

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Resumen Ejecutivo.

1.- Nombre del Proyecto

Desarrollo de un Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57, en el municipio Soyaniquilpan de Juárez, en el Estado de México.

2.- Ubicación del Proyecto

Estados: México
Municipios: Soyaniquilpan de Juárez

3.- Tipificación del Proyecto

El proyecto consiste en el diseño, construcción, puesta en marcha y operación de un Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro de este hidrocarburo al Parque Industrial Arco 57 (PIA57), el proyecto se encuentra ubicado en el municipio Soyaniquilpan de Juárez, en el Estado de México.

La instalación y operación de esta red de tubería de Acero al Carbón se realizará desde su interconexión con el Gasoducto de 36” propiedad de PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) (Administrado por Centro Nacional de Control de Gas Natural, CENAGAS), en un terreno paralelo al tramo carretero México – Queretáro Km 92.2, para posteriormente a 88 metros ir a una Estación de Regulación y Medición Principal y de ahí iniciar la instalación por 741 metros aproximadamente y al término de los mismos llegar a una Estación de Regulación y medición Secundaria, donde se desprenderán dos ramales, uno a futuro y otro en Polietileno de Alta Densidad para que posterior a 1,089 metros aprox. suministrar a la Estación de Regulación y Medición de un usuario ancla (ERMU) dentro de los terrenos del Parque Industrial.

Longitud aproximada por tramos de tubería (en base a los planos de localización) *Anexo 3*

Tramo	Referencia	Longitud aproximada	Diámetro
A – B	De la interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal.	0.088 Km	4” A/C Ced. 80
B – C	Del punto anterior a punto donde se realizará cruce con ducto de PEMEX.	0.072 Km	6” A/C Ced. 40
B – C	Del punto anterior a Estación de Regulación y Medición Secundaria (ERMS)	0.669 Km	6” A/C Ced. 40
C – D	De la ERMS a la ERM del Usuario	1.089 Km	6” PEHD 3408 SDR-11
TOTAL APROXIMADO		1.918 Km	

La tubería anterior servirá para transportar el gas natural desde la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) que se instalará como límite de responsabilidad entre CENAGAS y Accesgas, y hasta el suministro al Parque Industrial y el usuario ancla. El inicio del proyecto se conectará con una estación de regulación y medición desde el gasoducto de CENAGAS en alta presión, y se instalará de manera subterránea hasta la conexión con las Estaciones proyectadas dentro del Parque Industrial, el trayecto en primera instancia irá en alta presión (21.09 Kg/cm²) y posterior a la ERMS será a una presión de 7.03 Kg/cm².

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Los requerimientos de demanda máxima para el Parque Industrial Arco 57, de acuerdo con datos proporcionados por dicho Parque, son los siguientes:

Usuario	CONSUMO m ³ /hr	CONSUMO m ³ /día
Parque Industrial Arco 57	7,080	169,920
Incluyendo Usuario		
TOTAL ACTUAL	7,080	169,920

