

Introducción.

1 Generalidades

Pemex Gas y Petroquímica Básica (PGPB) tiene como una de sus propiedades el transporte de gas natural por ductos con seguridad y confiabilidad, para satisfacer los requerimientos de sus clientes y responder al constante crecimiento de la demanda.

El consumo de este energético en el altiplano y occidente del país, tendrá un incremento significativo en los próximos años, por lo que PGPB ha previsto instalar y reparar infraestructura en su sistema de transporte para satisfacer esos requerimientos.

En el año 2002 la capacidad del gasoducto de 48" Cempoala-Santa Ana es de 1,050 MMPCD (Millones de Pies Cúbicos por Día). No obstante y de acuerdo a las proyecciones de la demanda, para el año 2002 este incremento de capacidad ya era insuficiente por lo que se consideraron proyectos adicionales, uno de los cuales consiste en la sustitución del tramo de tubería comprendido entre los kilómetros 68 al 88 del ducto existente de 48" D.N. Cempoala-Santa Ana para incrementar la capacidad del ducto hasta los 1,400 MMPCD.

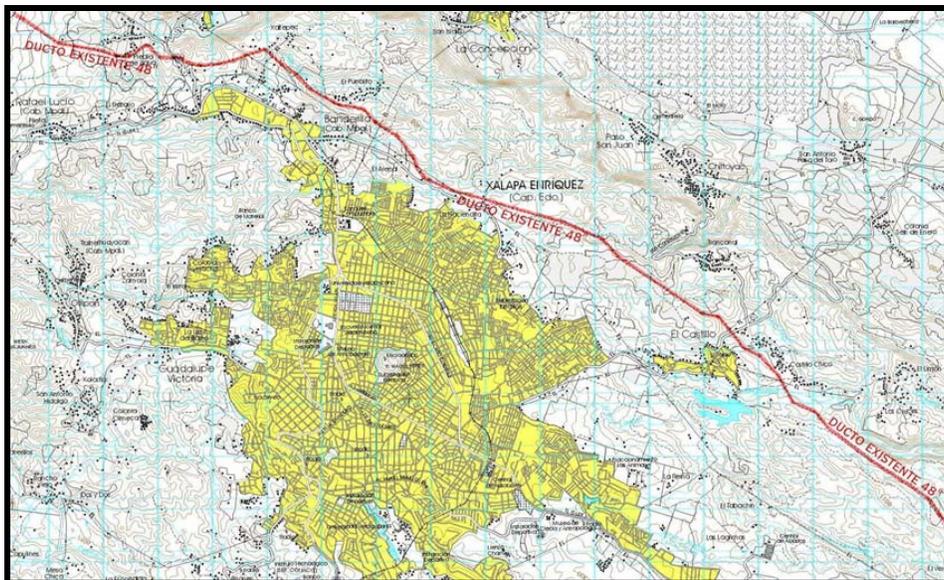


Figura 1.1; Plano de localización del Gasoducto existente (Carta Topográfica de Xalapa, INEGI).

1.1 Alcance general del proyecto

Sustitución del tramo de tubería comprendido entre los kilómetros 68 + 000 al 88 + 000 del gasoducto existente de 48" de diámetro.

El trazo del tramo a sustituir se consideró, en el origen y destino del derecho de vía actual; y se utilizó tubería del mismo diámetro nominal (48") con especificación API (American Petroleum Institute) 5L grado X65 conforme a lo establecido en las normas CID-NOR-N-SI-001 "Requisitos Mínimos de Seguridad para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento e Inspección de Ductos de Transporte" (antes 07.3.13) de PEMEX y ANSI (American National Standards Institute) / ASME (American Society of Mechanical Engineers) B31.8 para la clasificación 3; para realizar lo anterior fue necesario lo siguiente:

- Estudio aereofotogramétrico de las zonas en las cuales se debe efectuar el trazo, con el fin de seleccionar la ruta más adecuada del ducto.
- Investigación de campo con el fin de visualizar toda la problemática existente en el trazo preliminar propuesto, proponer alternativas de solución y seleccionar la ruta definitiva del ducto.

- Levantamiento topográfico y estudio de mecánica de suelos de la ruta definitiva a todo lo ancho del derecho de vía, incluyendo todas las instalaciones existentes en el mismo.

