jalar una sección flotante de tubería premontada hasta colocarla en posición dentro de una zanja inundada. Los flotadores se retiran y la tubería revestida de concreto se hunde en la zanja y debe ajustarse dentro de la zanja excavada. La sección de la tubería debe ser recta o casi recta para poder flotar sobre la zanja abierta.

Este método se debe utilizar, donde los niveles del agua son muy altos en el momento de la construcción como para que la tubería pueda flotar y donde dichos niveles puedan mantenerse sin construir diques.

Este método requiere de menos talas que los métodos antes descritos porque sólo se requiere espacio de construcción suficiente para permitir que la retroexcavadora atraviese el humedal y apile la tierra excavada.

➤ **Métodos Específicos Para El Cruce De Infraestructura Y Servicios**

Los métodos de construcción descritos rigen para la mayor parte de los terrenos que se encuentran durante la construcción, con excepción de los cruces que corresponden en este caso a los siguientes: caminos, vías férreas, tendido eléctrico, servicios públicos y acueductos. A continuación se describen los métodos de construcción típicos en cada caso.

➤ **Cruces de Caminos, Vías Férreas y Servicios Públicos**

El método de excavación abierto se utilizará en los cruces de caminos con tránsito liviano y donde las autoridades locales o los propietarios de caminos privados lo permitan. Se realizará un desvío transitorio hacia la berma del camino o se construirá un puente de construcción hecho de planchas, en las vías de tajo abierto.

Se utilizará el método de perforación para cruzar carreteras principales y vías férreas, si los métodos de excavación abierto están prohibidos y donde la geología lo permita. Con este método se excavaría cada lado del cruce para dar paso al equipo de perforación.

Un tubo exterior más grande que el tubo portador, servirá de manga para la barrena y éste se instalará por dentro del tubo exterior. Los cruces entubados tienen caños de

ventilación y protección catódica y llevan marcas adecuadas. Donde los factores de carga de tráfico y las condiciones del suelo lo permitan, se usarán tubos de paredes pesadas en lugar de un tubo exterior.

Los tubos de servicios públicos se cruzarán en general por debajo, mediante barrenado o descubriendo a mano la cañería o el cable.

➤ **Cruce de Acueductos y Canales**

El método de construcción que se utilice para cruzar acueductos y canales quedará determinado por las condiciones particulares del cruce. En la mayoría de los casos el método adecuado será el de perforación.

➤ **Métodos Específicos Para El Cruce De Ríos, Esteros y Otros**

Los métodos de construcción de ríos varían según las características de cada río, entre ellas el ancho, la profundidad, la corriente y la geología del lecho del río.

En la mayoría de los cruces de ríos se utilizará la técnica de zanja abierta y se abrirá la zanja en el lecho con retroexcavadoras, retroexcavadoras sobre barcazas, cucharas de mordaza o de arrastre, según las características de la corriente. La corriente se mantendrá en todos los cruces durante la construcción.

Los cruces de ríos serán evaluados en forma individual pues, para el caso de los ríos más grandes éstos cruces, se pueden efectuar por perforación, si es técnica y económicamente factible. El método a corte abierto, debería ser el preferido. La perforación no se practica en áreas de gravas sueltas o de cantos rodados o a través de ríos muy estrechos; éstos deben ser cruzados por el método convencional de sepultar la tubería.

En el caso que no fuera factible utilizar la técnica de zanja abierta, porque podría comprometer intereses ambientales, otra alternativa sería la de perforar el cruce en forma direccional. Esta técnica ocupa un equipo de perforación instalado en una plataforma inclinada y se realiza la perforación de lado a lado del río. Si se construye correctamente, un cruce perforado no tiene ningún efecto sobre las riberas ni el lecho.

Los cruces por perforación son hechos por atrás de las riberas de los ríos y desde ahí se instala el ducto, bajo ellas y el lecho. Este tipo de instalación no altera el fondo del río, ni las riberas, con lo que se minimiza la sedimentación y evita los cortes en las riberas. El cruce a corte abierto requiere de la excavación de la zanja en el lecho, poner la tubería y rellenarla con el material disponible.

El objetivo de los cruces del gasoducto enterrado es asegurar que la tubería no quede expuesta a las fuerzas hidráulicas y abrasivas de los flujos de agua y del movimiento de sedimentos.

La tubería se colocará a un mínimo de 1,50 m por debajo de la profundidad de socavado. Un tapón de suelos sin excavar se dejará en cada ribera del cruce de corriente de río, para conservar la integridad de la orilla. Estos tapones no se retirarán hasta que sea necesario instalar el tubo.

El trozo completo de tubo para el cruce se montará como una sola unidad, se probará y luego se colocará dentro de la zanja.

Posteriormente, la zanja y la orilla se rellenarán, estabilizarán y se restaurará al estado previo a la construcción.

Los tubos que crucen corrientes y ríos de mayor importancia se revestirán de hormigón para obtener una flotación negativa y protección contra la erosión.

En los cruces de aguas y cuando sea necesario, se instalarán pasos provisorios para vehículos destinados a las faenas de construcción, siempre que no exista en las proximidades un cruce permanente. Estos cruces se harán de relleno de roca limpia, puentes con alcantarillas o puentes flotantes o portátiles.

La construcción a través de las aguas debe realizarse en el tiempo más corto posible para minimizar la duración de los potenciales impactos adversos.

➤ **Métodos Específicos Para El Cruce De Fallas Geológicas**

En aquellos casos en que estudios geológicos señalen un elevado potencial de ruptura del suelo, el diseño del cruce deberá evitar la tensión excesiva del tubo si se produce movimiento diferencial.

No se observaron fallas geológicas activas que puedan interferir el trazado del ducto propuesto.