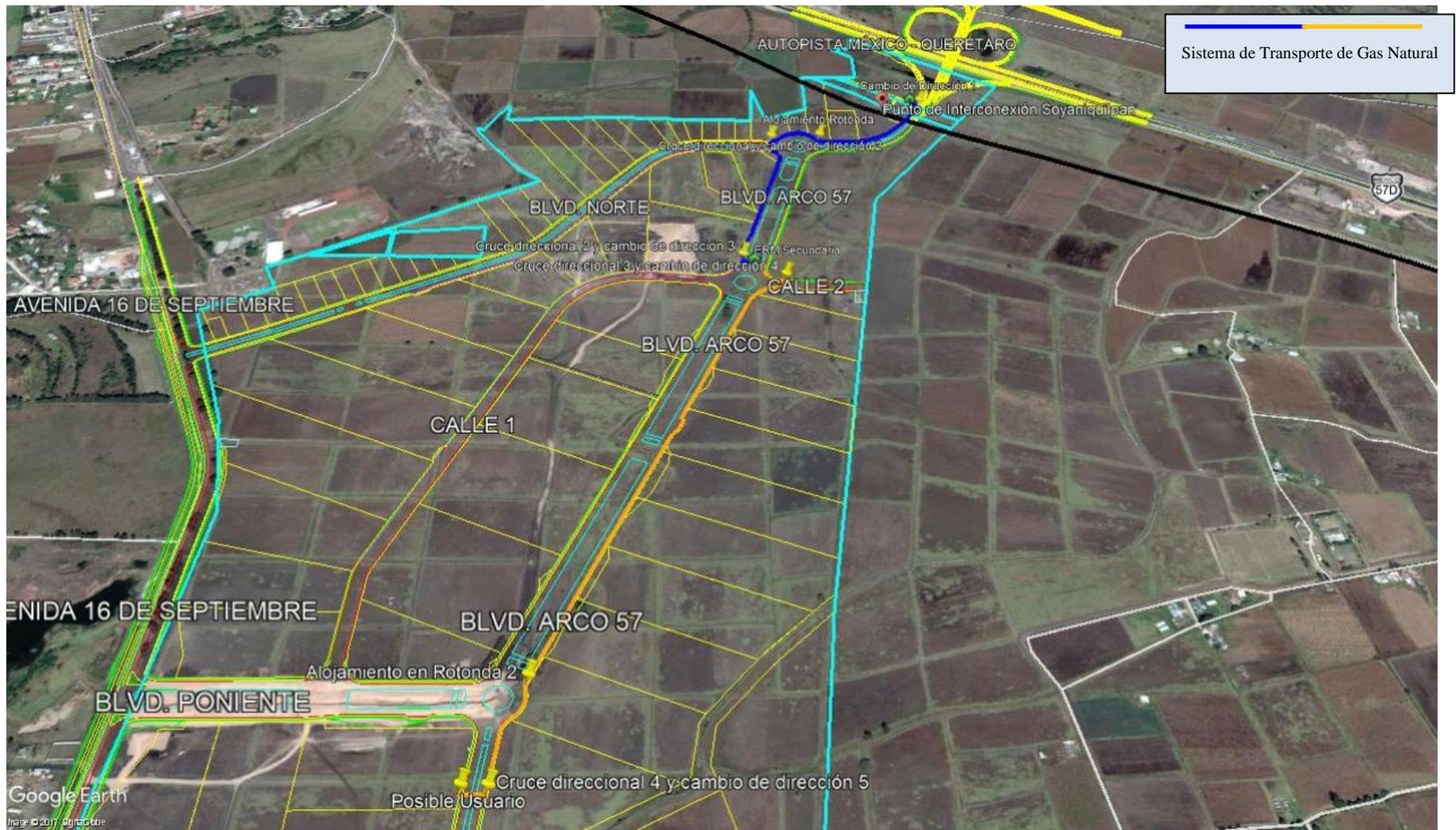
4.- Coordenadas Geográficas (aproximadas)

Identificación	Nombre / Descripción	Kilometraje aproximado	Coordenadas
Interconexión	En terrenos del Parque Industrial	0+000	Latitud Norte 20°0'31.79", Longitud Oeste 99°30'40.37"
Estación de Regulación y Medición Principal	En área de servicios del Parque Industrial	0+088	Latitud Norte 20°0'32.98", Longitud Oeste 99°30'38.46"
Alojamiento y cambio de dirección	Alojamiento en Boulevard Arco 57 perteneciente al Parque	0+103	Latitud Norte 20°0'32.71", Longitud Oeste 99°30'37.98"
Alojamiento	Alojamiento sobre primer rotonda	0+351	Latitud Norte 20°0'29.13", Longitud Oeste 99°30'44.71"
Cruce direccional y cambio de dirección	Cambio de dirección 2	0+457	Latitud Norte 20°0'28.92", Longitud Oeste 99°30'47.73"
Cruce direccional y cambio de dirección	Cambio de dirección 3	0+807	Latitud Norte 20°0'18.20", Longitud Oeste 99°30'49.75"
Estación de Regulación y Medición Secundaria	Predio del Parque Industrial Arco 57, sobre Boulevard Arco 57	0+829	Latitud Norte 20°0'17.95", Longitud Oeste 99°30'49.02"

Identificación	Nombre / Descripción	Kilometraje aproximado	Coordenadas
Estación de Regulación y Medición Secundaria	Predio del Parque Industrial Arco 57, sobre Boulevard Arco 57	0+829	Latitud Norte 20°0'17.95", Longitud Oeste 99°30'49.02"
Cruce direccional y cambio de dirección	Cambio de dirección 4	0+918	Latitud Norte 20°0'16.56", Longitud Oeste 99°30'47.41"
Alojamiento	Alojamiento sobre segunda rotonda	1+749	Latitud Norte 19°59'52.70", Longitud Oeste 99°30'59.17"
Cruce direccional y cambio de dirección	Cambio de dirección 5	1+885	Latitud Norte 19°59'48.31", Longitud Oeste 99°31'0.19"
Llegada a Posible Usuario	Llegada a Posible Usuario en terrenos del Parque Industrial	1+918	Latitud Norte 19°59'48.41", Longitud Oeste 99°31'1.39"