Con base en el estudio aerofotogramétrico, al levantamiento topográfico, mecánica de suelos a lo largo y ancho del derecho de vía (DDV), elaborar la ingeniería básica y de detalle necesaria para la construcción del ducto, selección y adquisición de equipos y materiales bajo normas y códigos nacionales e internacionales correspondientes, para que estas instalaciones operen en óptimas condiciones de proceso y seguridad.

1.2 Descripción general del proyecto

Construcción de un libramiento del gasoducto de 48" D.N. por 25 km con origen en el km 68 y destino final el km 88 del gasoducto para restituir su capacidad de transporte.

2 Capacidad, rendimiento y flexibilidad

2.1 Factor de servicio

El factor de servicio será de 1.0 (operación continua los 365 días del año)

2.2 Flexibilidad

El ducto está diseñado y será reparado para manejar gas proveniente de la estación de compresión No. 7 en Cempoala para abastecer el altiplano del país.

3 Especificaciones de la corriente de gas

La alimentación provendrá de la estación de compresión No. 7 Cempoala, Ver.

3.1 Condiciones de operación requerida

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Flujo MMPCD (1)	1215	1350	1375	1400	1440	1485
Presión de Succión kg/cm² Abs. (PSIA)	890	870	890	900	925	950
Temperatura succión °C	45	45	45	45	45	45
Presión de Descarga kg/cm² Abs. (PSIA)	1030	986	1007	1016	1041	1066
Temperatura descarga °C	63	61	61	60	60	59

1) Referidos @ y 20 °C y 1 kg/cm² abs. (Condiciones Estándar).

	Capacidad (1) MM m³std/d (MMPCSD)
Máxima	42.05 (1,485)
Normal	38.23 (1,350)
Mínima	34.40 (1,215)

1) Referidos @ y 20 °C y 1 kg/cm² abs. (Condiciones Estándar).

3.2 Condiciones de operación

	Flujo MM m ³ std/d (MMPCSD)	Presión kg/cm ² Abs. (PSIA)	Temperatura °C (°F)
Máximo	42.05 (1,485)	66.8 (950)	45 (113)
Normal	38.23 (1,350)	61.2 (870)	45 (113)
Mínimo	34.40 (1,215)	62.6 (890)	45 (113)

El gasto para el diseño de este sistema de tubería para manejo de gas natural será de 1500 MMPCD, considerando 84.4 kg/cm² de presión máxima para diseño y tomando en cuenta que las diferentes clases de localización que cruza el ducto están cubiertas con los espesores correspondientes.

3.3 Caracterización del gas

Composición típica del gas natural a transportar.

Propiedad	Unidades	Gas de Cempoala, Ver.
Metano	% mol	80.44
Etano	% mol	13.17
Propano	% mol	1.49
i-butano	% mol	0.33
n-butano	% mol	0.16
i-pentano	% mol	0.05
n-pentano	% mol	0.09
C₆+	% mol	0.10
CO₂	% mol	0.54
Nitrógeno	% mol	3.63
		100
Peso Molecular	kg/kg-mol	18.435
Dens. Relativa		0.5924
Poder Caloríf. Bajo (LHV)	kcal/m ³ std (Btu/ft ³ std)	9,178 (1,031.3)

4 Condiciones en los límites de batería

4.1 Límite de batería

Los límites de batería serán los correspondientes a los kilómetros 68 y 88 del gasoducto Cempoala – Santa Ana y se definen como los puntos de interconexión entre el ducto actual y el tramo nuevo.

4.2 Condiciones en los límites de batería

Las condiciones se muestran en la tabla siguiente:

Condiciones del gas en la estación	Máxima	normal	Mínima
Temperatura °C (°F)	45 (113)	45 (113)	45 (113)
Presión kg/cm² man. (psig)	66.8 (950)	61.2 (870)	62.6 (890)
Estado físico	gas	gas	gas
Forma de recibo	tubería	tubería	tubería

5 Localización de las instalaciones

5.1 Localización del área del proyecto

Comprendido en el tramo del kilómetro 68.0 al 88.0 del gasoducto existente de 48" de diámetro Cempoala - Santa Ana, localizado en el municipio de Jalapa, Veracruz.

6 Bases y criterios de diseño de aplicación general

El diseño de la línea se apegará a lo especificado en la última revisión de las normas de Pemex CID-NOR-N-SI-001.-(antes No. 07.3.13) "Requisitos mínimos de seguridad para el diseño, construcción, operación, mantenimiento e inspección de ductos de transporte", 2.423.02 "Sistemas de tuberías de transporte y distribución de gas", 03.0.02 "Derechos de vía de las tuberías de transporte de fluidos", 2.413.01: "Sistemas de protección catódica", al Reglamento de trabajos petroleros y el Código ASME/ANSI B-31.8 "Gas transmission and distribution piping systems" y los Códigos MSS (Manufacturers Standardization Society) y API correspondientes, última revisión.

