

TEMA I: Proyecto general y consideraciones de diseño.

I.1.- Antecedentes.

Requerimientos de transporte de Gas Natural

Este proyecto nace ante la necesidad de aumentar la capacidad de transporte de gas natural ya que de acuerdo a las proyecciones de demanda, para el año 2006 la capacidad instalada ya será insuficiente por lo que se consideran proyectos adicionales, uno de los cuales consiste en el incremento de la capacidad de transporte del gas natural del ducto existente de 48"Ø Cempoala – Santa Ana, hasta los 1,400 MMPCD. Por lo cual se buscó la sustitución de tubería de 48"Ø entre los kilómetros 68+000 al 88+000 del gasoducto Cempoala-Santa Ana ubicado en la zona norte de la ciudad de Xalapa y sus áreas conurbadas en el Estado de Veracruz.

Actualmente

Actualmente la capacidad del gasoducto de 48" Cempoala-Santa Ana es de 1,050 MMPCD.

Este ducto se encuentra ubicado en la zona norte de la ciudad de Xalapa, por lo que deberán revisarse las condiciones de seguridad en el derecho de vía actual, así como las alternativas para realizar un libramiento a la ciudad y seleccionar la mejor alternativa para la construcción del proyecto.

I.2.- Descripción del Área de Proyecto.

Análisis del área del proyecto

El proyecto se desarrolla en el estado de Veracruz, en la zona limítrofe de la ciudad de Xalapa. Para poder comprender mejor el efecto que puede tener el proyecto sobre la población, y de ahí las posibles dificultades que se pueden presentar, se incluye la información general del estado y de las poblaciones donde pasaría el gasoducto siendo estas: la ciudad de Xalapa con sus congregaciones de El Castillo, Chiltoyac, Tronconal y Las Cruces así como los municipios de Rafael Lucio, Banderilla y Jilotepec.

VERACRUZ

Geografía

El estado de Veracruz se localiza en la porción oriental de nuestro país, en la franja intertropical, geográficamente se localiza; al norte 22°28', al sur 17°09' de latitud norte; al este 93°36', al oeste 98°39' de longitud oeste. Cuenta con una extensión territorial de 72,815 km², es el décimo estado de la república en cuanto a su extensión (Ver fig. I.2.1).

Veracruz de Ignacio de la Llave colinda al norte con Tamaulipas y el Golfo de México; al este con el Golfo de México, Tabasco y Chiapas; al sur con Chiapas y Oaxaca; al oeste con Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí.



Figura I.2.1; Localización geográfica y colindancia de Veracruz (Microsoft Encarta 2009).

Climatología

Por su localización geográfica y orografía, Veracruz presenta una diversidad de climas, confiriéndole características tropicales, pero éstas son modificadas en parte por la influencia de las serranías, fundamentalmente en el centro-oeste. Como consecuencia de lo anterior, los climas se distribuyen paralelos a la costa, en dirección noroeste-sureste, de la siguiente manera: cálidos, semicálidos, templados, semifríos, fríos y semisecos, en los cuales predominan las lluvias de verano.

Climas cálidos húmedos y subhúmedos

Son los que comprenden una mayor área, aproximadamente un 80% de territorio veracruzano, se distribuyen en las Llanuras Costeras del Golfo Norte y del Golfo Sur, a una altitud máxima de 1,000 m. En estas regiones, la temperatura del mes más frío es superior a 18°C y la media anual mayor de 22°C.

Climas semicálidos húmedos

La zona más extensa con este clima, cuyas lluvias se distribuyen durante todo el año, abarca de Zontecomatlán (en la Huasteca) y algunas áreas del estado de Hidalgo, a Tlapacoya, Jalapa y Orizaba (Ver fig. I.2.2). Este clima constituye la transición de los cálidos a los templados.

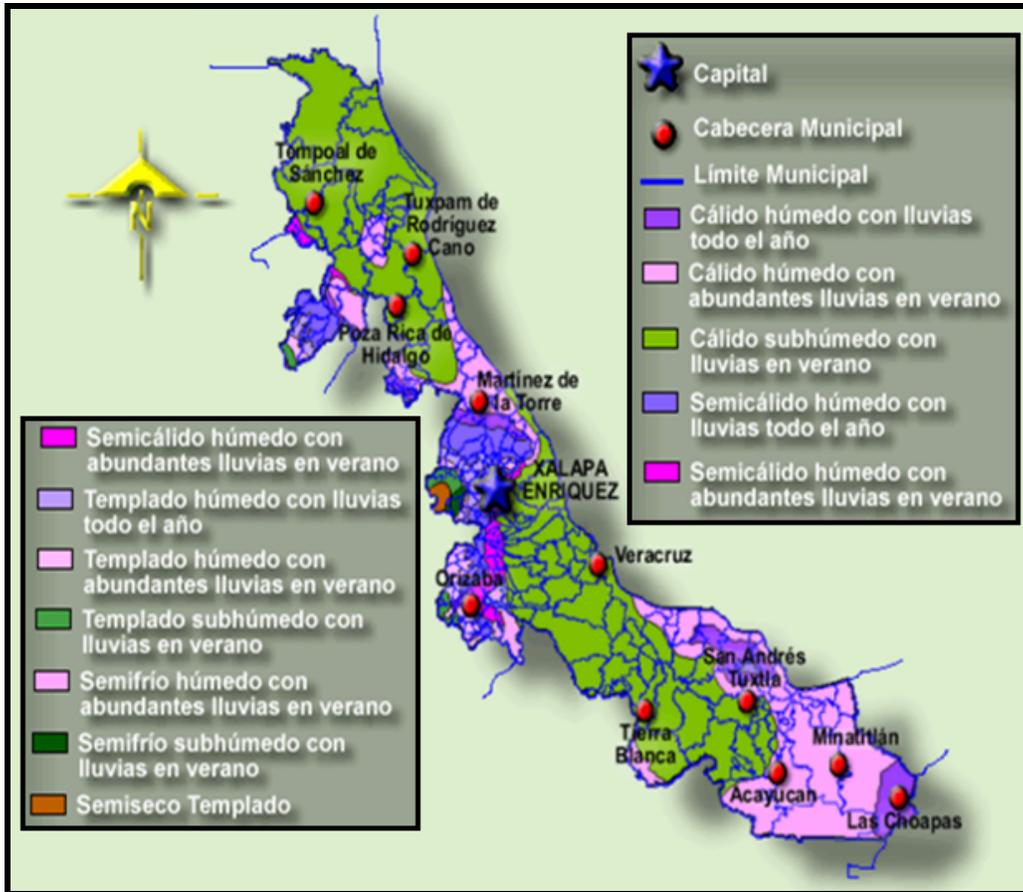


Figura I.2.2; Climas de Veracruz (Libro de Proyecto, PEMEX GAS).

Climas Templados

Se registran en las zonas con altitud entre 1,600 y 2,800 m. Las zonas con estas características se ubican al occidente de las semicálidas húmedas, por Huayacocotla, Villa Aldama y Ayahualulco. La temperatura media anual oscila de 12 a 18°C y la precipitación total anual de 500 a 2,500 mm.

Climas semifrío y frío

Se distribuye entre los 2,800 y 3,800 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar) en el Cofre de Perote y el Pico de Orizaba. La temperatura media y la precipitación total anual fluctúan de 5 a 12°C y de 600 a 1,200 mm, respectivamente.

Clima semiseco

La presencia de áreas con clima semiseco templado con lluvias en verano en los alrededores de la ciudad de Perote y al oeste de la Huasteca, obedece al obstáculo que forman las elevaciones del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental, las cuales no permiten la llegada de los vientos húmedos con igual intensidad, provocando con esto que la precipitación total anual sea entre 400 y 500 mm, cantidad mucho menor que la que cae en los volcanes de los Tuxtles. En dichas zonas la temperatura media anual es de 14°C. Las lluvias se presentan con mayor frecuencia e intensidad entre los meses de Junio a Octubre.

La humedad relativa promedio es de 83% en Septiembre y 55% en Marzo. Las condiciones climáticas son propicias para las actividades agrícolas y ganaderas que destacadamente se realizan en la entidad.

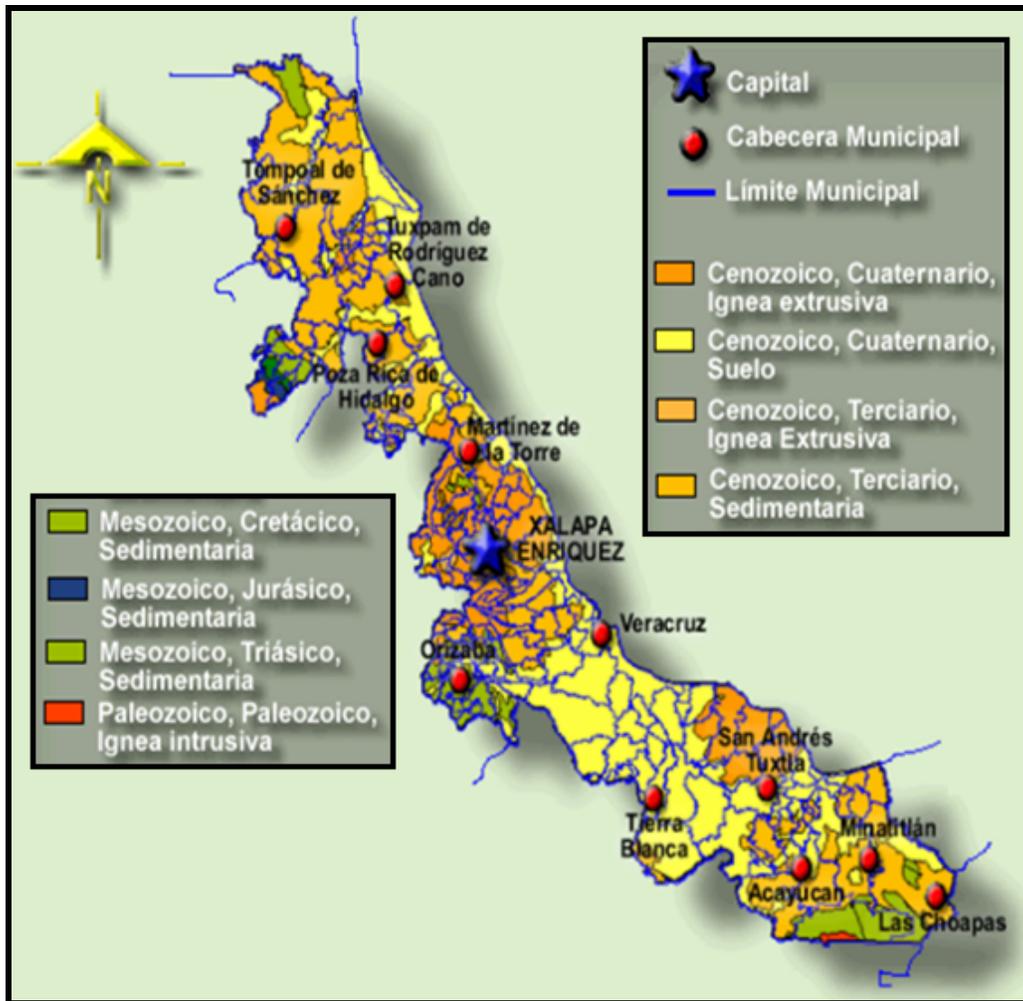


Figura I.2.3; Tipos de Suelo y Rocas de Veracruz (Libro de Proyecto, PEMEX GAS).

GEOLOGÍA

El estado ha quedado comprendido dentro de siete provincias geológicas, que son: Llanura Costera del Golfo Norte, Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico, Sierra Madre del Sur, Cordillera Centroamericana y Sierras de Chiapas y Guatemala; cada una de ellas con características litológicas, estructurales y geomorfológicas propias y definidas.

POBLACIÓN

Con base en los resultados preliminares del Censo General de Población y Vivienda del 2000, el estado de Veracruz tiene una población de 6,901,111 habitantes distribuidos en 210 municipios; el 6.62% de ellos se encuentra en el municipio de Veracruz

PRINCIPALES ACTIVIDADES

La industria del petróleo coloca al estado como uno de los pilares dentro de la economía mexicana, ya que las áreas de explotación y reserva de tan importante energético son de una amplitud considerable, lo mismo ocupan parte del norte que del centro y sur. Dentro de tales áreas las ciudades más relevantes son Poza Rica, Coatzacoalcos y Minatitlán.

Xalapa

Historia

Su historia es muy antigua y puede remontarse hasta antes de Cristo. Se estima que la fundación más reciente de Xalapa sucedió en el año 1313. La fundación original de Xalapa estuvo a cargo de grupos de habla totonaca, siendo los Toltecas quienes le dieron el nombre de Xalla-a-pan a la población, que significa "agua en el arenal".

Xalapa es una de las poblaciones más antiguas del estado, en el siglo XIV se establecieron en ella cuatro grupos indígenas; Totonacas, Chichimecas, Toltecas y Teochichimecas, fundando cuatro poblados; Xallitic, Techacapan, Tecuanapan y Tlalnecapan, respectivamente. Con el tiempo los cuatro poblados crecieron y se unieron, formando una sola población que recibió el nombre de Xallapan.

Moctezuma Ilhuicamina, V Emperador Azteca, en el año de 1457 sometió a numerosos poblados indígenas, entre ellos a Xallitic, Tecuanapan y Tlalnecapan. Desde ese año los poblados de la zona pasaron a depender del Imperio Mexica, hasta que fue conquistado por los españoles en 1521.

Por espacio de tres siglos, el desarrollo de Xalapa se caracterizó por períodos de lento crecimiento de prosperidad, de atonía y depresión económica. Hasta 1791, el pueblo experimentó una de las etapas de mayor crecimiento urbano y de progreso, así, la importancia de Xalapa como población dentro de la región central de la intendencia de Veracruz se reflejó en la adquisición del Título de Villa.

La guerra de independencia se inició en la región, posteriormente, el positivo efecto colateral que tuvo sobre la región la lucha por la independencia de México, provocaron el repunte de las actividades económicas de la Villa de Xalapa e hicieron además saltar repentinamente a su población total existente. Fue pues, justamente, la concurrencia de todos estos factores y sus



Figura 1.2.4: Ciudad de Xalapa (Fotografía Xalapa).

efectos los que orillaron que el 9 de mayo de 1824, siendo Presidente de la República, Guadalupe Victoria, se instaló en Xalapa la primera Legislatura del Estado de Veracruz. Ese mismo año Xalapa fue declarada capital del estado, papel que ha venido desempeñando desde entonces, siendo sustituida temporalmente por motivos de guerra, por las ciudades de Veracruz, Córdoba y Orizaba.

En 1926, se le dio categoría de ciudad por decreto del Gobierno del Estado, es así como inicia su vida pujante, levantándose a pesar de las inclemencias del tiempo, integrándose al concierto de la civilización y de la tecnología moderna, sobresaliendo en la industria petrolera, que fue y sigue siendo base de su riqueza y una fuente permanente de empleo, generosa de actividad comercial que, aunada a la ganadería y a la agricultura, promueven la subsistencia de cientos de poblaciones aledañas.

El 17 de marzo de 1982, murió el general Juan de la Luz Enríquez. En reconocimiento a los numerosos beneficios que hizo a la ciudad, ésta agregó a su nombre el apellido del ilustre estadista, llamándose desde entonces Xalapa de Enríquez.

Ubicación Geográfica

La Ciudad de Xalapa está situada en las faldas del cerro de Macuiltépetl y las estribaciones orientales del Cofre de Perote, en la zona de transición entre la Sierra Madre Oriental y la planicie costera del Golfo de México. El municipio de Xalapa se localiza a los 19° 32' 24" de latitud y 96° 55' 39" de longitud, su altura se encuentra a 1,427 metros sobre el nivel del mar colindando con los municipios de: Banderilla, Jilotepec y Naolinco al norte, al este con Naolinco y Emiliano Zapata, al sur con Emiliano Zapata y Coatepec; y al oeste con Coatepec, Tlalnahuayocan y Banderilla. Posee una extensión territorial de 118.45 km². Con una población de 390,058 habitantes.

Las principales localidades son la Ciudad de Xalapa-Enríquez, cabecera de su municipio, y las congregaciones de El Castillo, Chiltoyac, Tronconal, Colonia Seis de Enero, San Antonio, Paso del Toro y Las Cruces.