Fuente: Datos propios obtenidos de levantamiento en campo y de la fotografía aérea de Google Earth.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”



Trayectoria Propuesta

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

5.- Superficie Total Requerida para el Proyecto

Toda la tubería de este sistema se enterrará alojándose a lo largo de caminos de acceso y vías de comunicación, desde su interconexión con el gasoducto de 36” de CENAGAS en un terreno paralelo a la Carretera Federal No. 57D México – Querétaro, en el Estado de México, hasta llegar al área de servicios del PIA57 en su límite norte, el gasoducto será en material Acero al carbón en primera instancia y posterior en Polietileno de Alta Densidad, el área total estimada de este tramo de ducto considerando 6.0 m de franja de afectación (debido al diámetro nominal del ducto: 6” para ambos materiales) es de aproximadamente 0.010980 Km² (total solo ducto de 6”), y se tiene el ducto de interconexión de 4”, por lo que la franja de afectación es de 4.0 metros, es decir el área total estimada de esta especificación es de 0.000352 Km².

Longitud total aproximada	0.088 Km de Acero al Carbón Cedula 80, 4” de diámetro 0.741 Km de Acero al Carbón Cedula 40, 6” de diámetro 1.089 Km de Polietileno de Alta Densidad SDR-11 6” de diámetro Total lineal: 1.918 Km
Ancho del derecho de alojamiento	250 m ² Estación de Regulación y Medición Principal 50 m ² Estación de Regulación y Medición Secundaria 9 m ² Estación de Regulación y Medición Usuario 5 m ² Punto de Interconexión 6.0 metros
Infraestructura de apoyo	Bodega de materiales, oficina contratista: N/A
Superficie total requerida para el proyecto	Aproximadamente m ² = 0.011646 Km ²

6.- Señalar a qué supuesto del artículo 31 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente LGEEPA y 29 de su Reglamento en materia de Evaluación de Impacto Ambiental REIA se ajustan sus obras y actividades del proyecto que pretende realizar.

Marcar con una X el supuesto en el que considera que su proyecto se ajusta:

		Fracción	Supuesto
Las obras y/o actividades se ajustan a:	X	I	Existan normas oficiales mexicanas u otras disposiciones que regulen, todos los impactos ambientales relevantes que puedan producir las obras o actividades.
	--	II	Las obras o actividades de que se trate estén expresamente previstas por un plan parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que haya sido evaluado y autorizado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en los términos del artículo 32 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
	--	III	Se trate de instalaciones ubicadas en parques industriales autorizados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Para el presente proyecto, se establece que las obras y/o actividades se ajustan al supuesto de la fracción I del artículo 31 de la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, así como al 29 de su *Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto y Riesgo Ambiental*, razón

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

por la cual en el presente documento se desarrollarán los puntos requeridos por *la Guía de Estudio de Riesgo Modalidad Ductos Terrestres*, por lo que se presenta evidencia de que las acciones o medidas que se proponen para prevenir y mitigar todos los impactos ambientales significativos o relevantes derivaran de normas oficiales mexicanas, u otras disposiciones que regulan las emisiones, descargas, el aprovechamiento de recursos, etc.

De acuerdo con la tabla anterior, el presente proyecto tiene vinculación con la Norma Oficial Mexicana **NOM-129-SEMARNAT-2006** *Redes de Distribución de Gas Natural*, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de julio de 2007. Así mismo en la memoria técnico-descriptiva, se enlistan las Normas Oficiales Mexicanas que se deberán considerar como instrumentos reguladores para las diversas etapas de desarrollo de esta obra.

Consideramos que, por su ubicación, dimensiones, características y alcances, el proyecto no causará impactos significativos o graves, que puedan causar desequilibrio ecológico y no rebasará los límites ambientales de la zona teniendo como limite máximo una zona de influencia 100 metros a ambos lados de la trayectoria del ducto.

Por lo antes expuesto, se presenta el presente documento, de conformidad con los artículos: 29 y 31 de la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, así como 29, 30, 31, 32 y 33 del *Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental*, y de la fracción 4.1.1 de la Norma Oficial Mexicana **NOM-129-SEMARNAT-2006** *Redes de Distribución de Gas Natural*.