2.8 Análisis de Rutas Alternativas y Justificación.

Los análisis de alternativas contemplan los criterios económicos, ambientales, de seguridad, sociales y legales entre otros.

Con base a estos factores se evaluaron las distintas alternativas de trazado de rutas. La existencia del YABOG ducto que une Yacuiba con la estación de Río Grande prácticamente en una ruta recta entre estos dos puntos no deja otra alternativa.

La legislación vigente Art. 63 Capítulo V “Del Transporte” del RASH impulsa la construcción de nuevos ductos ensanchando los DDV ya existentes con el objeto de minimizar los impactos.

El proyecto de la traza del GASYRG inicialmente será lindante al gasoducto existente YABOG. Sin embargo debido a criterios de seguridad, sociales y ambientales en ciertos tramos el GASYRG se separará del YABOG. A continuación se detallan los tramos

➤ **Tramo 1 - (Desde progresiva km 0 a km 10) = 10 km**

- Estación de Medición y Trampa de Chanchos.
- Asentamientos de poblaciones adyacentes al YABOG: Campo Grande, Campo Pajoso, Palmar Chico.
- Infraestructura de servicios sobre la carretera: restaurantes y sitios de recreación, almacenes de equipos petroleros, otros.
- Infraestructura de servicios básicos: electricidad y agua.

El GASYRG corre al Oeste del YABOG alejándose de esta manera de los centros poblados y de mayor densidad poblacional.

➤ **Tramo 2 - (progresiva km 70 a km 107) = 37 km**

- Cruce del Río Pilcomayo
- Se propone buscar un trazo que cruce el Río Pilcomayo lo suficientemente alejado de la ciudad de Villamontes, aproximadamente a unos 9 km y. Que no afecte las comunidades Weenhayek al Sur del río Pilcomayo.
- Se deberán realizar estudios de geotécnica para ubicar con exactitud la locación del cruce del río.
- Al norte del Río, el GASYRG estaría en las proximidades del poblado de Ibopeiti. Pero en este caso existe poca población. Lo que queda del tramo para juntarse con el YABOG, unos 18km, son suelos dedicados a la ganadería, agricultura y bosques en las proximidades de Tiguati Estación. Este tramo ocuparía una

brecha de exploración que actualmente se utiliza como camino de acceso para varias propiedades. Al Oeste del trazo se extiende el valle del río Camatindi.

➤ **Tramo 3 - (111 a 115 km) = 4 km**

- La Estación de Compresión de Tigüipa ubicada en la progresiva km 113. Esta Estación se ubicará en una zona ya perturbada por actividad petrolera – Area San Roque - y Estación de Bombeo de Tigüipa.

➤ **Tramo 4 - (187 a 190 km) = 4 km**

- Taquiperenda - Estación de Medición y Trampa de Chanchos – del gasoducto YABOG
- Gasoducto Taquiperenda – Camiri – Monteagudo – Sucre.

➤ **Tramo 5 - (215 a 240 km) = 25 km**

- Río Parapetí.
- Asentamientos de comunidades Guaraní en ambas márgenes del Río Parapetí: Pueblo Nuevo y Pajonal al sur, San Francisco y San Antonio del Parapetí al norte.
- Estación de Compresión San Francisco en progresiva km 223.

La ruta del GASYRG se alejará del YABOG para el cruce del Río Parapetí en un sector de menor envergadura. Al Norte del río pasará entre los pueblos de San Antonio del Parapetí y San Francisco

Se deberá realizar estudios de geotécnica para evaluar la ubicación exacta del cruce y el método a emplear en dicho cruce.

➤ **Tramo 6 - (290 a 295 km) = 5 km**

- Estación de Compresión Saipuru del YABOG.

➤ **Tramo 7 - (390 a 400 km) = 10 km**

- Cruce del Río Grande.

Se deberá realizar estudios de geotécnica para evaluar la ubicación exacta del cruce y el método a emplear en dicho cruce.

Coordenadas de Vértices de la ruta propuesta del GASYRG

Punto	X	Y	Observaciones
24	510.003	7.989.384	Río Grande
23	510.008	7.988.975	
22	503.539	7.961.628	
21	503.856	7.954.973	
20	502.751	7.949.966	
19	494.323	7.888.220	
18	492.330	7.844.325	
17	492.865	7.817.949	
16	489.583	7.801.530	
15	483.858	7.787.740	
14	487.754	7.776.000	
13	485.897	7.751.167	
12	482.098	7.745.530	
11	471.219	7.712.296	
10	469.718	7.705.621	
9	466.265	7.686.804	
8	462.282	7.673.170	
7	460.415	7.645.289	
6	452.415	7.626.726	
5	446.659	7.620.448	
4	441.212	7.594.311	
3	436.056	7.583.695	
2	434.661	7.579.044	
1	432.199	7.573.393	Yacuiba

➤ Breve Descripción de la Topografía

Las más importantes áreas atravesadas por el gasoducto pueden ser caracterizadas de la siguiente forma:

En el inicio, a partir de Yacuiba, existe un área de vegetación hidrófila de piedemonte, con suelos poco profundos de textura gruesa. Más al Norte sigue una planicie aluvial antigua que presenta material suelto cuaternario, algunas con ondulaciones, bosques primarios y presencia de dunas antiguas semi estabilizadas. En las proximidades de Río Grande se presentan suelos de una textura drenada y con un área vegetal de cultivos y bosques secundarios, matas y pastos.

Tres (3) ríos de relativa importancia y de sur a norte: río Pilcomayo, río Parapetí y río Grande con cauces de 500 a 1000 m de ancho.

Yacuiba: 650 msnm, Río Grande 350 msnm, altura máxima del gasoducto no sobrepasa los 1000 msnm.

Existe planimetría escala 1:50.000 de todo el trazado del gasoducto y fotografías aéreas.