Los municipios involucrados por el trazo del proyecto son:

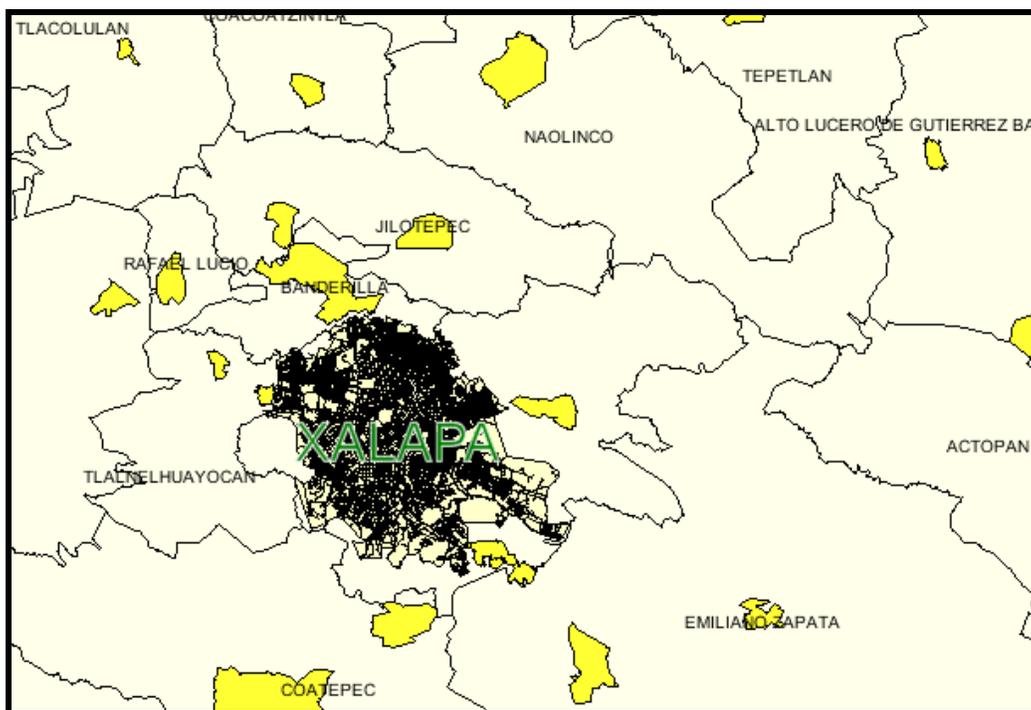


Figura I.2.5; Municipios aledaños a Xalapa, Veracruz (Libro de Proyecto, PEMEX GAS).

El municipio de Rafael Lucio se localiza a los 19° 32' de latitud norte y 96° 59' de longitud oeste, con una altitud de 1840 msnm.

El municipio de Jilotepec se localiza a los 19° 37' de latitud norte y 96° 57' de longitud oeste, altitud de 1380 msnm.

El municipio de Banderilla se localiza a los 19° 35' de latitud norte y 96° 56' de longitud oeste, altitud de 1520 msnm.

Hidrografía

En los alrededores de la Ciudad de Xalapa se encuentran los ríos: Sedeño, Sordo Carneros y la laguna del Castillo, Paso Hondo, la Palma, Ojo Zarco, Negro y Chorreado. También, existen arroyos como el de Chiltoyac y las Ánimas. Y dentro del perímetro urbano se localizan los manantiales de los Tecajetes y Xallitic.

Los municipios de Rafael Lucio, Jilotepec y Banderilla se encuentran regados por pequeños arroyos, que son tributarios del río Actopan. En la siguiente imagen se muestran los ríos y corrientes de agua de mayor importancia existentes en la región.

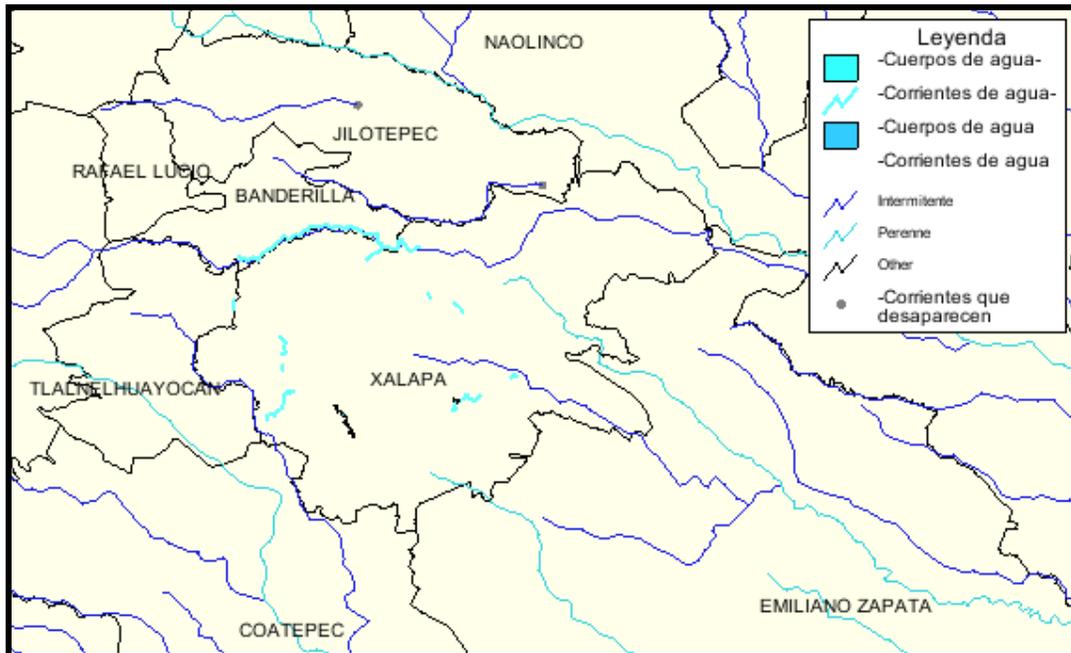


Figura I.2.6; Cuerpos de Agua y Ríos cercanos a Xalapa, Veracruz (Libro de Proyecto, PEMEX GAS).

Clima

El clima de Xalapa y sus congregaciones como El Castillo, Chiltoyac, Tronconal y Las Cruces, es húmedo y variado, teniendo una temperatura máxima de 30.2°C y una mínima de 10-4 por las mañanas, se despierta entre una bruma blanquiazul que da su característico ambiente de montaña. La temperatura media anual es de 19.1°C.

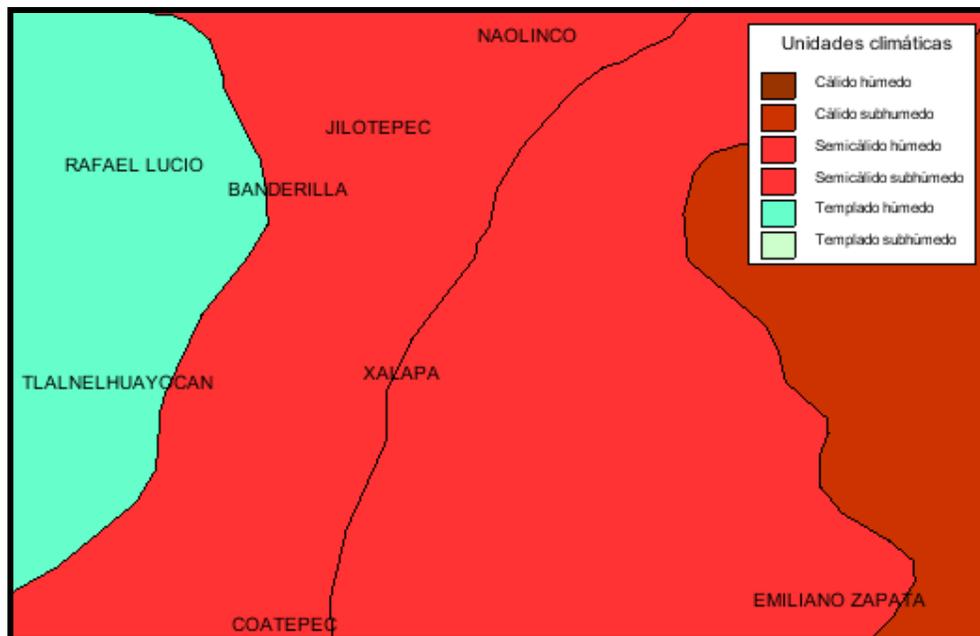


Figura I.2.7; Unidades Climáticas en Xalapa (Libro de Proyecto, PEMEX GAS).

Las lluvias de Xalapa y sus congregaciones como El Castillo, Chiltoyac, Tronconal y Las Cruces son abundantes en verano y principios de otoño, siendo más ligeras en lo que resta del año, y lloviznas con niebla en invierno, esto debido a la afluencia de los vientos del norte, que provocan grandes descensos de temperatura con heladas esporádicas. La precipitación pluvial media anual es de 1421.1 mm. El clima para los municipios de Rafael Lucio, Banderilla y Jilotepec es frío-húmedo con una temperatura promedio de 18°C. Las lluvias para los municipios de Rafael Lucio, Banderilla y Jilotepec son abundantes en verano y principios de otoño, lloviznas con niebla en invierno. En esta la precipitación pluvial media anual es de 1,500 mm.

En las figuras I.2.8a y I.2.8b se muestran la precipitación pluvial media anual y la temperatura media anual.

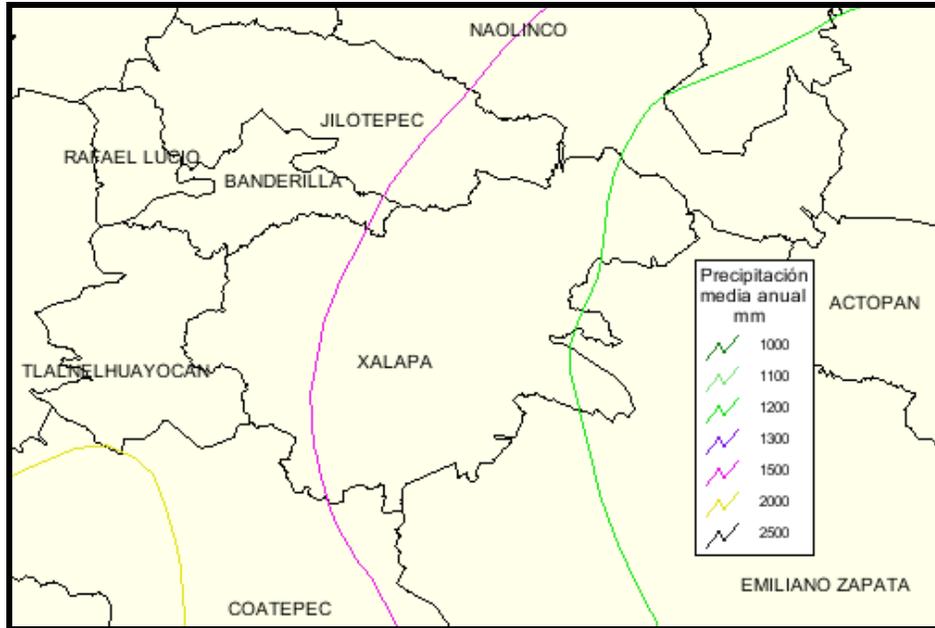


Figura I.2.8a; Precipitación Media Anual en Xalapa, Veracruz (Libro de Proyecto, PEMEX GAS).



Figura I.2.8b; Temperatura Media Anual en Xalapa, Veracruz (Libro de Proyecto, PEMEX GAS).

La figura I.2.9 muestra las áreas geohidrológicas de la región (Aguas Subterráneas).

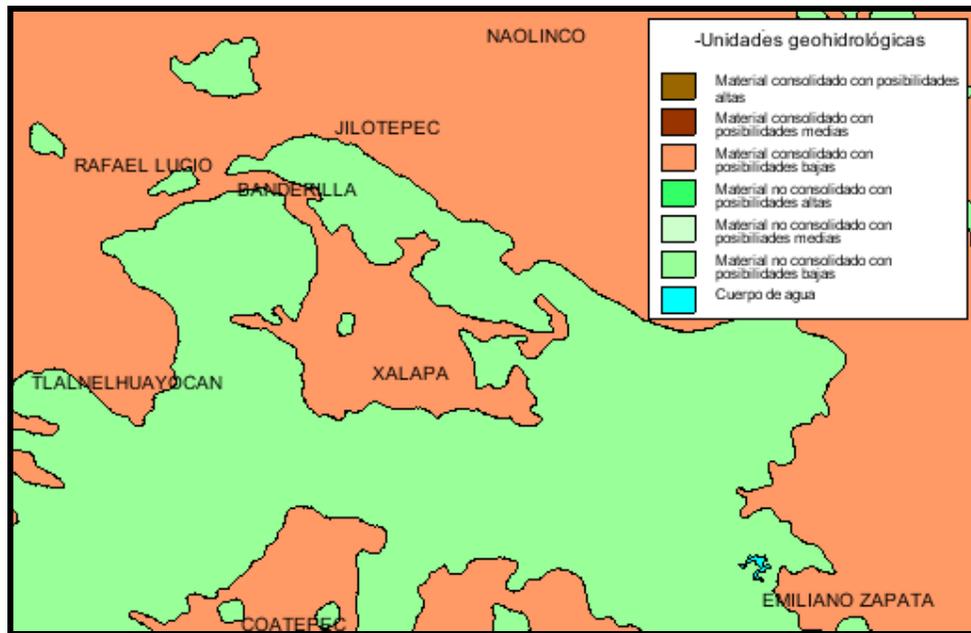


Figura I.2.9; Unidades Geohidrológicas en Xalapa, Veracruz (Libro de Proyecto, PEMEX GAS).

Orografía

La ciudad de Xalapa, sus congregaciones como El Castillo, Chiltoyac, Tronconal y Las Cruces y el municipio de Banderilla se encuentran ubicados en la zona central del Estado en el eje neovolcánico, en las estribaciones últimas del Cofre de Perote, por lo que su topografía es irregular, pero sin accidentes de importancia. Las principales elevaciones en Xalapa son: Cerro Macuiltepec: 1580 m.s.n.m. Cerro Colorado: 1480 m.s.n.m. Cerro Gordo: 980 m.s.n.m. El municipio de Rafael Lucio y Jilotepec se encuentran ubicados en la zona central y montañosa del Estado, en las tributaciones nororientales del Cofre de Perote, siendo su suelo bastante accidentado. En la figura I.2.10 se muestra las curvas de nivel ejemplificando la orografía del terreno.

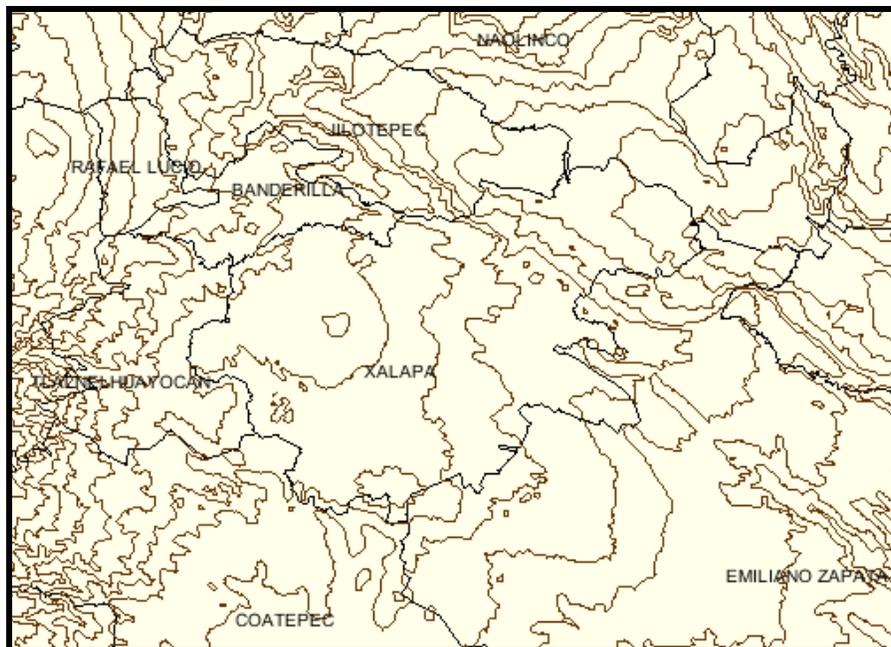


Figura I.2.10; Curvas de Nivel en Xalapa, Veracruz (Libro de Proyecto, PEMEX GAS).

Geología

La región de Xalapa y su zona conurbada con municipios colindantes se subdivide en tres diferentes conjuntos:

Primer conjunto: al suroeste, en donde se localizan rocas calcáreas del Cretácico que constituyen parte de la Sierra Madre Oriental; son calizas depositadas en el Cretácico inferior durante un periodo de transgresiones. Están plegadas y falladas.