7.- Consideraciones Previas

- El proyecto se realizará desde la conexión con el gasoducto de 36” a cargo del Centro Nacional de Control de Gas Natural (CENAGAS), en un terreno paralelo al tramo carretero Federal No. 57D México – Querétaro, y hasta la llegada al área de servicios del Parque Industrial Arco 57 y de ahí se tiende una red de suministro dentro del mismo parque, el proyecto se encuentra el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México, por lo cual se analizaron las colindancias de todo el recorrido de la instalación, esto de la siguiente manera:
- Hacia la zona Sur del recorrido, se localiza de forma inmediata terrenos del mismo parque industrial, tanto calles principales como predios de usuarios. En la misma dirección saliendo del parque, localizamos terrenos baldíos y de cultivo en su mayoría. Solo unos cientos metros más se encuentra la autopista urbana Arco Norte, y al cruce de esta una pequeña zona industrial.
- Hacia el Oeste del Sistema de Transporte de Gas Natural, de igual manera localizamos predios pertenecientes al parque, al salir del mismo, se ubica la avenida 16 de Septiembre, al cruce de esta se localiza una pequeña mancha urbana perteneciente a la comunidad de Xhitey, la cual se encuentra rodeada de terrenos de cultivo, dicha zona urbana solo es conformada por casas construidas por habitantes de la zona.
- Hacia el Este del sistema, como mencionamos en puntos anteriores, localizamos predios del parque, así como avenidas principales del mismo, si avanzamos unos cuantos metros localizaremos terrenos de cultivo, sin embargo se tienen previstas expansiones del parque en esa dirección, si seguimos en la misma dirección cruzaremos con la carretera federal 57D México – Querétaro.
- Hacia el Norte, es donde el trayecto se rodea de más infraestructura, en primera instancia localizamos la carretera federal 57D, y hacia el Noroeste localizamos el centro del municipio de Soyaniquilpan de Juárez, así como la comunidad de Sabino (esta última al cruzar la carretera mencionada), dichas comunidades están conformadas por asentamientos residenciales y comerciales, así como infraestructura de servicios y escuelas.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

- En resumen, a lo largo de la trayectoria desde el gasoducto de CENAGAS y hasta el Parque Industrial, este sistema de transporte de gas natural se encuentra rodeado y colindando en su mayoría con Lotes o terrenos de cultivo, en algunas direcciones tendríamos que recorrer varios kilómetros para llegar o localizar alguna comunidad, en dirección Norte y Sur es donde localizamos mas infraestructura, en dirección Sur asentamientos industriales, y en dirección Norte una gran mancha urbana conformada por escuelas, asentamientos comerciales, residenciales, etc.
- La presente obra pretende proporcionar a parte del Parque Industrial Arco 57, (el proyecto en Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México), suministro de este hidrocarburo, permitiéndoles así contar con la flexibilidad de usar un combustible más limpio y reducir así sus emisiones al ambiente, además de suministro continuo para optimizar su proceso a los usuarios.
- La longitud del trazo será de aproximadamente 1.830 Km, de acuerdo con la opción de trazo seleccionado y no será necesario derribar árboles a lo largo de todo el trazo, sin embargo en la Manifestación de Impacto Ambiental, se profundizará más este tema y se mencionarán las medidas de mitigación que corresponden a esto. El sistema de transporte de gas natural mantendrá una presión de operación de 300 Psi (21.09 Kg/cm²) en primera instancia para el material Acero al carbón y en segunda instancia en Polietileno de Alta Densidad trabajará a 100 Psi (7.03 Kg/cm²).
- El proyecto cumple con los requisitos señalados en la **NOM-129-SEMARNAT-2006** *Redes de Distribución de Gas Natural*, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de julio de 2007.
- Dicha infraestructura se apoyará para el diseño, construcción y operación de acuerdo a la norma mexicana **NOM-007-SECRE-2010** “*Transporte de Gas Natural*”.

Debido a lo antes expuesto, se considera que las obras y/o actividades del proyecto se ajustan al supuesto de la fracción I.