La construcción se regirá por el Reglamento de trabajos petroleros y las normas de Pemex No. 2.423.03 "Diseño de Sistemas de tuberías", 2.421.01 "Sistemas de tuberías de Transporte y Recolección" parte I, II Y III, 3.413.01: "Instalación de sistemas para protección catódica", el Código ASME/ANSI B-31.8 "Gas transmission and distribution piping systems" y los Códigos API, MSS correspondientes última revisión.

La ingeniería y diseño, deberá dar solución a todos los aspectos constructivos, problemas de suelos, ambientales, aguas, vías de comunicación, catódicos, eléctricos, mecánicos, civiles, etc., necesarios para materializar la obra, y deberá ser presentada para su aprobación a PGPB, pudiendo ésta, aprobar, rechazar o modificar las soluciones planteadas.

6.1 Clasificación de localizaciones

El criterio de diseño para determinar la clase de localización deberá apegarse a lo indicado en la norma CID-NOR-N-SI-001 (antes 07.3.13 de PEMEX)

7 Bases y criterios de diseño para el departamento de tuberías

De acuerdo con el levantamiento topográfico, el proyectista definirá las clases de construcción de la línea de acuerdo a la norma CID-NOR-N-SI-001 por el Grupo de Normatividad, Comité Interorganismos de Ductos (antes No. 07.3.13 de Petróleos Mexicanos) "Requisitos mínimos de seguridad para diseño, construcción, operación, mantenimiento e inspección de ductos de transporte".

La localización de trampas de recibo de dispositivos de limpieza, válvulas de interconexión se registrará por la Norma de Petróleos Mexicanos N° 2.421.01 "Sistemas de Tubería de Transporte y Recolección" parte I, II Y III y el código ASME B.31.8 última revisión".

La selección de tubería de transporte y las conexiones asociadas al mismo se seleccionaron de acuerdo a los códigos API, MSS, ANSI y ASTM correspondientes.

También se tomaron en cuenta las condiciones de operación requeridas como presión, temperatura, gasto máximo y tipo de servicio a que estará sometida la tubería, condiciones ambientales, propiedades del suelo, corrosividad y actividad sísmica del área.

El espesor y grado de la tubería serán confirmados o rectificado después de llevar a cabo los análisis siguientes:

Estructura, incluyendo control contra cedencia, fallas por fatiga, propagación de fracturas por ductilidad y esfuerzo tangencial, etc.

Estabilidad estructural, que incluye el control contra doblado dinámico, impacto, resonancia, hundimiento, asentamiento diferencial, actividad sísmica natural, erosión, movimiento del suelo y otros fenómenos.

Asimismo, los análisis requeridos para contrarrestar cualquier esfuerzo no enlistado y que afecte al ducto durante su construcción, operación y vida útil.

Se revisará que las líneas no tengan problemas por flexibilidad, en su caso se diseñarán anclas de concreto o curvas de expansión para proveer la flexibilidad requerida a las líneas.

En este caso específico para línea regular se tiene contemplado lo siguiente:

La especificación de la tubería, para línea regular será API 5L grado X-65 con costura longitudinal recta y los espesores de pared se calcularon con base en las clases de localización y perfil hidráulico a condición de válvula cerrada.

Conexiones soldables

Se tomó en cuenta las dimensiones de los accesorios para el diseño de los radios de curvatura en cambios de dirección, así como se consideraron los radios mínimos de dobleces para tuberías. Indicados en la norma CID-NOR-N-SI-001 (antes 07.3.13 de PEMEX), Requisitos mínimos de seguridad para el diseño, construcción, operación, mantenimiento e inspección de ductos de transporte.

Pruebas hidrostática

Se fundamentó que las pruebas hidrostáticas deben ejecutarse con base en la norma CID-NOR-N-SI-001 (antes 07.3.13 de PEMEX) y la norma ANSI B31.8.

Protección mecánica y anticorrosiva

Se tomaron en cuenta las instalaciones existentes de la protección mecánica y anticorrosiva de la línea regular de 48" Cempoala – Santa Ana y diseñar el sistema para rehabilitar el tramo sustituido.