Segundo conjunto: al sureste y al norte; aquí existen rocas detríticas depositadas en el Terciario, debido al levantamiento de la Sierra Madre Oriental. Son depósitos clásticos gruesos, submarinos, de tipo "molasse" o "flysch".

Tercer conjunto: en la parte central este, se compone de materiales volcánicos. La actividad volcánica se desarrolló al fin del Terciario y al Cuaternario. En el primero fluyeron coladas de andesita constituyendo a Cofre de Perote y al Pico de Orizaba. En el Cuaternario se dan coladas de basalto cuyos derrames se acompañaron de depósitos de brechas volcánicas y de cenizas volcánicas. Esta zona es recorrida por una red prismática de fallas y fracturas y presenta todavía cierta inestabilidad tectónica.

En la Zona Conurbada, predomina la roca ígnea extrusiva básica, producto de antiguas erupciones volcánicas. En menor proporción se observa la presencia de roca caliza y arenisca.

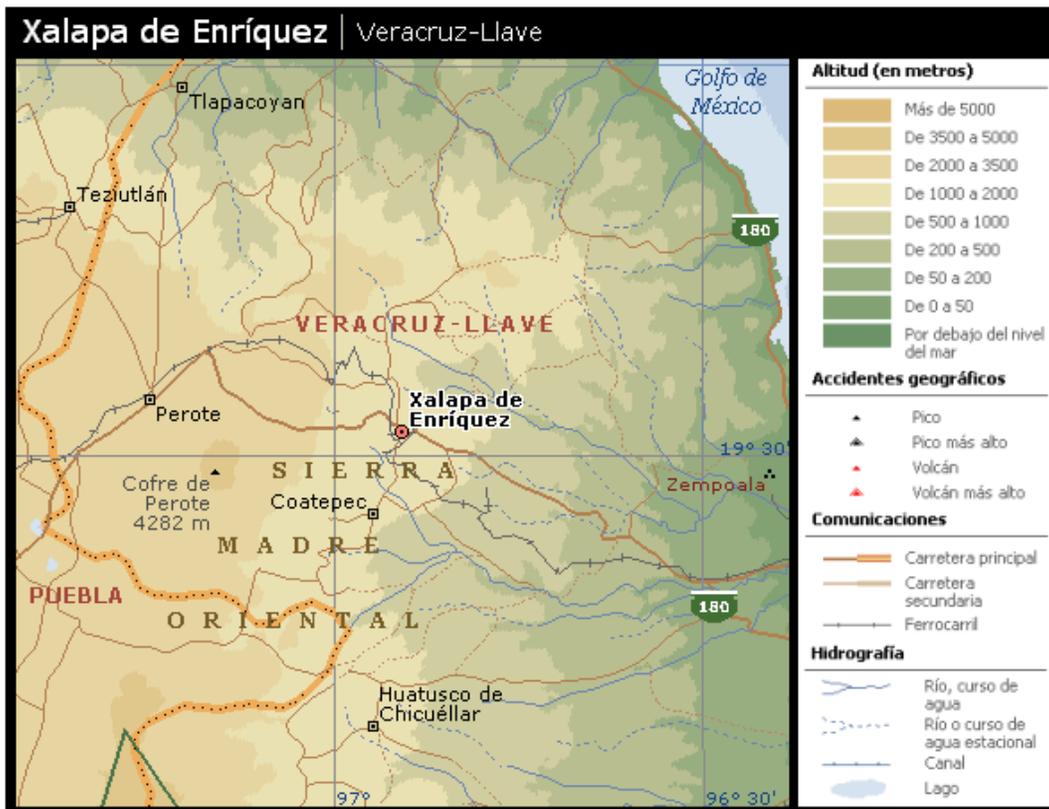


Figura I.2.11; Mapa de Información General de Xalapa, Veracruz (Microsoft Encarta 2009).

Dada las características de la zona montañosa de las faldas del Cofre de Perote el tipo de suelo existente en el área del proyecto se divide en la vertiente baja, que va entre los 2,200 y 1,300 m de altitud y las faldas bajas del Cofre de Perote, que va entre los 1,400 y 400 m de altitud, esta a su vez se divide en la parte mediana que va entre los 1,400 y 1,100 m de altitud.

Las vertientes bajas fluctúan entre 2,200 y 1,300 m de altitud aproximadamente. En estos lugares la ganadería extensiva y la producción lechera son posibles por sus pastizales; algunas

milpas y cultivos de papa se reparten en la unidad. En la parte baja de la zona se cultiva café y se encuentran algunas fincas de frutales tales como aguacate, manzana y pera.

Los suelos predominantes en este escenario son andosoles típicos diferenciados pardos a pardo-oscuros, profundos, limosos y muy porosos; se presentan también litosoles ándicos superficiales.

La parte mediana va entre 1,400 y 1,100 m. Es una meseta disectada y recortada por barrancas profundas. Está formada por lomeríos redondeados y alargados, con pendientes bastante fuertes.

Uso de suelo

Las principales actividades son la actividad agrícola principalmente el cultivo de café, caña y maíz, con cierta actividad ganadera.

En la figura I.2.12 pueden observarse en color los núcleos agrarios de la región.

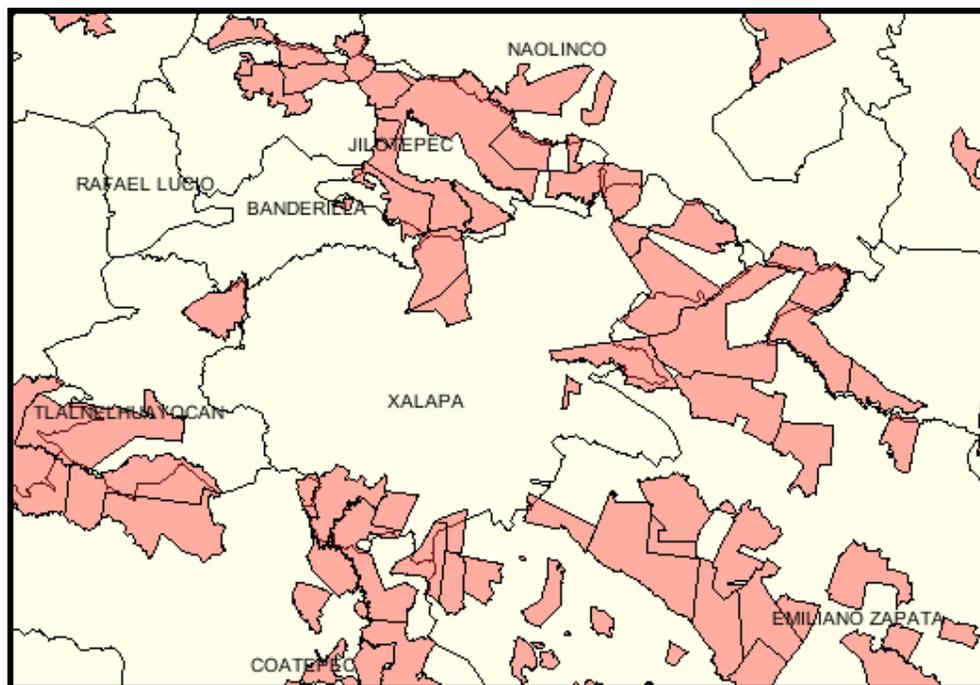


Figura I.2.12; Núcleos Agrarios de la región de Xalapa, Veracruz (Libro de Proyecto, PEMEX GAS).

Se manifiestan simultáneamente y sobreponen dos pedogénesis. Los suelos comprenden andosoles diferenciados y humíferos (profundos, arcillosos, poco porosos) desaturados con varios intergrados, tales como andosoles empardecidos y suelos ferralíticos ándicos; se encuentran también suelos ferralíticos desaturados a pseudogley y litosoles. En la figura I.2.13 se muestra los diferentes tipos de suelo existentes en la región, en color verde agua-gleysol, en color morado-litosol, en color carne-acrisol y en color rosa-andosoles.

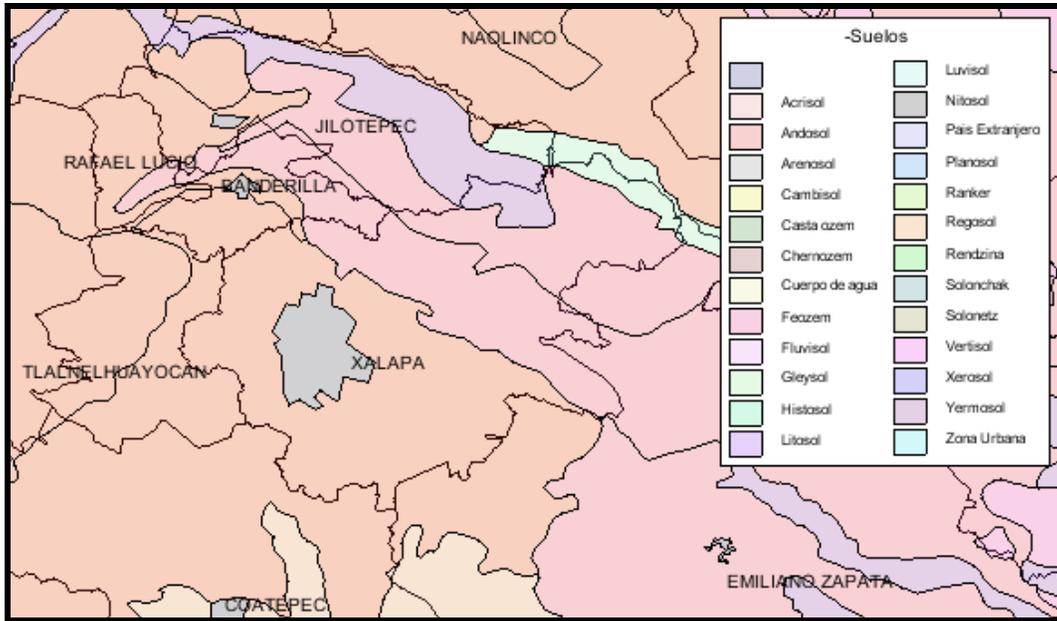


Figura I.2.13; Tipos de Suelo en la región de Xalapa, Veracruz (Libro de Proyecto, PEMEX GAS).

Flora y fauna

Para las congregaciones de Xalapa como El Castillo, Chiltoyac, Tronconal y Las Cruces los ecosistemas que existen son el de selva baja caducifolia con cedros, zapote, chichahuaxtle, mecaxtle, ceiba, laurel, acacia, lele y copal.

La fauna esta compuesta por poblaciones de tejones, coyotes, mapaches, zorros, armadillos, onzas, tlacuaches, comadrejas y aves (chachalacas, palomas moradas, tordos, perdices, torcazas, jaboneras, pecho amarillo).



Figura I.2.14a; Flora y fauna típica de Xalapa (Fotografía en sitio de levantamiento Topográfico).

Para los municipios de Rafael Lucio, Banderilla y Jilotepec los ecosistemas que existen son el de bosque caducifolio, con especies como el alamillo, palo barranco, álamo, aile, palo de baqueta, encino, tepet, encino negro y rojo. La fauna está compuesta por poblaciones de tejones, tlacuaches, zorrillos, conejos, armadillos y ardillas.

En la figura I.2.14b se muestra en color verde la vegetación densa de la región.

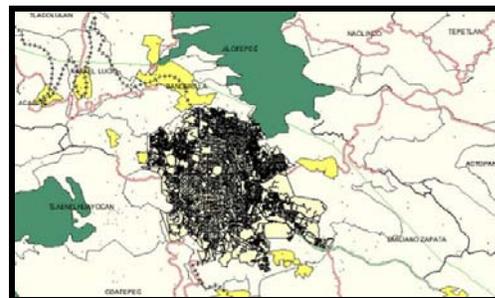


Figura I.2.14b; Vegetación densa (Libro de Proyecto, PEMEX GAS).

Comunicaciones

La ciudad de Xalapa tiene una red carretera con un total de 99.20 kilómetros, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

Troncal Federal 17.10
Alimentadoras Estatales (pavimentadas) 75.90
Caminos rurales (pavimentados) 1.00
Alimentadoras Estatales (revestidas) 5.20
Caminos rurales (revestidos) 0.00

El municipio de Banderilla cuenta con una red carretera con un total de 14.90 kilómetros, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

Troncal Federal 10.40
Alimentadoras Estatales (pavimentadas) 2.00
Caminos rurales (pavimentados) 0.00
Alimentadoras Estatales (revestidas) 0.00
Caminos rurales (revestidos) 2.50

El municipio de Jilotepec cuenta con una red carretera con un total de 18.40 kilómetros, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

Troncal Federal 0.00
Alimentadoras Estatales (pavimentadas) 12.5
Caminos rurales (pavimentados) 0.00
Alimentadoras Estatales (revestidas) 4.90
Caminos rurales (revestidos) 1.0

El municipio de Rafael Lucio cuenta con una red carretera con un total de 15.00 kilómetros, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

Troncal Federal 7.00
Alimentadoras Estatales (pavimentadas) 8.00
Caminos rurales (pavimentados) 0.00
Alimentadoras Estatales (revestidas) 0.00
Caminos rurales (revestidos) 2.50

En la figura I.2.15 se muestra la red carretera y los principales caminos en la región.

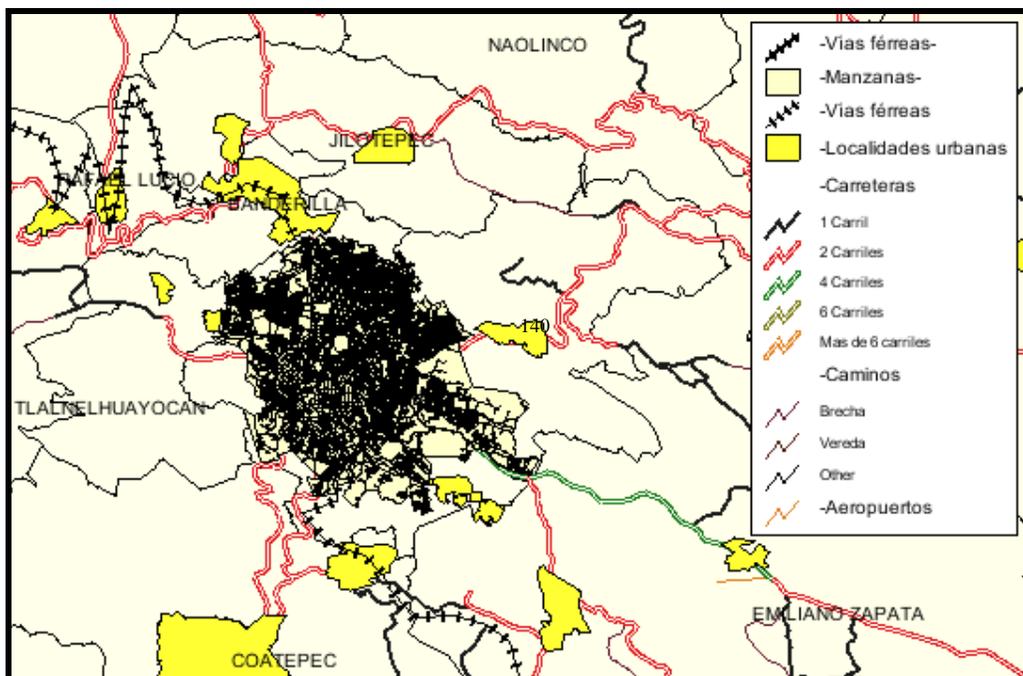


Figura I.2.15; Principales Vías Terrestres en Xalapa, Veracruz (Libro de Proyecto, PEMEX GAS).

Vivienda y Servicios Públicos

La Ciudad de Xalapa tiene un total de 99875 viviendas particulares habitadas que cuentan con los siguientes servicios públicos: energía eléctrica, agua potable, alcantarillado, alumbrado público, parques, jardines, centros recreativos y deportivos vialidad, seguridad pública, mercados, rastros, panteones y centros de abasto.

Cuenta con 19 unidades médicas de primer nivel, 3 de segundo nivel y 4 de tercer nivel.

El municipio de Banderilla tiene un total de 3838 viviendas particulares habitadas que cuentan con los siguientes servicios: Viviendas particulares con agua entubada, drenaje y energía eléctrica, además cuenta con 2 unidades médicas de primer nivel.

El municipio de Jilotepec tiene un total de 2840 viviendas particulares habitadas que cuentan con los siguientes servicios: Viviendas particulares con agua entubada, drenaje y energía eléctrica, además cuenta con 2 unidades médicas de primer nivel.

El municipio de Rafael Lucio tiene un total de 1104 viviendas particulares habitadas que cuentan con los siguientes servicios: Viviendas particulares con agua entubada, drenaje y energía eléctrica, además cuenta con 1 unidad médica de primer nivel.