8.- Principales Medidas de Prevención y/o Mitigación Propuestas

Siendo el caso de que las obras y actividades del proyecto se ajustan a la fracción I, las medidas de prevención y/o mitigación propuestas derivan de normas oficiales mexicanas u otras disposiciones que regulen todos los impactos ambientales significativos. Para lo anterior se integra la siguiente información por etapa de desarrollo del proyecto:

Etapa de preparación del sitio y construcción

Componente ambiental	Acción que puede ocasionar un impacto	Impacto significativo o relevante	Medida de prevención y/o mitigación	Norma y/o disposición de la cual deriva la medida propuesta
Suelo Calidad del Aire	Uso de agroquímicos y/o fuego para controlar y retirar malezas de la franja de afectación	Contaminación de suelo Contaminación del aire	No se permitirá su uso	NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.4
Suelo Salud	Mantenimiento preventivo de vehículos y maquinaria	Contaminación de suelo Emisiones de ruido	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión mecánica de los motores, vehículos y máquinas. • Se efectuará en talleres establecidos, quedando prohibido hacerlo en la franja de afectación. 	NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.5

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Suelo	Generación de residuos considerados como peligrosos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005	Contaminación de suelo	Deben manejarse y disponerse conforme a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su reglamento en materia de residuos peligrosos, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y demás Ordenamientos jurídicos aplicables.	NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.7 NOM-052-SEMARNAT-2005
Suelo Calidad del aire Paisaje	Generación de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial	Contaminación de suelo Alteración del paisaje	<ul style="list-style-type: none"> • Se depositarán en contenedores con tapa, colocados en sitios estratégicos al alcance de los trabajadores, y se trasladarán al sitio que indique la autoridad local competente para su disposición, con la periodicidad necesaria para evitar acumulación, generación de lixiviados, atracción y desarrollo de fauna nociva. • Al terminar la obra y/o mantenimientos, y antes de iniciar la operación, quedará libre la franja de afectación de residuos sólidos y de manejo especial. 	NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.8
Suelo Paisaje	Apertura de zanjas	Alteración de la calidad del suelo Alteración del paisaje	Ajustarse a los trazos autorizados para evitar otras afectaciones diferentes a las presentadas en el Informe Preventivo.	NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.9
Suelo Paisaje	Caminos de acceso	Compactación del suelo Pérdida de la capa superficial	Deberán utilizarse los caminos de acceso ya existentes.	NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.12
Suelo Paisaje	Instalación de campamentos, almacenes, oficinas y patios de maniobra,	Alteración de la calidad del suelo	Deben ser temporales y ubicarse en zonas ya perturbadas, preferentemente aledaños a la zona urbana. Concluida la obra, se desmantelan las instalaciones y rehabilitará el área.	NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.1.13

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Suelo Aguas subterráneas Salud	Generación de aguas sanitarias	Contaminación de suelo y mantos freáticos	Se instalarán sanitarios portátiles en cantidad suficiente para todo el personal, además de contratar los servicios especializados que les den mantenimiento periódico y hagan una adecuada disposición de los residuos generados.	NOM-129- SEMARNAT-2006 Punto 4.1.13 a)
Aguas subterráneas	Consumo de agua	Abatimiento del manto freático	Se utilizará agua tratada y/o adquirida. (no potable) para la realización de las obras o actividades en cualquiera de las etapas del proyecto	NOM-129- SEMARNAT-2006 Punto 4.1.14
Suelo Aguas subterráneas Salud	Contaminación accidental de suelos	Contaminación de suelo	En caso de que haya resultado suelo contaminado debido a los trabajos en cualquiera de las etapas del proyecto, se deberá proceder a la remediación del suelo conforme a la normatividad vigente aplicable.	NOM-129- SEMARNAT-2006 Punto 4.1.15
Suelo Paisaje	Generación de material excedente	Alteración de la calidad del suelo. Alteración del paisaje	En el caso del material excedente producto de la excavación de las zanjas que no sea utilizado para el relleno de las mismas, éste debe ser manejado y dispuesto en los sitios que indique la autoridad local competente.	NOM-129- SEMARNAT-2006 Punto 4.2.1
Aire Salud	Dispersión de polvos	Contaminación de aire Generación y emisión de polvos a la atmósfera	Para los materiales producto de excavación que permanezcan en la obra se deberán aplicar medidas para evitar la dispersión de polvos	NOM-129- SEMARNAT-2006 Punto 4.2.3
Suelo	Uso de aditivos	Contaminación de suelo	Se deben tomar las medidas preventivas para que en el uso de soldaduras, solventes, aditivos y materiales de limpieza, no se contamine el agua y/o suelo.	NOM-129- SEMARNAT-2006 Punto 4.2.4
Suelo	Hallazgo de restos arqueológicos, residuos, maquinaria enterrada, etc.	Alteración de la calidad del suelo Daños al patrimonio histórico	Actuar de conformidad a la legislación y normatividad vigentes aplicables.	NOM-129- SEMARNAT-2006 Punto 4.2.5
Suelo	Uso de caminos	Compactación del suelo	Se usarán brechas, terracerías, caminos secundarios ya establecidos en el sitio del proyecto, para permitir acceso de maquinaria, y evitar la apertura de nuevos caminos y el derribo innecesario de vegetación circundante.	NOM-129- SEMARNAT-2006 Punto 4.2.6

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Los sitios que hayan sido afectados por la instalación y construcción del sistema se deben restaurar a sus condiciones originales, urbanas y naturales, una vez concluidos los trabajos.