Especificaciones de tubería del gasoducto

La sustitución del ducto de 48" deberá considerar la utilización hasta donde sea posible del derecho de vía actual, utilizando tubería de 48" de diámetro nominal, con especificación API-5L, grado X-65.

Longitud de tubería

El tramo de tubería es de 5.00 km de sustitución, sin embargo el diseñador consideró los tramos de tubería adicionales que se necesiten para efectuar el arreglo de la sustitución sin suspender el flujo de gas por la línea regular de 48"

8 Bases y criterios de diseño para el departamento de planificación (civil)

El alcance propuesto se enfoca principalmente a los siguientes puntos:

Estudio aerofotogramétrico de la ruta propuesta
Determinación de la ruta y estudios topográficos y mecánica de suelo.
Memorias de cálculo.
Diseño para la construcción del ducto.
Censo y planos de afectaciones.

Debido a que el trazo preliminar de este ducto se consideró paralelo al actual, se realizó un estudio aerofotogramétrico con la finalidad de dejar un precedente de los asentamientos humanos y definir y proponer la ruta más apropiada del ducto.

De acuerdo a los resultados del estudio aerofotogramétrico, se seleccionó la ruta del ducto procurando librar zonas conflictivas respecto al trámite de permisos y afectaciones.

El proyectista realizó la investigación de campo necesaria para obtener alternativas de solución a la problemática encontrada, analizar las alternativas y seleccionar la más viable, definiendo en campo el trazo definitivo más adecuado.

Para continuar con el levantamiento topográfico del trazo definitivo y del derecho de vía que incluye la determinación del área a adquirir por PGPB, en donde se localizó físicamente y con un alto margen de seguridad, los corredores de tuberías enterradas e instalaciones existentes superficiales, para plasmarlos en los planos y en caso de requerirse, proyectar su cruzamiento o su libramiento de una manera confiable para construir el nuevo ducto ubicándolo en la franja a adquirir (derecho de vía) en forma paralela a ductos existentes.

Los estudios topográficos se realizaron con base en la determinación del área y del trazo definitivo y proporcionaron una amplia información sobre la configuración del suelo, la cual fue suficiente para detectar características geológicas potencialmente significativas tales como fallas, deslizamientos, afloramientos rocosos, topografía del suelo, etc.

Determinar las características del suelo y estratigrafía a lo largo del trazo, etc.

Se realizaron los sondeos requeridos para obtener el volumen de obra de excavación de la zanja para cada tipo de suelo a lo largo del trazo, también se analizaron los bancos de material de relleno y acarreo, volumen del relleno y acarreo del material sobrante, restituyendo la superficie a las condiciones originales.

Se detectó y trazó en un plano las estructuras ferromagnéticas a lo largo de la ruta que incluya: drenajes, tuberías existentes, cables de comunicaciones, etc.

Así mismo se efectuó un estudio de mecánica de suelos, para conocer las características del lugar en donde se va a alojar el ducto, la resistividad del terreno (para protección catódica), la determinación de los perfiles estratigráficos y la clasificación del subsuelo para fines de excavación en zanjas.

Las características físicas y mecánicas del suelo, incluyeron el análisis de estabilidad de la tubería, determinación del trazo definitivo, requerimientos de la zanja y el diseño práctico de la protección catódica.

Para los cruzamientos se consideraron las siguientes características:

Para cruzamientos con caminos de primer orden si no es posible construirlos a cielo abierto se deberá de proponer una tecnología de punta para evitar el encamisado.

Para cruzamientos de caminos de segundo orden, se construyeron a profundidad y a cielo abierto, en caso de no ser posible esto último, se deberá aplicar la misma técnica empleada para cruzamientos de caminos de primer orden.

Para cruzamientos con otros ductos de Petróleos Mexicanos, se deberán de identificar bien su posición, así como su jurisdicción, origen y destino, producto que transporta, etc., para que el ducto de proyecto, se construya abajo o arriba de dichos ductos dependiendo de su profundidad.

Construcción de obras especiales en cruces con tuberías, canales, drenajes, pantanos y obras en proyecto, estructuras, etc. que se localicen a lo largo del derecho de vía.

El montaje debe incluir protección anticorrosiva, y las obras civiles necesarias para el soporte aislado y anclaje de cada sistema, además de las obras que facilitarán los trabajos de operación y mantenimiento de la instalación.

El diseño de los cruzamientos se regirá por la norma de Petróleos Mexicanos N°. 2.421.01 "Sistemas de tuberías de Transporte y Recolección" partes I, II y III.