I.3.- Estudios de Factibilidad.

Para determinar esta factibilidad se analizaron los siguientes aspectos:

Lineamientos del estudio

Buscando que el proyecto que se desarrolle se pueda construir de manera eficiente y segura, previniendo las condiciones problemáticas que podrían presentarse tales como situación geográfica, interferencia con proyectos de otras dependencias, planes de desarrollo urbano, ecología, permisos de cruzamientos, etc., se consideró la elaboración de este estudio basándose en los lineamientos generales siguientes:

- Antecedentes
- Descripción del entorno
- Posibles interferencias con el Proyecto
- Alternativas para el desarrollo el Proyecto
- Criterios de evaluación
- Conclusiones

Como parte del estudio de factibilidad se verifico que no existe impedimento por parte de las entidades públicas y privadas que se verán afectadas por el ducto para otorgar los permisos de ocupación superficial necesarios para su construcción. Asimismo se verifico que la existencia de otros proyectos (líneas de agua potable, vías de comunicación, etc.) actuales o futuros no afectaran el proyecto del ducto.

Se verifico que el proyecto propuesto pueda ser construido bajo las condiciones actuales de terrenos, espacios para maniobras, tipos de suelo, y para una operación continua (los 365 días del año), considerando además los aspectos siguientes:

Aspectos ambientales: medio ambiente; construcciones, instalaciones y poblaciones aledañas al derecho de vía; terrenos, propiedades del suelo y sus usos, cargas externas, sismos, permisos, conformación del derecho de vía y su acceso, etc.

Aspectos normativos: manuales, especificaciones, recomendaciones, normas y reglamentos a cumplir tanto nacionales como internacionales para la sustitución de tramos de tubería de 48" de diámetro en forma eficiente y segura.

Aspectos operativos: seguridad y protección ambiental, pruebas, operación y mantenimiento del sistema de transporte de gas natural; vida útil, condiciones de operación, etc.

Posibles Interferencias con el Proyecto.

Con el fin de tener los elementos para evaluar los riesgos futuros, y en general las condiciones del proyecto, se realizó una investigación con información actualizada de las áreas con asentamientos humanos que pudieran interferir con el proyecto. Esta información será posteriormente contrastada con las distintas alternativas para la sustitución del ducto, verificando principalmente la cercanía y magnitud de estos asentamientos con respecto a las alternativas propuestas y poder seleccionar o en su caso, proponer modificaciones a las alternativas existentes, con el fin de poder seleccionar la mejor propuesta de trazo.

Como límite de estudio para el proyecto se analizó un área de aproximadamente 130 km², sobre los cuales se consideró que pueden trazarse las alternativas posibles para la ruta definitiva del proyecto. El área analizada y sus alternativas, se muestra a continuación:

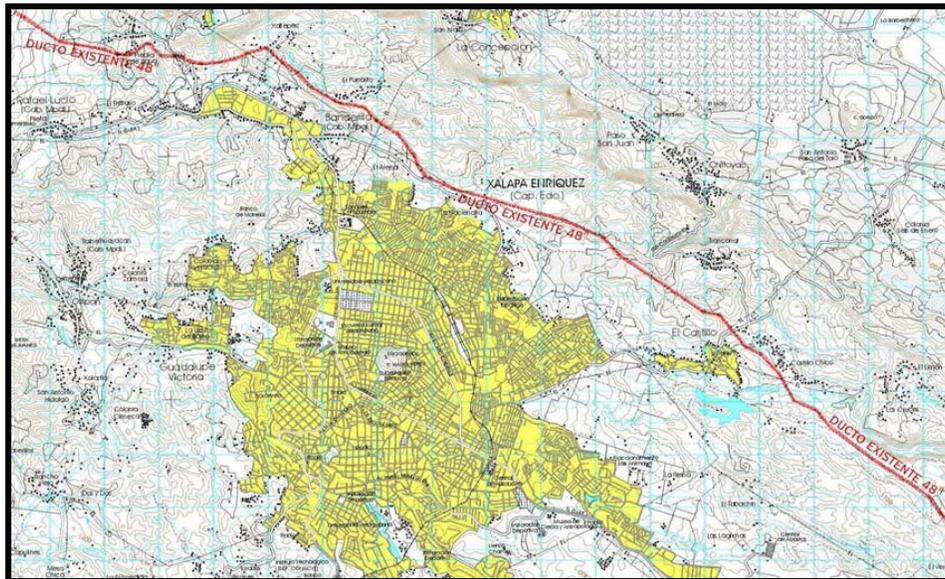


Figura I.3.1a; Plano de localización del Gasoducto existente (Carta Topográfica de Xalapa, INEGI).

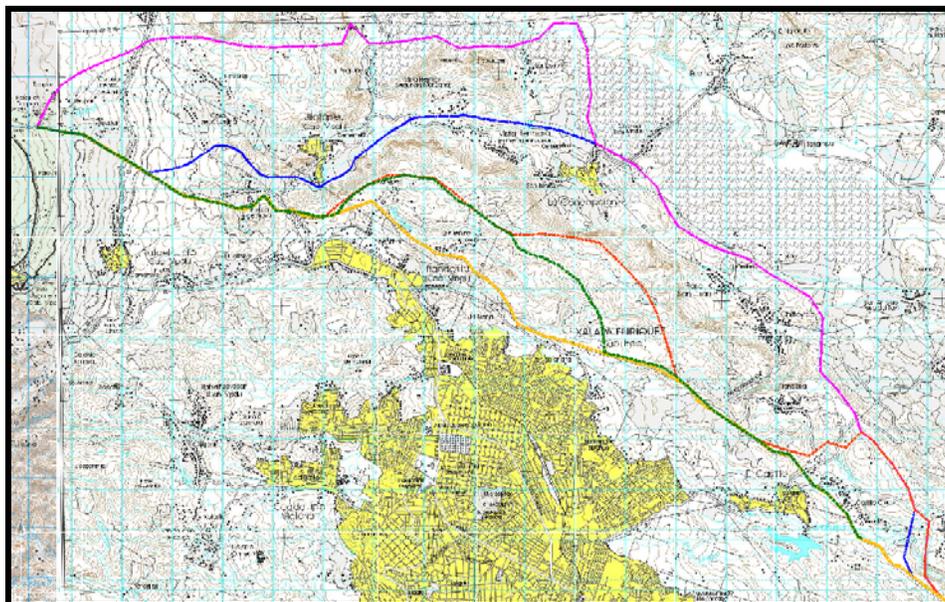


Figura I.3.1b; Plano de las distintas propuestas para la reubicación del Gasoducto (Carta Topográfica de Xalapa, INEGI).

Se buscó la información correspondiente a este polígono en diversas fuentes, nacionales e internacionales, obteniendo lo siguiente:

- INEGI.

Se cuenta con información cartográfica escala 1:50,000 editada en el año 2000. La zona del proyecto se encuentra comprendida en la carta E14B27 topográfica. En esta carta se aprecian las poblaciones de Xalapa y su área conurbada, El Castillo, Jilotepec, La Concepción, y diversos núcleos poblacionales.

Se consultó también la información publicada por INEGI como “Mapa Digital de México” en la que se pudieron observar algunos puntos de crecimiento urbano no representados en la carta mencionada.

- Sistemas de Información Geográfica S.A. (SIGSA)

SIGSA es una empresa mexicana que elabora, procesa y comercializa información geográfica del territorio nacional. Dentro del “Proyecto México” que ellos realizan, se contempla la elaboración de cartografía digital tomando diversas fuentes, entre ellas la cartografía de INEGI, vuelos fotogramétricos propios y externos e imágenes satelitales.

Para este estudio, se adquirió la información de la carta E14T2 a escala 1:200,000 en un formato diseñado para operarse en un sistema de información geográfica (Arc View), con la siguiente información de los núcleos poblacionales.

Imágenes Satelitales

Se obtuvieron imágenes tomadas con el satélite estadounidense Landsat7, que fue puesto en órbita en 1999. La imagen adquirida corresponde a 2002 y 2003, y se elaboró a partir de un mosaico de varias imágenes tomadas en el periodo, debido a la dificultad provocada por la nubosidad existente en la zona. La imagen está conformada por 6 bandas o capas de información, cada una para distintos rangos de longitudes de onda que se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla I.3.I

Tipo de Banda	Longitud de onda (micrómetros)	Espectro
Banda 1	0.45 – 0.52	Visible (Azul)
Banda 2	0.53 – 0.61	Visible (Verde)
Banda 3	0.63 – 0.69	Visible (Rojo)
Banda 4	0.78 – 0.90	Infrarrojo (corto)
Banda 5	1.55 – 1.75	Infrarrojo (corto)
Banda 6	10.40 – 12.50	Infrarrojo (medio)

De la información proporcionada por estas bandas, cabe mencionar que cuando un cuerpo opaco es iluminado por luz blanca refleja un color o una mezcla de estos absorbiendo el resto. Las radiaciones luminosas reflejadas determinarán el color con que nuestros ojos verán el objeto. Los infrarrojos están asociados al calor debido a que a temperatura normal los objetos emiten espontáneamente radiaciones en el rango de los infrarrojos. Altas temperaturas terrestres (por ejemplo desiertos o zonas descubiertas de vegetación) provocan señales fuertes por lo que las coloraciones son mas intensas y zonas boscosas frías, o los topes nubosos generan señales débiles, con coloraciones más oscuras.

El cuerpo humano emite radiaciones fuertes en una longitud de onda de 10 micrómetros. La intensidad de las imágenes también va a depender de la reflexión de los rayos sobre la superficie de los cuerpos, en la cual la reflexión va a ser inversamente proporcional a la intensidad de la imagen.

Se combinó la información proporcionada por las bandas 4, 5, 6 a modo que se pudieran distinguir los asentamientos humanos, la densidad de la vegetación, así como la densidad de las zonas montañosas, la variación de temperatura en el lugar. Para ilustrar más a fondo los

datos obtenidos por otras fuentes, hacer un cruzamiento de información para llegar a un mejor análisis del sitio.

Con la información mencionada anteriormente se obtuvo un panorama actualizado de la situación de los asentamientos urbanos en la zona de proyecto, que se puede observar en la Figura 1.3.2.

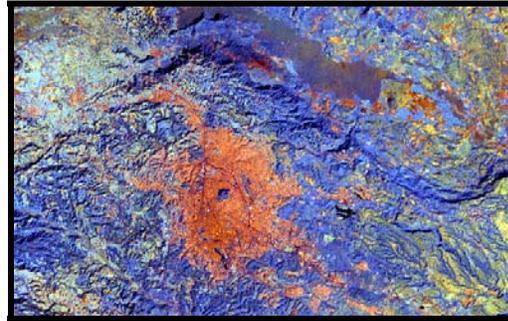


Figura 1.3.2; Foto Satelital Landsat 7 (SIGSA)

Zonas urbanas

La principal zona urbana que se localiza cerca del área donde se encuentran las alternativas para el trazo del ducto es: Xalapa. Esta zona nos dio la pauta para conocer la clase de localización en la cual vamos a ubicar el proyecto, así como, la posible infraestructura que pueda surgir en un futuro para dar abasto a dichas poblaciones, al igual que nos permiten conocer una estimación aproximada de la tendencia en cuanto a su crecimiento.

Núcleos poblacionales

Los núcleos poblacionales se van a considerar como poblaciones de tamaño pequeño con una infraestructura menor a la de la zona urbana. Estos grupos se van a dividir en dos tipos: núcleos poblacionales tipo 1 y núcleos poblacionales tipo 2

Se entiende como núcleo poblacional tipo 1 a las poblaciones principales del municipio al que pertenecen que cuentan con una infraestructura mediana, en la cual un 75% de la población cuenta con servicios y tiene un número de habitantes mayor a los 2500.

Se le denomina núcleos poblacionales tipo 2 a pequeñas poblaciones con asentamientos irregulares o pequeñas comunidades, con asentamientos sencillos y algunos precarios en los que sólo un porcentaje de la población cuenta con todos los servicios.

Los núcleos poblacionales tipo 1 que se encuentran cerca de las posibles alternativas de trazo del ducto son: Banderilla, El Castillo, Rafael Lucio, Jilotepec, La Concepción.

La localidad de El Castillo se encuentra a 5 kilómetros de la ciudad de Xalapa, ubicada entre las coordenadas 19° 37'25" y 19°38'00" de latitud norte y 96°51'24" y 96°52'09" de longitud oeste con una altitud de 1200 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con una población de 3,699 habitantes

El acceso principal esta en el kilómetro 5 de la carretera Xalapa - Alto Lucero. Este es el único acceso vial pavimentado: Desde la colonia Agua Santa II y el fraccionamiento las Animas de Xalapa, existen veredas de acceso provenientes de parcelas y sembradíos ejidales.

La extensión de la mancha urbana es de 475,007 m², la topografía del terreno que circunda el área de estudio se caracteriza por ser irregular y accidentada. Las pendientes van del 15 al 30%, esto ocasiona que los asentamientos humanos y las vialidades se tengan que adecuar a las pendientes naturales del terreno.

Los usos extraurbanos de la localidad El Castillo son de tipo rural dedicados a la agricultura principalmente conservando áreas de producción de caña, y café.

La estructura urbana de El Castillo esta definida por el curso de la carretera que atraviesa la localidad dando origen a un sistema de desarrollo lineal en torno a ella. Las viviendas se han

asentado conforme a la topografía del terreno y provocan que las vialidades se adapten a las pendientes.

La Concepción cuenta con 5,000 habitantes, sus principales actividades son la agricultura e industria. Se ubica a 6 km al Noreste de la cabecera municipal de Jilotepec.

Dentro del municipio de Rafael Lucio siendo la cabecera municipal se encuentra Rafael Lucio con 2,752 habitantes.

Como cabecera municipal también, se encuentra Banderilla, que cuenta con una población de 12,641 habitantes. Dentro de este municipio se localiza también a la Colonia Los Prados, que cuenta con 13,673 habitantes, así como la Colonia Veracruz, que cuenta con 6,620 habitantes.

Los núcleos poblacionales tipo 2 cercanos a las posibles alternativas de trazo para el ducto son: las Cruces, Castillo Chico, Tronconal, Chiltoyac, Paso San Juan, el Pueblito, Vista Hermosa, Xaltepec, Tecpan, Cerro de la Gallina, San Isidro, Colonia San Martín y Piedra de Agua.

La localidad de El Tronconal se localiza a 7 kilómetros al noreste de la ciudad de Xalapa. Se ubica entre las coordenadas 19° 36' 03" y 19° 36' 28" de latitud norte y 96° 51' 31" y 96° 51' 52" de longitud oeste, con una altitud de 1150 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con una población de 764 habitantes.

El acceso principal es la carretera de El Castillo que va a la zona urbana de Chiltoyac. Esta carretera entronca en el kilómetro 6 de la carretera de Xalapa hacia el poblado de Alto Lucero. Este es el único acceso vial y se encuentra en condiciones favorables, los demás accesos son cinco veredas que permiten a los habitantes llegar a El Tronconal desde sus parcelas y sembradíos.

El estudio del uso de suelo extraurbano se realiza para conservar áreas de producción agropecuaria y reserva ecológica, así como el aprovechamiento de zonas aptas para el desarrollo urbano. Alrededor de la localidad, los usos son de carácter rural dedicados a la agricultura.

Los demás núcleos poblacionales, se describirán de acuerdo al municipio al que pertenezcan.

Jilotepec: Tiene una superficie de 72.38 km² y sus principales actividades son agricultura, ganadería y comercial. El municipio cuenta con comunicación hacia Naolinco, Banderilla y Xalapa por vía carretera estatal y con comunicación por caminos de terracería con Tlacolulan y Rafael Lucio.

A este municipio pertenecen: Vista Hermosa que cuenta con 1,500 habitantes, su principal actividad es la agricultura. Se ubica a 4 km de distancia de la cabecera municipal.

Paso San Juan que cuenta con 680 habitantes, su principal actividad es la agricultura. Se ubica a 9 km de distancia de la cabecera municipal, colinda con el municipio de Xalapa.

El Pueblito que cuenta con 700 habitantes, su principal actividad es la agricultura. Se ubica a 8 km de la cabecera municipal (a un costado de la carretera federal Xalapa-México).

Rafael Lucio: Se encuentra ubicado en la zona centro, montañosa del Estado al noroeste del Cofre de Perote, en las coordenadas 19° 35" latitud norte y 96° 59" longitud oeste, a una altura de 1,840 metros sobre el nivel del mar. Tiene una superficie de 24.68 km² y cuenta con infraestructura de vías de comunicación conformada por 15 km de carretera. Su actividad es agrícola y ganadera.