Etapa de Operación y Mantenimiento

Componente ambiental	Acción que puede ocasionar un impacto	Impacto significativo o relevante	Medida de prevención y/o mitigación	Norma y/o disposición de la cual deriva la medida propuesta
Suelo Paisaje	Apertura de zanjas para el mantenimiento de la red de distribución,	Remoción del suelo Alteración del entorno	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustarse a los trazos autorizados • Contar con las autorizaciones correspondientes. • Aplicar las medidas necesarias para evitar la dispersión de polvos. • Utilizar los caminos secundarios, para permitir el acceso de maquinaria • Restaurar los sitios afectados a sus condiciones originales, urbanas y naturales, al concluir los trabajos. 	NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.3.1

Etapa de Abandono

Componente ambiental	Acción que puede ocasionar un impacto	Impacto significativo o relevante	Medida de prevención y/o mitigación	Norma y/o disposición de la cual deriva la medida propuesta
Suelo Paisaje	Abandono de la tubería una vez que la red de distribución de gas natural o parte de ella deje de ser útil para los propósitos para los que fue instalada,	Alteración de la calidad del suelo y del entorno	Tomar las medidas necesarias para eliminar el gas, evitar hundimientos y daños ambientales. Cumplir con la legislación y normatividad vigentes aplicables.	NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.4.1
Suelo Paisaje	Abandono de las instalaciones superficiales cuando dejen de ser útiles para el propósito que fueron instalados	Alteración de la calidad del suelo y del entorno	Desmantelamiento y/o demolición de las instalaciones, restaurando dicho sitio a su condición original	NOM-129-SEMARNAT-2006 Punto 4.4.2

El presente proyecto consiste en la instalación de un Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57 y a un usuario ancla del mismo, el cual se encuentra localizado en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, en el Estado de México.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

9.- Estudio de Riesgo Ambiental

De acuerdo con lo señalado en el primer y segundo listados de actividades altamente riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992, respectivamente, la cantidad de reporte para considerar el proyecto como una actividad altamente riesgosa, es de 500 kilogramos. Considerando un ducto principal de **6" de Acero al carbón Ced. 40 x 0.741 Km** de longitud aprox. y de **6" de Polietileno HD SDR-11 x 1.089 KM**, y una presión de operación de 300 psig (21.09 Kg/cm²) para AC y de 100 psig (7.03 Kg/cm²) para PEHD, el cálculo de la cantidad de gas natural empacado en todos los diámetros es de máximo **374.31 Kg** por lo que **no** sobrepasa la cantidad de reporte (*se anexa hoja de excel con el cálculo del gas de empaque*), y por lo tanto no es necesario presentar un Estudio de Riesgo Ambiental, de acuerdo con lo señalado en el artículo 147 de la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Sin embargo, en base a las políticas de la empresa Accesgas y el PIA57, se presentará el Estudio de Riesgo Ambiental.

CÁLCULO DEL GAS DE EMPAQUE

PROYECTO	Sistema de Transporte de Gas Natural Parque Industrial Arco 57		
Longitud del Gasoducto	2,431.10	pie	741 m
Diametro Externo del gasoducto	6.625	pulg	
Espesor del gasoducto	0.280	pulg	
Presión de operación	300.00	psig	
Volumen de gas de empaque	10,442	pie ³	
Longitud del Gasoducto	3,572.82	pie	1,089 m
Diametro Externo del gasoducto	6.625	pulg	
Espesor del gasoducto	0.602	pulg	
Presión de operación	100	psig	
Volumen de gas de empaque	5,689	pie ³	
EMPAQUE	16,131	pie ³	456.78 m ³
	456.84	m ³	
Densidad del aire	0.0764	lb/pie ³	
Gravedad específica gas natural	0.62		
	764.09	lb	
	347.31	kg	Densidad aire 60°C

El fundamento legal y técnico básico está contenido en el Título Primero “Disposiciones Generales” de los capítulos I y II “Normas Preliminares” y “Distribución de Competencias y Coordinación”, respectivamente, así como en el Capítulo IV “Instrumentos de la Política Ambiental” – Sección Evaluación de Impacto Ambiental – y el Título Cuarto “Protección al Ambiente” del Capítulo V “Actividades Consideradas como Altamente Riesgosas” de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, principalmente en los Artículos, 1, 5,