Las comunidades más importantes, atendiendo a su población son: Piletas con 963 habitantes, Teapan con 305 habitantes, Colonia 3 de Mayo con 195 habitantes y el Barrial con 74 habitantes.

Banderilla: Tiene una superficie de 22.21 km² y el municipio tiene como actividades económicas la ganadería y la agricultura. El municipio cuenta con infraestructura de vías de comunicación conformada por 15.3 km de carretera.

Dentro de este municipio se encuentran las siguientes localidades:

Xaltepec, que cuenta con 526 habitantes.

La Hacienda, que cuenta con 80 habitantes.

Xalapa: Se encuentra ubicado en la zona norte, en las coordenadas 19° 32' latitud norte y 96° 55' longitud oeste a una altura de 1,460 metros sobre el nivel del mar. El municipio cuenta con infraestructura de vías de comunicación conformada por 59.7 km de carretera, y una terminal ferroviaria. Tiene una superficie de 118.45 km². Como actividades económicas tiene principalmente servicios aunque también realiza actividades como ganadería, agricultura, comercio e industria.

Dentro de sus localidades se encuentran: Chiltoyac a 10 km de la cabecera municipal y con 2,180 habitantes así como Col. 6 de Enero a 13 km de la cabecera municipal y con 590 habitantes.

Emiliano Zapata: Se encuentra ubicado en la zona central del Estado, en las coordenadas 20°15' de latitud Norte y 97°24' de longitud Oeste, a una altura de 885 metros sobre el nivel del mar. Tiene una superficie de 394.82 km² y sus principales actividades son la ganadería, la agricultura y la industria. En el municipio se cuenta con las siguientes vías de comunicación:

Carretera Federal asfaltada Las Trancas-Rinconada de 38 km de longitud.

Carretera Estatal asfaltada Las Trancas-Chavarrillo Pueblo-Chavarrillo Estación de 17 km

Carretera Estatal asfaltada Las Trancas-Alborada de 16 km

Carretera Estatal asfaltada Estanzuela-Pacho Nuevo de 4 km

Carretera Estatal asfaltada entronque carretera Federal-Buena Vista de 4.5 km

Carretera Estatal asfaltada entronque carretera Federal-El Aguaje de 4 km

Carretera Estatal asfaltada entronque carretera Federal-Villa Emiliano Zapata de 2 km

Camino vecinal de terracería Villa Emiliano Zapata-La Balsa de 1 km

Camino vecinal de terracería Chavarrillo-El Roble-Palmar de Pérez de 20 km

Camino vecinal de terracería El Lencero-La Tinaja-Rancho Nuevo-El Terrero de 16 km

Camino vecinal de terracería Miradores-Rancho Viejo-Palmar Estación de 14 km

Además cuenta con un aeropuerto en el sitio denominado "El Lencero", el cual está ubicado a seis millas al este de Xalapa, en el lado sur de la carretera Xalapa-Veracruz, y al noroeste de una laguneta (Ver figura I.3.2a).

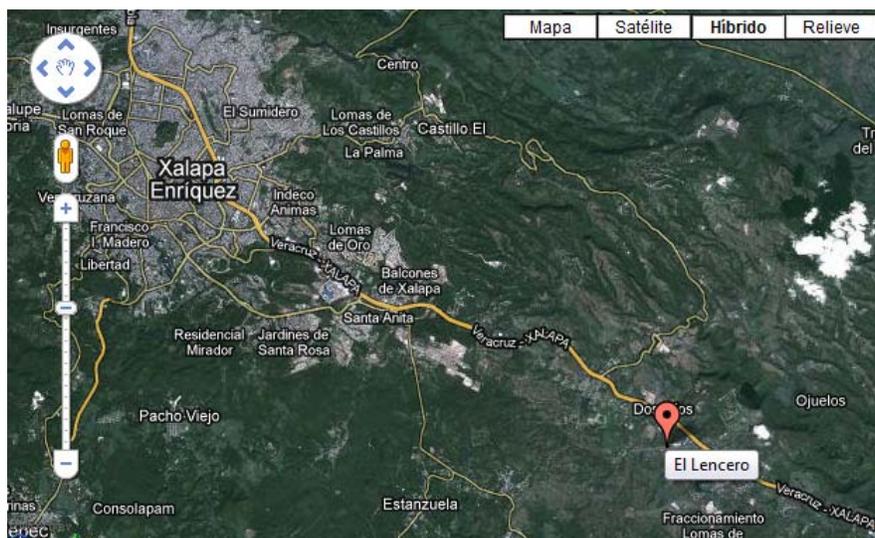


Figura I.3.2a; Localización del Aeropuerto Nacional de Xalapa, "El Lencero" (Google Earth 2009).

A este municipio pertenece: La Villa Emiliano que cuenta con 7,200 habitantes, su principal actividad es la agricultura. Se localiza a 30 km de la cabecera municipal.

El Chico que cuenta con 3,800 habitantes, su principal actividad es la agrícola. Se ubica a 14 km de la cabecera municipal.

Naolinco: Se encuentra ubicado en la zona montañosa central del Estado, en las estribaciones de la Sierra de Chiconquiaco, en las coordenadas 19° 39' latitud norte y 96° 52' longitud oeste, a una altura de 1,540 metros sobre el nivel del mar. Tiene una superficie de 123.38 km² y sus actividades económicas principales son la ganadería y la agricultura.

El municipio cuenta con infraestructura de vías de comunicación conformada por Atexquilapan con 5 km de terracería-pavimento, Aguasuelos 5.50 km de pavimento, Los Cedros con 6 km de pavimento y terracería, Haldas 7 km de pavimento y terracería, Espinal 7 km de Pavimento y terracería, Almolonga con 12 km de pavimento y terracería, La Palma con 14 km de Pavimento y terracería, La Yerbabuena con 13.50 km de pavimento y terracería, El Copete con 18 km de pavimento y terracería, San Pablo Coapan con 8 km de pavimento, El Chirimoyo con 11 km de pavimento y terracería y Buena Vista con 8 km de pavimento y terracería.

Tiene como principales localidades: San Marcos Atexquilapan con 1,290 habitantes, a 5 km, norte de la cabecera municipal; San Pablo Coapan, con 1,400 habitantes, a 8 km, oeste de la cabecera municipal; Espinal con 1,846 habitantes, 7 km, sur de la cabecera municipal; Haldas con 830 habitantes, a 7 km sureste de la cabecera municipal, Llano Pastores con 830 habitantes, a 6 km, sur de la cabecera municipal; Tenampa con 522 habitantes, a 10 km, Sur de la cabecera municipal.

Proyectos de infraestructura

La Secretaría de Comunicaciones y Transporte tiene proyectada la construcción de una carretera con tres alternativas posibles.

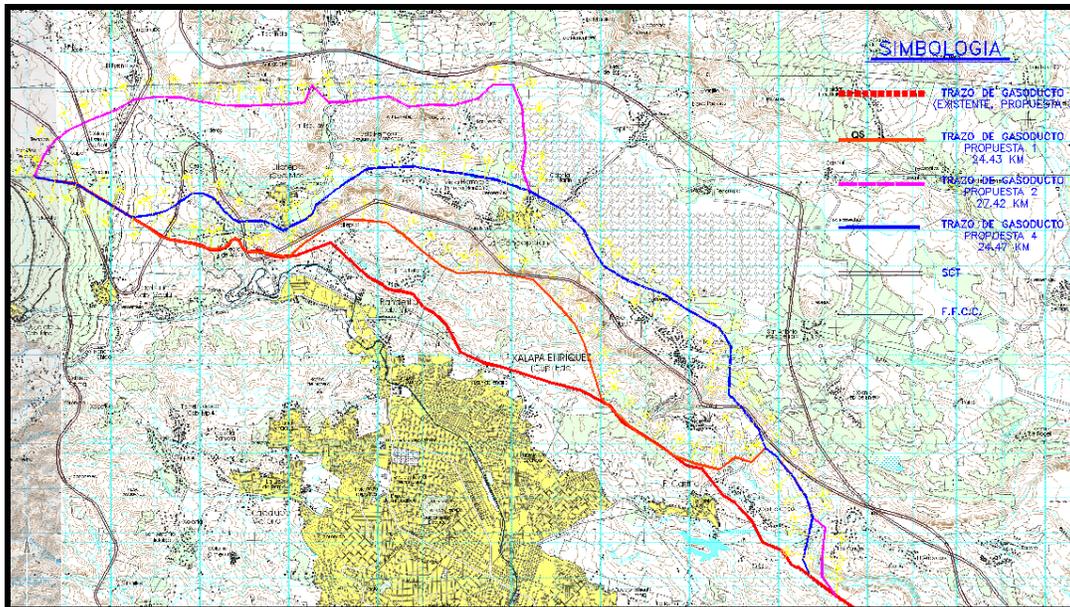


Figura I.3.3: Plano de localización de las distintas propuestas del nuevo trazo (Carta Topográfica de Xalapa, INEGI).

En la imagen anterior, se muestran los trazos tanto de las alternativas para las carreteras como las de los trazos propuestos para el ducto a modo de facilitar la comprensión de las interacciones existentes entre éstos.

Ecología

A modo de cubrir las exigencias tanto federales como estatales se realizó una revisión a las normas, decretos y reglamentos ambientales involucrados con el objeto de situar al proyecto dentro de los alcances de dichos documentos. (En este documento no se revisará a fondo cada uno de los artículos que se tomaron en cuenta para el diseño del proyecto, ya que no es materia de este documento).

La Normatividad que se consideró fue la siguiente:

- Información Federal

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)
NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-117-ECOL-1998
2° Listado. Diario Oficial. 04-05-1992. Manejo de sustancias flamables y explosivas.
SEMARNAT-04-002-B. COFEMER.

De acuerdo a la normatividad encontrada se hizo una revisión de la Gaceta Ecológica del estado, ya que en ella se publican normas y decretos correspondientes al ámbito ecológico. Las publicaciones consultadas fueron las que comprenden los números del 50 al 69 que involucran el periodo comprendido entre los años 2000 y 2003, en las cuales no se encontró ningún decreto que involucre el área del proyecto.

De acuerdo al censo de áreas naturales protegidas de la Comisión Nacional de Áreas protegidas (CONAP), tampoco se encontró un área en el estado de Veracruz que coincida con el área del proyecto.

- Información Estatal

A modo de ubicar las áreas naturales protegidas en la región de estudio se revisaron los decretos emitidos por el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, dentro del periodo comprendido de 1978 a 2000.

SINAP 003 Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz.

Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Veracruz

Así mismo, se efectuó una consulta de los acuerdos de Cabildo que se realizaron en el municipio de Xalapa, que corresponden a los años 2002 a 2004 entre los cuales sólo se encontró una solicitud de un área protegida el día 31-01-03 para el área denominada como Molinos de San Roque.

Planes de desarrollo

Los Programas Regionales encontrados para la zona están encaminados para el desarrollo urbano de las localidades, así como para la realización de obras públicas a mediano y largo plazo para satisfacer las necesidades de la población. También se menciona el fomento a la Cultura ya que se quiere impulsar a Xalapa como centro cultural de máxima importancia en Veracruz.

El programa de Ordenamiento Urbano (Ver Tabla I.3.II) de la zona conurbada Xalapa-Banderilla-Coatepec-Emiliano Zapata-Tlalnahuayocan esta dirigido a regular la urbanización de la zona, ya que presenta una demanda habitacional a mediano y largo plazo pues más de la mitad de su población es dependiente y se encuentra entre 12 y 22 años.

En este programa se encuentran las proyecciones futuras de la zona que implican un crecimiento en dirección sureste hacia Emiliano Zapata y noroeste hacia Banderilla por lo que se descarta una afectación al área del proyecto.

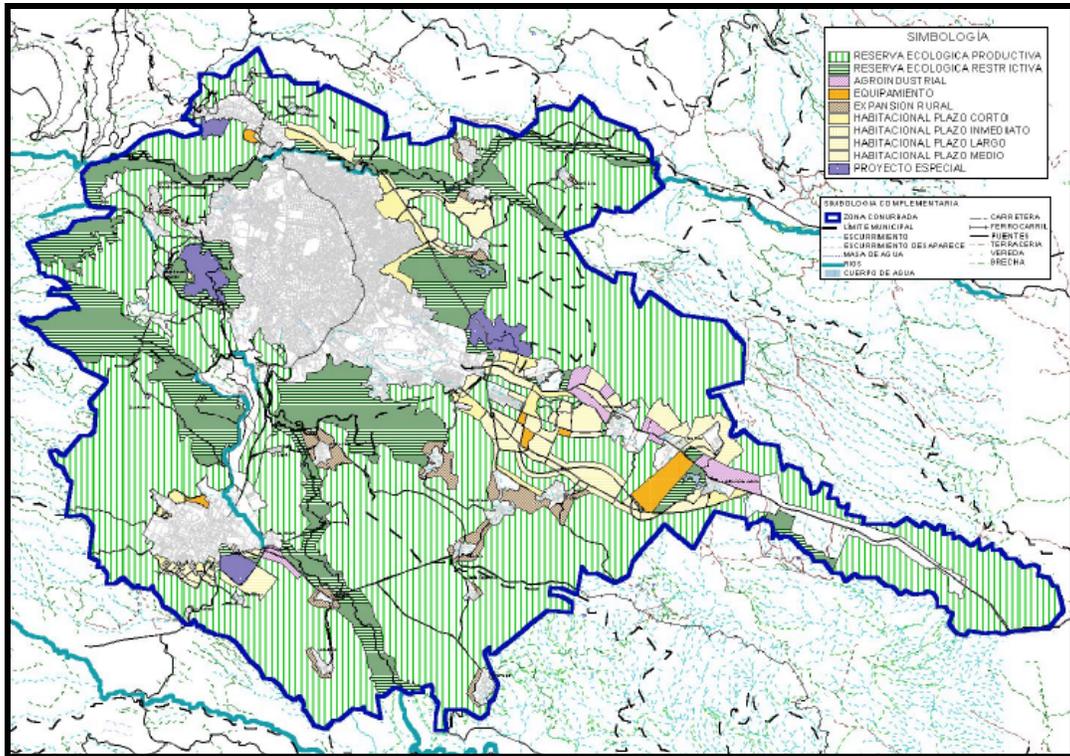


Figura I.3.4; Plano de desarrollo de Xalapa, Veracruz (Libro de Proyecto, PEMEX GAS).

Las políticas de desarrollo de acuerdo al programa son conceptos propositivos que expresan una condición universal la cual representa un modo de tratamiento a aplicar en los diferentes temas que integran a una zona de población. Desde este enfoque, constituyen también criterios normativos asociables a consideraciones objetivas con respecto a la idea de desarrollo que se establezca.

En este sentido y de acuerdo a los posibles casos que comúnmente se dan dentro de los estudios de carácter urbano, se han establecido tres ámbitos de aplicación: ordenamiento territorial, urbano y ecológico al igual que ciertas categorías para cada uno de estos casos.

Para el primero de ellos se han dispuesto cuatro posibilidades normativas: control, consolidación, impulso e integración urbano-rural.

El tema urbano atiende tres variantes: ordenamiento, crecimiento y mejoramiento. Y el ecológico se ha integrado con cinco temáticas: protección, prevención, control, mejoramiento y aprovechamiento racional. Así, cada una de ellas, de acuerdo a su ámbito y a su cometido, serán aplicadas como concepto regulador del tipo de lineamientos y acciones que sea necesario interponer para la promoción del desarrollo en la zona conurbada.

A manera de resumen, se presenta la tabla I.3.II que contiene las políticas de desarrollo aplicables a la zona de Xalapa.

Tabla I.3.II; Resumen de Políticas de Desarrollo de Xalapa.

Temática	Política	Ubicación
Ordenamiento Territorial	Control	En la ocupación como suelo habitacional de áreas con valor ambiental estratégico. En áreas restrictivas por causa de riesgo civil y/o ambiental. Se refiere tácitamente a la regulación en las formas de ocupación del territorio.
	Consolidación	Se aplica en áreas urbanas cuya saturación de funciones impide incrementar su rendimiento urbano o cuyo nivel de desarrollo se considera satisfactoria por poseer niveles idóneos de bienestar social. Son motivo de la implementación de políticas restrictivas.

Tabla I.3.II (Cont.); Resumen de Políticas de Desarrollo de Xalapa.

Temática	Política	Ubicación
Ordenamiento Territorial	Impulso	En escenarios con posibilidad de recibir nueva población, o que ya poseen pero presentan rezagos acumulados en materia de bienestar social. Y en enclaves rurales que también han sido objeto de omisiones en cuanto a su progreso. Para hacer sustentable la consolidación del ámbito de aplicación, la Política de Impulso se orientará a atender y estimular todos los sectores generadores de riqueza que concurren en la Zona Conurbada.
	Integración urbano-rural	A aplicarse en comunidades rurales relegadas del desarrollo: Sistema Tlalnelhuayocan, Otilpan, San Antonio Hidalgo; y a aquellas en inminente proceso de absorción por el crecimiento urbano: Sistema El Castillo, Tronconal, Chiltoyac y Sistema Estanzuela, Alborada, El Chico. Implica cuidado y fortalecimiento de las identidades locales.
Ordenamiento urbano	Ordenamiento	Reconocimiento del patrón de organización espacial, evaluación de Tendencias de uso y apropiación del suelo, inducción del modelo de ordenamiento sobre la base de tendencias favorables y nuevos aportes en materia de reservas y destinos.
	Crecimiento	Áreas para la expansión de la ciudad que pueden absorber el impacto urbano. Aquí se reconocen los sistemas de asentamientos vistos como plataformas urbanas en razón de poseer viabilidad para el desarrollo, demostrada ésta por la presencia de población y la aptitud territorial de su entorno próximo. Las zonas a enlazarse con la expansión de la Ciudad de Xalapa están representadas por los Sistemas Dos Ríos y Estanzuela.
	Mejoramiento	En aquellas zonas consideradas como relegadas de los beneficios del desarrollo. Por la premura del poblamiento y bajos niveles de ingreso y beneficios sociales, se suscitan enclaves marginados. En términos generales, su objetivo es reordenar y renovar las zonas de desarrollo urbano incipiente al interior del ámbito de estudio, así como aquéllas que presentan deterioro tanto físico como funcional.
Ecológico	Protección	Reductos de bosque mesófilo de montaña; franja de ecotonía en tanto coexistencia de especies boscosas y selváticas, existentes aún en los límites oeste de los municipios de Xalapa y Tlalnelhuayocan.
	Prevención	Mantos freáticos y Cauces subterráneos. Zonas donde el impacto ambiental de cualquier tipo de intervención merme reductos de especies en riesgo, sean de vegetación y/o fauna.
	Control	Para aquellos escenarios naturales cuya fragilidad exige la aplicación de regulaciones estrictas sea en cuanto a su usufructo, a su atención por abandono después de un proceso de explotación y a su protección por la inminente aproximación del impacto del desarrollo urbano. Su aplicación prevalecerá sobre cualquier acción que confronte a su propósito.
	Mejoramiento	El tema central es inducir acciones para recuperar áreas naturales deterioradas, fortalecer enclaves en proceso incipiente de recuperación y apoyar acciones que promuevan al desarrollo sustentable.
	Aprovechamiento Racional	Aquí compete recomendar que la aplicación de prácticas económicas primarias sean llevadas a cabo dentro de los lineamientos de la sustentabilidad. En este sentido está el apoyo de programas de atención al agro de la Universidad Veracruzana.

Alternativas para Desarrollo del Proyecto

Descripción de alternativas

Para el desarrollo de este proyecto se han propuesto cinco alternativas de trazo las cuales se describen a continuación.

ALTERNATIVA DE TRAZO UNO.

Esta alternativa comienza en la zona sur de Xalapa en el km 65+833 con coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator) X=727415 Y=2160663 del gasoducto existente de 48" Cempoala-Santa Ana y termina dentro de territorio del municipio de Rafael Lucio en el km 88+000 del mismo gasoducto con coordenadas UTM X=709091 Y=2170225, este trazo tiene una longitud de 24.43 kilómetros aproximadamente.

Desde su inicio, tenemos un cruzamiento en el km 0+600 con el río alto de la Mipa cerca de la congregación Las cruces, de ahí continua su trayecto hasta llegar al kilómetro 1+800 donde encontramos otro cruzamiento del mismo río, continuando con el trazo en el km 2+250 tenemos

otro cruzamiento con el camino que lleva a la congregación de las Cruces y el Limón, continuando el trayecto del gasoducto por una zona de topografía irregular con lomeríos sin ser de difícil acceso en el kilómetro 4+700 encontramos otro cruzamiento con un camino que va de la Ciudad de Xalapa hasta la Colonia Seis de Enero, continuando con el trayecto del trazo en el km 5+200 tenemos otro cruzamiento con un camino que va a la congregación de el Tronconal, de este punto el trazo se conecta al derecho de vía existente en el km 6+400 y continua hasta el km 8+500 donde nos salimos del derecho de vía y se continua el trazo hasta encontrar un par de cruzamientos con cables de alta tensión en el km 13+700 y 17+450, continuamos hasta unirnos nuevamente con el derecho de vía existente en el km 18+000 en este trayecto encontramos una topografía irregular donde existen 4 arroyos a cruzar.

A partir del kilómetro 18+000 se continua el trayecto del trazo por el derecho de vía existente hasta el km 24+430 (88+000 del gasoducto existente), en este trayecto encontramos en el km 18+700 un cruzamiento con un camino que va de Banderilla a Jilotepec, en el km 20+880 tenemos un cruzamiento con las vías del ferrocarril, en el km 22+140 tenemos otro cruzamiento con las vías del ferrocarril, en el km 22+370 existe un cruzamiento con líneas de alta tensión y en el km 22+500 tenemos otro cruzamiento con un camino que va a el municipio de Rafael Lucio.

Cabe mencionar que en el trayecto de este trazo existen áreas de cultivo agrícola, así como un área donde la mancha urbana del municipio de Banderilla ha crecido invadiendo en ocasiones el derecho de vía existente.

ALTERNATIVA DE TRAZO DOS

Esta alternativa comienza en la zona sur de Xalapa en el km 65+833 con coordenadas UTM X=727415 Y=2160663 del gasoducto existente de 48" Cempoala-Santa Ana y termina dentro de territorio del municipio de Rafael Lucio en el km 88+000 del mismo gasoducto con coordenadas UTM X=709091 Y=2170225, este trazo tiene una longitud de 27.42 kilómetros aproximadamente.

Desde su inicio, tenemos un cruzamiento en el km 0+600 con el río alto de la Mipa cerca de la congregación Las cruces, de ahí continua su trayecto hasta llegar al kilómetro 1+800 donde encontramos otro cruzamiento del mismo río, continuando con el trazo en el km 2+250 tenemos otro cruzamiento con el camino que lleva a la congregación de las Cruces y el Limón, continuando el trayecto del gasoducto por una zona de topografía irregular con lomeríos sin ser de difícil acceso, en el kilómetro 4+320 encontramos otro cruzamiento con un camino que va de el Castillo a la colonia 6 de Enero, en el km 5+920 y 6+340 encontramos cruzamientos con cables de alta tensión, en el km 8+360 tenemos un cruce con un camino que va de Paso San Juan a el Moro, en el km 9+370 tenemos otro cruzamiento con un camino que va de La Concepción a paso San Juan, en el km 11+780 se encuentra otro cruzamiento con un camino que va de La Concepción a la Colonia San Martín, en el km 11+870 tenemos un cruzamiento con cables de alta tensión, en el km 15+000 tenemos un cruzamiento con un camino que va de la Concepción a Coapan, en el km 15+850 se tiene un cruzamiento con el río el Moral, en el km 16+640 se tiene otro cruzamiento con un río, en el km 19+140 se tiene un cruzamiento con cables de alta tensión, en el km 19+300 se tiene un cruzamiento con un camino que va del Municipio de Jilotepec a Coacoatzintla, en el km 24+500 se tiene un cruce con cables de alta tensión y un camino que va del poblado El fresno a Teapan.

Cabe mencionar que en el trayecto de este trazo existen áreas de cultivo agrícola, así como cruzamientos con 8 arroyos.

ALTERNATIVA DE TRAZO TRES

Esta alternativa comienza en la zona Sur de Xalapa en el km 68+000 con coordenadas UTM X=725728 Y=2161948 del gasoducto existente de 48" Cempoala-Santa Ana y termina dentro de territorio del municipio de Rafael Lucio en el km 88+000 del mismo gasoducto con coordenadas UTM X=709091 Y=2170225, este trazo tiene una longitud de 20 kilómetros aproximadamente y su trayecto sería por el derecho de vía existente.

Este trazo presenta desde su inicio un cruzamiento en el kilómetro 68+190 con el río La Palma, en el km 68+390 se encuentra un cruzamiento con cables de alta tensión, en el km 69+720 se encuentra un cruzamiento con un camino que va del Castillo a la Colonia 6 de Enero, en el km 73+705 se tiene un cruce con un arroyo, en los kilómetros 76+105, 76+720 y 77+800 se tienen cruzamientos con cables de alta tensión, en el km 78+580 se tiene un cruce con un camino del municipio de Banderilla al Pueblito, en el km 80+400 se tiene un cruce con un camino que va del municipio de Banderilla a Xaltepec, en el km 80+950 se tiene un cruce con cables de alta tensión, en el km 82+400 se tiene un cruce con un camino del Municipio de Banderilla a Jilotepec, en los kilómetros 84+550 y 85+810 se tienen cruzamientos con vías de ferrocarril, en el km 86+060 se tiene un cruzamiento con cables de alta tensión y en el km 86+180 se tiene un cruzamiento del camino que va del poblado de Teapan al Municipio de Rafael Lucio.

ALTERNATIVA DE TRAZO CUATRO

Esta alternativa comienza en la zona Sur de Xalapa en el km 66+900 con coordenadas UTM X= Y= del gasoducto existente de 48" Cempoala-Santa Ana que sería equivalente al km 0+00 de nuestra propuesta y termina dentro de territorio del municipio de Rafael Lucio en el km 88+000 del mismo gasoducto con coordenadas UTM X=709091 Y=2170225, este trazo tiene una longitud de 22 kilómetros aproximadamente y su trayecto sería aprovechando el derecho de vía existente junto con un libramiento que a continuación se describe.

Este trazo presenta desde su inicio un cruzamiento en el kilómetro 1+290 con el río La Palma, en el km 1+490 se encuentra un cruzamiento con cables de alta tensión, en el km 2+820 se encuentra un cruzamiento con un camino que va del Castillo a la Colonia 6 de Enero, en el km 6+805 se tiene un cruce con un arroyo, en el kilómetro 7+650 se encuentra el libramiento en dirección al norte, encontrando en los kilómetros 8+540, y 10+485 cruces con arroyos, en los kilómetros 11+215 y 14+812 cruces con cables de energía eléctrica y en el km 15+100 se incorpora nuevamente el derecho de vía, en el km 16+190 se tiene un cruce con un camino del municipio de Banderilla a Jilotepec, en el km 18+340, en los kilómetros 18+340 y 19+600 se tienen cruzamientos con vías de ferrocarril, en el km 19+850 se tiene un cruzamiento con cables de alta tensión y en el km 19+970 se tiene un cruzamiento del camino que va del poblado de Teapan al Municipio de Rafael Lucio, terminando en el km 22+000.

ALTERNATIVA DE TRAZO CINCO

Esta alternativa comienza en la zona Sur de Xalapa en el km 66+925 con coordenadas UTM X=726,552 Y=2161,317 del gasoducto existente de 48" Cempoala-Santa Ana que sería equivalente al km 0+00 de nuestra propuesta y termina dentro de territorio del municipio de Rafael Lucio en el km 88+000 del mismo gasoducto con coordenadas UTM X=709091 Y=2170225, este trazo tiene una longitud de 31 kilómetros aproximadamente y su trayecto sería realizando un libramiento al norte del gasoducto existente.

Este trazo presenta desde su inicio un cruzamiento en el kilómetro 0+465 con un arroyo, en el km 0+735 se encuentra un cruzamiento con cables de alta tensión, en el km 0+805 se encuentra un cruzamiento con el río La Palma, en el km 0+955 se tiene un cruce con un arroyo, en el kilómetro 1+700 se encuentra un camino que va de El Castillo Chico a las Cruces, en los kilómetros 3+550 y 4+885 se encuentran cruces con arroyos, en el kilómetro 5+898 se tiene un cruce con la carretera del Castillo a la Colonia 6 de enero, y en el km 5+945 se tiene un cruce con línea telefónica, en el km 7+040 se tiene un cruce con un arroyo, en el km 7+630 se tiene un cruce con cables de energía eléctrica, en el km 8+215 se tiene un cruce con un río, en los kilómetros 9+590 se tiene un cruzamiento con el camino de la Concepción a San Antonio Paso del Toro, en los kilómetros 10+880 y el 12+080 se tienen cruzamientos con cables de energía eléctrica, en el km 13+450 se tiene un cruzamiento con un camino que va de la Concepción a el Espinal, en el km 13+510 se tiene un cruce con línea de cableado eléctrico, en el km 14+660 se tiene otro cruce con un camino de la Concepción a el poblado las Lonas en el km 16+855 se tiene un cruce con un arroyo y en los kilómetros 17+830 y 19+080 se tienen cruces con cables de energía eléctrica, en el km 19+290 se tiene un cruce con un arroyo, en el km 19+845 se tiene un cruzamiento con el arroyo el Moral, en el km 21+255 se tiene un cruce con la carretera de Jilotepec a Coacoatzintla, en el km 21+294 y el 21+985 se tienen cruzamientos con cables de energía eléctrica en el km 22+330 se tiene un cruce con un camino de Coacoatzintla al

Zacatal, en el 22+480 se tiene otro cruce con un camino que va a el Zacatal, en el km 25+815 se tiene un cruce con cables de energía eléctrica, en el km 26+050 se tiene un cruce con una carretera que va de Rafael Lucio a Tlacolulan, en el km 27+020 se tiene un cruce con un camino que va del Ejido Sn. José a el Fresno, en el km 27+570 se tiene otro cruzamiento con cables de energía eléctrica, el trazo continua hasta terminar en el km 30+900 o km 88+00 del gasoducto existente.

Limitaciones

Para el desarrollo de este proyecto se han estudiado las cinco alternativas de trazo las cuales podrían presentar distintas limitaciones dentro de su trayecto, estas son las limitantes respecto a los proyectos de infraestructura y a las zonas de reserva natural protegidas.

Como se mencionó anteriormente existen tres propuestas de infraestructura carretera con las que se podría tener algún tipo de interferencia.

Dentro del trayecto del trazo se estudio otra posible limitante como lo son las zonas o áreas de reserva natural protegidas, cabe mencionar que no tenemos ninguna interferencia de acuerdo a SEMARNAT.

Puntos a evaluar

Para el desarrollo de este proyecto se han estudiado las cinco alternativas de trazo evaluando distintos puntos los cuales se describen a continuación:

1. La seguridad.- En ésta se analizó las zonas urbanas que pudieran interferir en el trayecto del trazo, igualmente se analizaron los núcleos poblacionales tipo 1 y tipo 2, la cercanía con obras de infraestructura mayores (carreteras, presas, plantas de energía, etc.), áreas de riesgo meteorológico y áreas con riesgo geológico.
2. La construcción.- En este punto se analizó la conformación del derecho de vía (ddv) nuevo considerando según la topografía del terreno cortes y terraplenes moderados y fuertes, ddv con montes bajos, ddv con monte alto, ddv con montes altos o bosque, ampliaciones al ddv normal o con invasiones, excavaciones en zanja con distintos tipo de material y los caminos de acceso a válvulas de seccionamiento.
3. Operación.- Aquí se analizó el posible número de rectificadores y posible número de válvulas de seccionamiento que tendrían que emplearse en los distintos trazos.
4. Afectaciones.- Se analizaron las posibles afectaciones a zonas agrícolas altamente productivas, zonas agrícolas moderadamente productivas, zonas de agostadero y zonas no aprovechadas.

Planes de desarrollo.- Se analizó y evaluó las zonas de desarrollo urbano, zonas de desarrollo agrícola y zonas de desarrollo ecológico.

Procedimiento para evaluación

De acuerdo a los puntos a evaluar mencionados anteriormente, se elaboró un análisis en donde se asigna un valor total de acuerdo al grado de importancia, se analiza cada detalle y le restamos un valor en puntos, llamados de penalización, previamente establecidos, teniendo que recibir más puntos negativos el que se encuentre en las condiciones más críticas para cubrir los requisitos de seguridad, construcción, operación, posibles afectaciones al igual que no interfiera con los planes de desarrollo. Este análisis aplicará en cada km de los trazos propuestos.

Los resultados de dicho análisis se ven reflejados en la tabla I.3.III.

Tabla I.3.III; Resultados de la evaluación de las distintas alternativas de trazo.