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

30, 145, 146, 147 Bis, así como en los Artículos 5, 17 y 18 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA) y el Artículo 39, fracción IX, inciso C del Reglamento Interior de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como lo dispuesto en los Artículos 414, 415 y 416 del Título Vigésimo Quinto, Delitos Contra el Ambiente y la Gestión Ambiental, Capítulo Primero de las actividades tecnológicas y peligrosas del Código Penal Federal.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Contenido

I.	Escenarios de los Riesgos Ambientales Relacionados con el Proyecto	4
	I.1. Descripción del Sistema de Transporte	4
	I.2. Ubicación de la Instalación o Proyecto	5
	I.3. Justificación	6
	I.4. Objetivo	6
	I.5. Programa general de trabajo	6
	I.6. Superficie total de la instalación o proyecto y superficie requerida para el desarrollo de la actividad (m ² o Ha).....	10
II.	Bases de diseño.....	10
	II.1.	Criterios de D
	II.1.1	Cálculo del Di
	II.1.2	Cálculo de cañ
	II.1.3	Tendido de la
	II.1.4	Descripción de
	II.1.5	Materias prima
	II.1.6	Calculo de gas
	II.1.7	Tipo de Recipi
	II.1.8	Describir Equi
	II.1.9	Estación de re
	II.1.10	Estación de re
	II.1.11	Trabajos de pr
III.	Condiciones de Operación	29
	III.1.1	Operación 2
	III.1.2	Temperaturas y
	III.1.3	Característica
	III.1.4	Pruebas de Ver
	III.1.5	Procedimientos
	III.1.6	Protección Con
	III.1.7	Reguladores de
IV.	Análisis y Evaluación de Riesgos	38
VI.	Antecedentes de Accidentes e Incidentes	38
	VI.1.	Antecedentes o

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

VI.2.	.....	Análisis Histórico
VI.3.	.....	Identificación
VI.3.1.	.....	Errores humanos
VI.3.2.	.....	Fallo de equipo
VI.3.3.	.....	Fallo de diseño
VI.3.4.	.....	Alcance de los
VI.4.	.....	Metodologías
VI.4.1.	.....	Criterios de s
VI.4.2.	.....	Factores de R
VI.4.3.	.....	Identificación
VI.5.	.....	Aplicación de
VI.5.1.	.....	Lista de verifi
VI.5.2.	.....	HAZOP 59
VII.	Descripción del Proyecto	63
VII.1.1.	.....	Alcance 63
VII.2.	.....	Desarrollo del
VII.2.1.	.....	Jerarquización
VII.2.2.	.....	Proceso de Cál
VII.2.3.	.....	Primera Fase
VII.2.4.	.....	Segunda Fase
VII.2.5.	.....	Rangos de Clas
VII.3.	.....	Resumen de la
VII.3.1.	.....	Tabulación de
VII.4.	.....	Conclusiones 7

Índice de Figuras

Figura 1	Ubicación del trazo del Sistema de Transporte de Gas Natural.....	5
Figura 2 A)	Estación de Regulación y Medición Principal, Interconexión Soyaniquilpan.....	8
Figura 3 B)	Llegada a ERM Secundaria.....	9
Figura 4 C)	Llegada a ERM Usuario.....	9
Figura 5	ERyM (ejemplo)	20
Figura 6	Estaciones de regulación y medición (ejemplos)	21
Figura 7	Extintor tipo ABC en caseta de medición y regulación (Interconexión)	22
Figura 8	Extintor tipo ABC en caseta de medición y regulación (Predio del Usuario)	22
Figura 9	Esquema tipo de la caseta del usuario dentro de su predio.....	23
Figura 10	Fotografía típica de Instalación.....	23
Figura 11	Componentes.....	24
Figura 12	Transporte y manejo del tubo.....	27
Figura 13	Diagrama de flujo del proceso.....	31
Figura 14	Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA	43
Figura 15	Sustancias involucradas en emergencias.....	43
Figura 16	Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 – 2014) Número, Localización y Tipo de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA.....	44
Figura 17	Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 – 2014) Número, Ubicación y Medio de Transporte de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA..	45