Aspecto	Participación	Detalle	Penalización	Alternativa					Alternativa										
				1		2		3		1		2		3		4		5	
				24	27	22	22	22	22	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Seguridad	200																		
	90	Distancia a zonas urbanas		0	0	0	0	0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	
			1000	-6.03	1	0	3	1	(6.0)	-	(18.1)	(6.0)	-	-	-	-	-	-	
			500	-12.06	1	0	5	2	(12.1)	-	(60.3)	(24.1)	-	-	-	-	-	-	
		Subtotal							71.9	90.0	11.6	69.9	90.0						
	30	Distancia a núcleos poblacionales tipo 1		0	0	0			30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	
			1000	-1.98	6	0	1	0	(11.9)	-	(2.0)	-	-	-	-	-	-	-	
			500	-7.20	2	2	2	2	(14.4)	(14.4)	(14.4)	(14.4)	(14.4)	(14.4)	(14.4)	(14.4)	(14.4)	(14.4)	
		Subtotal							3.7	15.6	13.6	15.6	20.6						
	10	Distancia a núcleos poblacionales tipo 2		0	0	0			10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
			1000	-0.33	5	10	0	4	(1.7)	(3.3)	-	(1.3)	(3.3)						
			500	-0.50	2	8	0	9	(1.0)	(4.0)	-	(4.5)	(3.0)						
		Subtotal							7.4	2.7	10.0	4.2	3.7						
	30	Distancia a obras de infraestructura mayores (carreteras, presas, plantas de energía, etc.)		0	0	0			30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	
			500	-0.99	4	3	1	2	(4.0)	(3.0)	(1.0)	(2.0)	-	-	-	-	-	-	
			250	-2.01	11	5	4	7	(22.1)	(10.1)	(8.0)	(14.1)	-	-	-	-	-	-	
		Subtotal							3.9	17.0	21.0	14.0	30.0						
	30	Áreas potenciales de riesgo hidrometeorológico		0	0	0			30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	
			500	-0.99	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			250	-2.01	0	0	1	0	-	-	(2.0)	-	-	-	-	-	-	-	
		Subtotal							30.0	30.0	28.0	30.0	30.0						
	10	Áreas con potencial de riesgo geológico		0	0	0			10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
			1000	-2	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			500	-4	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Subtotal							10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
		Subtotal Riesgo							126.9	165.3	94.2	133.6	184.5						
Construcción	100			0															
	70	Formación del DDV/ Derecho de vía nuevo con cortes y terraplenes moderados		0	0	0	0	0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	
			0	0	1	17	0	1	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Derecho de vía nuevo con cortes y terraplenes fuertes	0.0174	-1.218	13	10	0	7	6	(15.8)	(12.2)	-	(8.5)	(7.3)					
		Derecho de vía con monte bajo	0	-0.609	6	10	0	0	25	(3.7)	(6.1)	-	-	(15.2)					
		Derecho de vía en monte alto o bosque	0.0098	-0.406	4	17	0	0	5	(1.6)	(6.9)	-	-	(2.0)					
		Ampliación del DDV normal	0	0	6	0	13	11	0	-	-	-	-	-					
		Ampliación del DDV con inversiones	0.06	-4.2	4	0	9	6	0	(16.8)	-	(37.8)	(25.2)	-					
		Excavaciones en zanja material B	0	0	12	17	18	15	24	-	-	-	-	-					
		Excavaciones en zanja material duro	0.0116	-0.812	12	10	2	2	6	(9.7)	(6.1)	(1.6)	(1.6)	(4.9)					
		Caminos de acceso a válvulas de seccionamiento	0.015	-1.05	5	4	1	5	2	(5.3)	(4.2)	(1.1)	(5.3)	(2.1)					
		Subtotal			0					17.1	32.5	29.5	29.4	38.5					
	30	Cruzamientos		0	0	0	0	0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	
		Ríos		-3	2	4	1	3	2	(6.0)	(12.0)	(3.0)	(9.0)	(6.0)					
		Arroyos		-1	4	8	2	5	15	(4.0)	(8.0)	(2.0)	(5.0)	(15.0)					
		Carreteras		-2	0	0	0	1	4	-	-	-	(2.0)	(8.0)					
		Caminos		-1	5	8	7	2	8	(5.0)	(8.0)	(7.0)	(2.0)	(8.0)					
		FFCC		-3	2	0	2	2	0	(6.0)	-	(6.0)	(6.0)	-					
		Línea Eléctrica		-1	3	5	0	3	9	(3.0)	(5.0)	-	(3.0)	(9.0)					
		Subtotal								6.0	(3.0)	12.0	3.0	(16.0)					
		Subtotal Construcción								23.1	29.5	41.5	32.4	22.5					
Operación	100			0				0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	30	Posible número de rectificadores		-8	1	1	0	1	1	(8.0)	(8.0)	-	(8.0)	(8.0)					
	30	Posible número de válvulas de seccionamiento		-10	2	1	2	2	1	(20.0)	(10.0)	(20.0)	(20.0)	(10.0)					
	20	Longitud del ducto (pérdida de presión)		-1	24	27	22	22	31	(24.0)	(27.0)	(22.0)	(22.0)	(31.0)					
	20	Distancia media a poblaciones para cada tramo de 10 km		-5	2	7	0	3	3	(10.0)	(35.0)	-	(15.0)	(15.0)					
		Subtotal			0					38.0	20.0	58.0	35.0	36.0					
Afectaciones	50			0					50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	
		Zonas agrícolas altamente productivas		-5	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-					
		Zonas agrícolas moderadamente productivas		-3	0	1	0	0	2	-	(3.0)	-	-	(6.0)					
		Zonas habitacionales		-8	0	0	5	0	0	-	-	(40.0)	-	-					
		Zonas de agostadero		-1.5	4	8	0	3	8	(6.0)	(12.0)	-	(4.5)	(12.0)					
		Zonas no aprovechadas		0	22	3	0	19	20	-	-	-	-	-					
		Subtotal			0					44.0	35.0	10.0	45.5	32.0					
Planes de desarrollo	50			0					50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	
		Zonas de desarrollo urbano		-4	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-					
		Zonas de desarrollo agrícola		-0.5	9	7	9	9	7	(4.5)	(3.5)	(4.5)	(4.5)	(3.5)					
		Zonas de desarrollo ecológico		-1.5	6	1	7	7	1	(9.0)	(1.5)	(10.5)	(10.5)	(1.5)					
		Subtotal								36.5	45.0	35.0	35.0	45.0					
Total										268.5	294.8	238.7	281.5	320.0					

Aspectos económicos

En la tabla I.3.IV se muestran las comparaciones económicas entre las cinco alternativas de trazo.

Tabla I.3.IV

Costos preliminares		Alternativa 1			Alternativa 2		
		0.812			0.812		
Materiales	Tubería	24	4,400	105,600,000	27	4,400	118,800,000
	Válvulas de seccionamiento	2	1,603,200	3,206,400	1	1,603,200	1,603,200
	Casetas de Rectificadores	1	350,000	350,000	1	350,000	350,000
				109,156,400	0		120,753,200
Construcción	Derecho de vía nuevo con cortes y terraplenes moderados	1	79,000	79,000	17	79,000	1,343,000
	Derecho de vía nuevo con cortes y terraplenes fuertes	13	279,000	3,627,000	10	279,000	2,790,000
	Ampliación del DDV normal	6	79,000	474,000	0	79,000	-
	Ampliación del DDV con invasiones	4	379,000	1,516,000	0	379,000	-
	Excavaciones en zanja material B	12	180,000	2,160,000	17	180,000	3,060,000
	Excavaciones en zanja material duro	12	285,000	3,420,000	10	285,000	2,850,000
	Instalación Tubería			76,409,480	0		84,527,240
	Caminos de acceso a válvulas de seccionamiento	5	550,000	2,750,000	4	550,000	2,200,000
				90,435,480			96,770,240
Cruzamientos	Ríos	2	350,000	700,000	-	350,000	-
	Arroyos	4	160,000	640,000	4	160,000	640,000
	Carreteras	-	250,000	-	8	250,000	2,000,000
	Caminos	5	90,000	450,000	-	90,000	-
	Linea Eléctrica	2	40,000	80,000	8	40,000	320,000
	FFCC	3	240,000	720,000	-	240,000	-
				202,181,880			220,483,440
Total puntuación				269			295
Costo ponderado por punto				752,994			747,939

Tabla I.3.IV (Cont.)

Alternativa 3			Alternativa 4			Alternativa 5		
0.938			0.812			0.688		
22	5,100	112,200,000	22	4,400	96,800,000	31	4,400	136,400,000
2	1,603,200	3,206,400	2	1,603,200	3,206,400	1	1,603,200	1,603,200
0	350,000	-	1	350,000	350,000	1	350,000	350,000
0		115,406,400	0		100,356,400	0		138,353,200
0	79,000	-	1	79,000	79,000	24	79,000	1,896,000
0	279,000	-	7	279,000	1,953,000	6	279,000	1,674,000
13	79,000	1,027,000	11	79,000	869,000	0	79,000	-
9	379,000	3,411,000	6	379,000	2,274,000	0	379,000	-
18	180,000	3,240,000	15	180,000	2,700,000	24	180,000	4,320,000
2	285,000	570,000	2	285,000	570,000	6	285,000	1,710,000
0		80,784,480	0		70,249,480	0		96,847,240
1	550,000	550,000	5	550,000	2,750,000	2	550,000	1,100,000
		89,582,480			81,444,480			107,547,240
-	350,000	-	-	350,000	-	-	350,000	-
1	160,000	160,000	3	160,000	480,000	2	160,000	320,000
2	250,000	500,000	5	250,000	1,250,000	15	250,000	3,750,000
-	90,000	-	1	90,000	90,000	4	90,000	360,000
7	40,000	280,000	2	40,000	80,000	8	40,000	320,000
2	240,000	480,000	2	240,000	480,000	-	240,000	-
		1,420,000			2,380,000			4,750,000
		206,408,880			184,180,880			250,650,440
		239			281.5			320.0
		864,663			654,330			783,319

Conclusiones del Estudio.

Con base en los criterios anteriores de evaluación se puede concluir que las cinco rutas de trazo propuestas son factibles para realizar su construcción dado que:

Ninguna de las cinco propuestas interfiere en cuanto a los planes de desarrollo urbano propuestos por el Gobierno del Estado y Municipio.

De acuerdo a los planes de desarrollo de infraestructura propuestos por la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), no se tienen impedimentos que afecten la construcción de cualquiera de los cinco trazos propuestos.

De acuerdo a las zonas Urbanas y núcleos poblacionales existentes tampoco se encontraron problemas para la construcción de las cinco propuestas de trazo, siempre y cuando se cumplan los requerimientos señalados de seguridad de acuerdo a las normas vigentes para la clase de localización.

Al analizar las normas, decretos y reglamentos ambientales y ecológicos, no se encontraron restricciones que eviten la construcción de cualquiera de las cinco propuestas de trazo.

I.4.- Descripción del Proyecto Definitivo.

El trazo del ducto comienza en la zona Sur de Xalapa en el km 68+000 con coordenadas UTM X=725728 Y=2161948 del derecho de vía del gasoducto existente de 48" Cempoala-Santa Ana y termina dentro del territorio del municipio de Rafael Lucio en el km 88+000 del mismo derecho de vía del gasoducto, con coordenadas UTM X=709091 Y=2170225, este trazo tiene una longitud de 21.5 kilómetros aproximadamente y su trayecto sería a lo largo del derecho de vía existente realizando un libramiento al norte del gasoducto existente entre los kilómetros 74+755 y el 80+500.

RIO EL CASTILLO (Ver figura I.4.1a).

Este trazo presenta desde su inicio un cruzamiento aproximadamente en el km 68+317 en este se encuentra un río denominado el Castillo de la localidad el Castillo Chico de aproximadamente 8 metros de ancho de poco caudal.



Figura I.4.1a (Fotografía en sitio).

DESBORDAMIENTO DE LAGUNA

(Ver figura I.4.1b).

Continuando por el derecho de vía existente tenemos otro cruce de un desbordamiento de laguna esto en el km 68+742 aproximadamente, la cual será cruzada con tubería lastrada para evitar la flotación de la tubería de 48"Ø en caso de socavación natural por causa del agua.



Figura I.4.1b (Fotografía en sitio).

CARRETERA CASTILLO CHICO - LAS CRUCES. (Ver figura I.4.1c).

Mas adelante encontramos una carretera asfaltada de segundo orden que cuenta con dos carriles que va del Castillo Chico a las Cruces esto aproximadamente en el km 69+904.



Figura I.4.1c (Fotografía en sitio).

RIO SEDEÑO (Ver figura I.4.1d).

Continuando sobre el derecho de vía encontramos varios arroyos los cuales por importancia cruzamos el del km 71+117 y el del km 72+688, en el km 73+772 tenemos un cruce con el río Sedeño, en el km 74+202.



Figura I.4.1d (Fotografía en sitio).

CARRETERA TRONCONAL – LA HACIENDITA (Ver figura I.4.1e).

Tenemos un cruce con la carretera asfaltada Tronconal - La Hacienda y enseguida tenemos cables de C.F.E., a continuación en el km 74+755 tenemos el libramiento hacia el norte del gasoducto existente, en este punto realizaremos la igualdad de kilometraje existente contra el de proyecto, quedando el de proyecto km 73+279.



Figura I.4.1e (Fotografía en sitio).

ARROYOS (Ver figura I.4.1f).

Nuevamente continuando el trazo del gasoducto encontramos un par de arroyos en los kilómetros 73+425 y 74+317.



Figura I.4.1f (Fotografía en sitio).

C.F.E. (Comisión Federal de Electricidad), ver figura I.4.1g.

Continuando con el nuevo trayecto del gasoducto encontramos varios cruces con cables de alta tensión en los kilómetros 76+371, 76+591, 76+802, 77+121, 77+356, 78+145, posteriormente nos unimos nuevamente al derecho de vía existente esto en el km 80+500.



Figura I.4.1g (Fotografía en sitio).

CARRETERA ASFALTADA NAOLINCO (Ver figura I.4.1h).

En este trayecto hacia el km 88+000 tenemos un cruce con la carretera que va a Naolinco en el km 82+215.



Figura I.4.1h (Fotografía en sitio).

ARROYO NAOLINCO (Ver figura I.4.1i).

Prosiguiendo con la ruta se encuentra el arroyo Naolinco en el km 82+392.31 del gasoducto y cuenta con una longitud de 67 metros y una altura de 6 metros aproximadamente, este cruce se propone como aéreo debido a la conformación del terreno y la proyección del ducto.



Figura I.4.1i (Fotografía en sitio).

ARROYO LAVADERO (Ver figura I.4.1j).

Este cruce se encuentra en el km 82+852.11 del gasoducto de proyecto es un arroyo denominado como El Lavadero y cuenta con una longitud de 7 metros



Figura I.4.1j (Fotografía en sitio).

CRUCE CON F.F.C.C. (Ver figura I.4.1k).

En la ruta del libramiento encontramos un cruce que se encuentra en el km 84+374.88 y en el km 326+954.05 del Ferrocarril el cual cuenta con un derecho de vía de aproximadamente de 13 metros, que será cruzado por medio de tuneleado.



Figura I.4.1k (Fotografía en sitio).

CRUCE CON F.F.C.C. (Ver figura I.4.1l).

Al igual que el cruce anterior nuestra ruta cruza las mismas vías de ferrocarril en el km 85+624.55 del gasoducto de proyecto y en el km 375+055.90 del Ferrocarril y el método constructivo a emplear es tuneleado.



Figura I.4.1l (Fotografía en sitio).

CARRETERA EST. SN MIGUEL-NAOLINCO (Ver figura I.4.1m).

Casi al finalizar el trazo del libramiento del ducto en el km 85+945.69 se tiene el cruzamiento con la carretera estatal a Tlacolulan, en el km 2+010 de la carretera, esta carretera tiene un ancho de carpeta de aproximadamente 7 m de ancho y cuenta con cunetas para drenaje será cruzado por método de tuneleado ya que por ser de segundo orden no se puede trabajar a cielo abierto.



Figura I.4.1m (Fotografía en sitio).

I.5.- Estudios de Campo.

En este capítulo hablaremos primeramente de los trabajos relacionados con la topografía realizada en campo que consistió en el levantamiento de puntos GPS (Global Positioning System) para ubicar el trazo de los levantamientos así como ubicar la restitución del estudio fotogramétrico que consistió en realizar un vuelo y tomar una serie de fotografías a lo largo del posible trazo esto nos ayudo a definir la mejor ruta. Dentro de los levantamientos topográficos tenemos la detección magnética, el trazo y perfil, secciones transversales y nivelación, el censo de propietarios que consistió en hacer el censo de los predios afectados a lo largo del trazo, el estudio de mecánica de suelos que consistió en tomas de muestras a lo largo del trazo seleccionado y la toma de resistividades para poder diseñar la protección catódica.

Topografía

Puntos GPS

Una vez que concluyó el estudio de factibilidad y se tuvo la certeza de la ruta que seguiría el ducto, se procedió a la ubicación de puntos GPS (Global Position System) para poder tener la ubicación precisa en el espacio de los trabajos topográficos y del proyecto en general.

Con este fin se colocaron los siguientes puntos de apoyo:

1 punto base (base)

36 puntos de apoyo, bordeando la franja que sería restituida (PA01 a PA36)

5 puntos de apoyo al trazo topográfico (V01 a V05)

Una vez que fueron tomados todos los puntos, se establecieron las ligas a la red geodésica activa del INEGI y se realizó el post proceso para cada uno de los puntos, lo que permitió tener una precisión de menos de 30 cm en la ubicación de los mismos.

Elaboración del plan de vuelo.

El plan de vuelo contempla una franja de aproximadamente 3 km de ancho en la zona montañosa del proyecto. El plan de vuelo final contempla 8 líneas de vuelo, más una línea adicional para el área denominada "área de trampas Zapata".

Vuelo fotogramétrico

Se realizó un vuelo para toma de fotografías aéreas escala 1:5000, en la que cada fotografía cubre aproximadamente 1050 m x 1050 m. en película pancromática blanco y negro, conforme a las especificaciones del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). El vuelo se realizó en un avión CESSNA 206 con matrícula XB-FHS, equipado con equipo de navegación GPS y una cámara fotogramétrica marca WILD mod. RC8 con número de serie AG 262, que partió del aeropuerto de Veracruz hacia el aeropuerto de Xalapa, y del aeropuerto de Xalapa, realizó salidas locales para toma de fotografías de las 9 líneas señaladas.

Apoyo Terrestre

El apoyo terrestre necesario para la ubicación espacial de los modelos se realizó utilizando equipo ASTECH de doble frecuencia. Con este equipo, se obtuvieron 40 vértices GPS con precisión milimétrica. Estos puntos mediante el software utilizado para la aerotriangulación generaron los puntos necesarios para el apoyo de todos los modelos considerados, siendo estos al menos 6 puntos por modelo.

Restitución y Dibujo de Planos

La restitución de los Planos del Tramo se realizó a partir del vuelo escala 1:15000 en escala 1:4000 directamente del equipo de restitución A-7, al programa analógico de dibujo para obtener curvas de nivel a cada metro. Se generaron 37 modelos con longitudes aproximadas a los 600 m cada uno. Se restituyeron todos los detalles observados en la fotogrametría colocando los elementos en diferentes capas (layers) de los archivos electrónicos de los modelos, para facilitar su utilización posterior. Todos los elementos están dibujados en su correspondiente elevación, por lo que se generaron archivos electrónicos en formato 3D.

Levantamiento Topográfico

La intención fundamental de este estudio es proporcionar la información necesaria y suficiente para desarrollar el proyecto correspondiente con una base de datos de campo confiable que permita el diseño adecuado y correcto en todos los aspectos que integran dicho proyecto.

Como primera etapa se establecieron los puntos fijos de referencia, con base a los puntos y bancos comprados al INEGI, y los puntos GPS. Con estos puntos como base se realizó el levantamiento topográfico, que complementado con la restitución fotogramétrica permitió tener un panorama detallado de la zona de trabajo. Con esta información se definió el trazo de la ruta del ducto.

Trazo y Perfil

La metodología para este concepto, consiste en medir con estación total con aproximación de un segundo, para cada vértice las distancias horizontales hacia atrás y hacia adelante y los



Figura I.5.1; Lev. Topográfico.
(Fotografía en sitio).

ángulos directos, doble ángulo, así como el desnivel hacia ambos lados. El trazo se realizó por medio de una poligonal abierta, iniciando en los puntos que previamente se habían seleccionado para apoyo de salida del trazo, el levantamiento se realizó con una estación total marca SOKKIA modelo SET500 de un segundo de precisión angular y un milímetro de precisión lineal, se colocaron estacas de madera, de 1" por 1" por 12", la ubicación se hizo con cinta métrica cada 20 m. utilizando el método tradicional con plomos y línea, con la ayuda para distancias largas del equipo de radio comunicación, colocando las marcas del cadenamiento sobre estacas mayores de 2"x1"x12" cada 100m fondeadas con pintura fluorescente, indicando el kilometraje del tramo con pintura negra, llevando su registro de Estación P.V. ángulos horizontales de las series.

El método de levantamiento se realizó por medio de tres series de ángulos horizontales y verticales al segundo y distancias al mm, con el objeto de dar precisión al levantamiento y detectar posible error, iniciando cada serie en diferente sitio del vernier del equipo topográfico.

La información de la estación total se procesó con el programa de cómputo Traverse, versión PC, para que contando con la información de los GPS se obtengan las coordenadas UTM de todas las radiaciones levantadas.

Nivelación

Para la nivelación del perfil, se utilizó un nivel automático marca Leica Wild modelo NAK2 obteniendo los desniveles con bastón y prisma para cada tramo entre los puntos de inflexión, tocando además todas las estacas de madera a cada veinte metros.

La nivelación diferencial se llevo a lo largo del trazo de apoyo tocando estaciones cerradas a cada 100 metros además de todos los puntos de inflexión y puntos sobre tangente de la línea. Se utilizará la nivelación trigonométrica para el control vertical. Los valores obtenidos de esta nivelación se utilizaron para el apoyo de la nivelación diferencial entre vértices.

Toponomía

Se entiende por este concepto el levantamiento de detalles complementarios al trazo. Se levantaron los detalles más sobresalientes principalmente, los cuales significaron un problema al trazo de proyecto.

El levantamiento de instalaciones superficiales cerca del trazo, se realizó por el método de radiaciones con Estación Total, dejando puntos para efectuar la liga a coordenadas definitivas del trazo de apoyo, estas instalaciones podrían ser bardas de construcciones, ductos, cruces con ríos, caminos, linderos de propiedades (los postes de los linderos se marcaron con pintura de aceite amarilla), etc.

Secciones Transversales

Utilizando el equipo de nivel automático marca Leica Wild modelo NAK2, y siguiendo las mismas especificaciones para el perfil del trazo como se indica en párrafos anteriores se

levantaron secciones transversales cubriendo el derecho de vía del trazo a cada 20 m. con nivel montado y nivelación diferencial que consiste en doble altura del aparato para traslado del banco de nivel a la sección transversal y método de ida y vuelta a la verificación de cada banco de nivel establecido previamente.

Cálculo de Coordenadas y Niveles.

Con respecto al cálculo de la nivelación trigonométrica; es decir, obtenida a partir de la medición de ángulos verticales y distancias, como la que requiere el apoyo terrestre, se realizó el cálculo con las plantillas correspondientes.

Referenciación del Trazo

Se referenciaron P.I. (Puntos de Intersección) y P.T. (Puntos sobre Tangente) con mojoneras y se realizó un registro de estas referencias.

Las referencias de concreto fueron de tipo prisma trapezoidal de las siguientes dimensiones: base $b=30$ cm. X 30 cm, corona $b=20$ cm. X 20 cm. y altura $h=50$ cm. se ahogó una placa de aluminio de 10 cm. X 10 cm. y una varilla roscada de 1/4" de diámetro con tuerca. A dicha placa se le marcó con números de golpe: el kilometraje, distancia al eje del trazo, No. de banco de nivel, ángulo de deflexión y elevación.

Estas referencias se instalaron en forma perpendicular al trazo, por pares (radiaciones r-1 y r-2) alineadas con respecto al punto de referencia del vértice del eje de la línea (estaca).

Detección Magnética

Ya que parte del trazo corre a través del derecho de vía existente, fue necesario detectar magnéticamente a lo largo de dicho Derecho de Vía (DDV), para localizar el gasoducto existente, este trabajo se realizó utilizando un detector de radiodetección modelo RD PXL-2, este detector se utilizó bajo la modalidad de TR, (transmisor-receptor), el proceso se realizó, a través de planos, información proporcionada por las áreas de PEMEX, cartas y mapas, las ruta del ducto existente.

Una vez definida la ruta y ubicación en campo del gasoducto, se conectó el equipo inductivamente de este modo se detectó y se ubicó en campo la trayectoria del ducto existente.

Gestoría

Trabajos Realizados

Los trabajos de gestoría tuvieron básicamente dos objetivos principales:

- Facilitar los trabajos de levantamiento topográfico al negociar con los propietarios los permisos de acceso para los levantamientos topográficos y sondeos de mecánica de suelos, y verificar que concluidos estos trabajos no existiría ningún daño causado a la propiedad que no hubiera sido resarcido.
- Obtener los datos de los propietarios que serían afectados durante la etapa de construcción del ducto para realizar los planos de afectaciones. Para esto se elaboró un expediente de cada propietario en el que se mencionan los datos de referencia de los linderos de su propiedad, elementos existentes en el predio, uso del suelo del mismo, y la información referente al estado actual del predio (predios intestados, o divididos que no han sido actualizados ante el registro público de la propiedad) que permita facilitar el trámite de pago de afectaciones.

Resistividades

El estudio en campo de resistividades es indispensable para el diseño del sistema de protección catódica ya que indica la influencia del medio en el cual se instalará la línea, con respecto al fenómeno de la corrosión.

La resistividad es la variable recíproca de la conductividad o capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica. Por lo anterior se buscará con el estudio de resistividades en campo conocer la resistividad del suelo en las distintas áreas que atraviesa el ducto, así como las zonas de baja resistividad en las que sea conveniente instalar los sistemas anódicos.

Las superficies externas de los ductos subterráneos están expuestas a diferentes medios corrosivos, para mitigar esta corrosión se deben emplear recubrimientos y un sistema de protección catódica, los cuales han demostrado ser eficientes. Por lo que es de suma importancia conocer la resistividad del terreno que va alojar el ducto; para que así, se determine el medio de protección que garantice el menor ataque de estos medios corrosivos.

Agresividad del Suelo

La velocidad de corrosión está ligada a la resistividad del terreno de la forma que se señala en a tabla siguiente.

Tabla I.5.I; Grado de agresividad del suelo en función de la resistividad

Resistividad del Suelo (ohms/cm)	Corrosividad del suelo
0-1000	Altamente corrosivo
1000-5000	Corrosivo
5000-10000	Poco corrosivo
>10000	Muy poco corrosivo

Fuente: NOM-008-SECRE-1999

La resistividad de un terreno depende, en particular, de su estructura, de las dimensiones de sus partículas constituyentes, de su porosidad y permeabilidad, del contenido de agua (humedad) y de su contenido de iones.

Por ejemplo, en lo que se refiere a un suelo arcilloso, con un 5% de humedad, dicho suelo puede presentar una resistividad de 10 000 ohm-m, en cambio, con un 20% de humedad, la resistividad disminuye hasta 100 ohm-m. Es obvio, por tanto, que la resistividad de un terreno y especialmente la de los estratos superiores, puede variar notablemente con las estaciones del año, la precipitación pluvial, la actividad agrícola e industrial, etcétera.

En cambio, la temperatura no ejerce una influencia tan marcada, a menos que supere el punto de congelación, después de lo cual hay un aumento significativo de la resistividad.

En lo que se refiere a la acidez, los suelos muy ácidos (**pH <5.5**) pueden motivar una rápida corrosión del metal desnudo, y la agresividad del suelo aumenta con el incremento de la acidez (disminución del pH), pero estos valores de pH no son normales. La mayor parte de los suelos tienen pH comprendidos entre 5.0 y 8.0, en cuyo caso la corrosión depende de otros factores.

Resultados

Se hicieron varios recorridos por tramos reportando lo siguiente:

El primer tramo inspeccionado fue del km 80+500 al 88+000, donde se obtuvieron resistividades que van de 4,019 hasta 89,427 ohm/cm respectivamente a lo largo de este tramo y predominando las resistividades medias altas a partir del km 83+000 tanto en profundidades de 1.6 y 3.2 metros. Las zonas de baja resistividad se concentran en un dos tramos entre el km 80+500 y el km 81+000, y el segundo cerca del km 83+000, fuera de estos puntos, todo el tramo presenta resistividades cerca de 10,000 ohm/cm o superiores, lo cual inhibe la corrosión del ducto.

En el tramo comprendido del km 68+000 al 71+000, se tiene como resultado resistividades que van de 3,919 hasta 14,067 ohm/cm respectivamente a lo largo de este tramo, observando que

las resistividades del suelo son medias altas y altas, en la mayor parte del trayecto a excepción del km 68+000 que se obtuvo una resistividad baja tanto en profundidades de 1.6 y 3.2 metros. Al igual que en el tramo anterior las condiciones son propicias para una buena resistencia a la corrosión. Así tenemos que en estos dos tramos estudiados la resistividad del suelo predominante es alta; favoreciendo una buena resistencia a la corrosión del ducto recubierto a instalarse.

Posteriormente se inspeccionaron los siguientes tramos:

Del km 71+500 al 74+500 del tramo del derecho de vía existente, en donde se obtuvieron lecturas de resistividades que varían de 1,809 hasta 54,259 ohm/cm a lo largo de este tramo, en donde predominan tanto resistividades medias altas y altas, en profundidades de 1.6 y 3.2 metros, indicándonos estas lecturas que este tipo de terreno favorece la resistencia a la corrosión para la protección catódica.

El segundo tramo inspeccionado en este recorrido fue entre los kilómetros 76+500 al 80+000, en la zona del libramiento y en donde se obtuvieron como resultado resistividades que van de 5,526 hasta 30,144 ohm/cm, por lo que se observa que las resistividades del suelo son medias altas y altas, en la mayor parte del trayecto, tanto en profundidades de 1.6 y 3.2 metros, al igual que en el tramo anterior las condiciones son propicias para una buena resistencia a la corrosión.

En estos dos tramos estudiados la resistividad del terreno es alta, lo que favorece la resistencia a la corrosión del gasoducto recubierto que se proyecta.

Finalmente se realizó el último recorrido abarcando el tramo comprendido entre los kilómetros 73+500 al 76+000 del tramo del libramiento, obteniendo resistividades que varían de 3,014 hasta 22,606 ohm/cm. Predominando resistividades medias altas y altas en profundidades de 1.6 y 3.2 metros, indicándonos con esto que en condiciones normales para la protección catódica del ducto recubierto en este tipo de terreno favorece la resistencia a la corrosión.

Por lo tanto, concluimos que en el tramo estudiado predomina una resistividad del suelo tipo alta, lo que favorece la resistencia a la corrosión del ducto que se proyecta instalar. Adicionalmente se tomaron resistividades con mayor detalle en la zona cercana al km 80+500, confirmandose que en este punto la resistividad es baja.

De los resultados obtenidos en el estudio se puede afirmar lo siguiente:

- En general la resistividad del terreno en la zona de construcción del ducto es alta, lo que es conveniente dado que implica un bajo nivel de corrosión.
- Existe un área cerca del km 80+500 en la que la resistividad es relativamente baja, y que cuenta con accesos cercanos, así como fuentes de alimentación eléctrica, por lo que es conveniente colocar la cama anódica de protección del ducto.
- Los resultados son consistentes con lo encontrado en el estudio de mecánica de suelos, que señala zonas rocosas con bajo contenido de humedad (cerca del 12%) del km 83 al 88, así como zonas arcillosas con gran variabilidad en el contenido de humedad (32% a 46%) en la zona del libramiento.
- La resistividad promedio para el cálculo del sistema de protección catódica se puede considerar en 19,699 ohm/cm, mientras que la resistividad en el punto de ubicación del rectificador en promedio es de 7,399 ohm/cm.

1.6.- Criterios Generales De Diseño

A continuación se muestran las consideraciones generales tomadas para el diseño del ducto.

1. El horizonte de operación del gasoducto será de 20 años.
2. Se consideró que el ducto operará dentro de las condiciones establecidas durante los 365 días del año.
3. El gasto para el diseño de este sistema de tubería para manejo de gas natural será de 1500 MMPCD.
4. Se buscó la ruta más conveniente analizando los aspectos de permisos, afectaciones, ecología, seguridad y economía.
5. Se buscó que el trazo del tramo a sustituir tenga origen y destino dentro del derecho de vía actual tratándose de alojar gran parte del ducto sobre éste.
6. Por razones operativas, económicas y de seguridad se seleccionó la tubería API-5L X-65 para la línea regular.
7. Para facilitar la construcción se buscó uniformizar las curvas fabricadas en campo, y tener éstas con un grado de curvatura no mayor a 15°.
8. Se tomó en cuenta las características del suelo para el diseño el sistema de protección anticorrosiva.
9. Se tomó en cuenta el posible crecimiento de la ciudad de Xalapa para la clasificación de la línea, lo que nos lleva a cubrir de una forma segura el espesor del ducto.