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Figura 18 Tipos de falla.....	49
Figura 19 Análisis Estadístico de los Daños a la Población Ocasionados por las emergencias Ambientales	49
Figura 20 Reportadas a la PROFEPA Durante el período 1993 – 2009	50
Figura 21 Desarrollo y dispersión de una nube de gas pesado	57
Figura 22 Diagrama de Flujo del Método.....	69

Índice de Tablas

Tabla 1 Longitud aproximada por tramos de tubería (en base a los planos de localización) Anexo 3	4
Tabla 2 Requerimientos del usuario	4
Tabla 3 Coordenadas geográficas de la instalación o proyecto.....	7
Tabla 4 Cálculo Porcentaje de pérdida de presión	12
Tabla 5 Factor por clase de localización.....	13
Tabla 6 Especificaciones para tubería.....	13
Tabla 7 Cálculo de Gas de empaque.....	17
Tabla 8 Distancias para protección	19
Tabla 9 Longitud aproximada por tramos de tubería (en base a los planos de localización) Anexo 3	26
Tabla 10 Características de diseño Gasoducto	26
Tabla 11 Accesorios del gasoducto.....	29
Tabla 12 Balance de materia.....	30
Tabla 13 Estadísticas de eventos.....	40
Tabla 14 Tipos de fallas	41
Tabla 15 Distribución relativa de dimensiones de orificios.....	41
Tabla 16 Frecuencia y modo de fallas.....	41
Tabla 17 Porcentaje de incidentes, rupturas y fugas según la causa	42
Tabla 18 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA	42
Tabla 19 Estadísticas de fallecimientos relacionados con el transporte- 1989	46
Tabla 20 Estadísticas de fallecimientos relacionados con accidente en EE. UU 1989.....	47
Tabla 21 Eventos ocurridos en México.....	50
Tabla 22 Distribución típica de las causas de fallas 1985-1999.....	51
Tabla 23 Clasificación de incidentes en ductos por componentes del sistema	52
Tabla 24 Histogramas de frecuencia de localización de fugas en tuberías de diferente diámetro para el sistema de ductos de Cuenca de Burgos	53
Tabla 25 Condiciones de estabilidad meteorológica de Pasquill	59
Tabla 26 Probabilidad de ocurrencia	60
Tabla 27 Interpretación de resultados	61
Tabla 28 Jerarquización de Riesgos. Resultados HazOp.....	61
Tabla 29 Grado de riesgo.....	70
Tabla 30 Registros de incidentes	70
Tabla 31 Potencial de explosión.....	70
Tabla 32 Índice de explosión varios valores A.....	71
Tabla 33 Categorías de toxicidad (U)	71
Tabla 34 Categorías de toxicidad (C)	71
Tabla 35 Categorías de toxicidad (R)	72
Tabla 36 Resultado índices del sistema	73
Tabla 37 Resultado índices con reducción	73

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

I. Escenarios de los Riesgos Ambientales Relacionados con el Proyecto

I.1. Descripción del Sistema de Transporte

Nombre: Sistema de Transporte de Gas Natural para Suministro al Parque Industrial Arco 57.

Empresa: Parque Industrial Arco 57

El proyecto consiste en el diseño, construcción, puesta en marcha y operación de un Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro de este hidrocarburo al Parque Industrial Arco 57 (PIA57), el proyecto se encuentra ubicado en el municipio Soyaniquilpan de Juárez, en el Estado de México.

La instalación y operación de esta red de tubería de Acero al Carbón se realizará desde su interconexión con el Gasoducto de 36” propiedad de PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) (Administrado por Centro Nacional de Control de Gas Natural, CENAGAS), en un terreno paralelo al tramo carretero México – Queretaro Km 92.2, para posteriormente a 88 metros ir a una Estación de Regulación y Medición Principal y de ahí iniciar la instalación por 741 metros aproximadamente y al término de los mismos llegar a una Estación de Regulación y medición Secundaria, donde se desprenderán dos ramales, uno a futuro y otro en Polietileno de Alta Densidad para que posterior a 1,089 metros aprox. suministrar a la Estación de Regulación y Medición de un usuario ancla (ERMU) dentro de los terrenos del Parque Industrial.

Tabla 1 Longitud aproximada por tramos de tubería (en base a los planos de localización) Anexo 3

Tramo	Referencia	Longitud aproximada	Diámetro
A – B	De la interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal.	0.088 Km	4” A/C Ced. 80
B – C	Del punto anterior a punto donde se realizará cruce con ducto de PEMEX.	0.072 Km	6” A/C Ced. 40
B – C	Del punto anterior a Estación de Regulación y Medición Secundaria (ERMS)	0.669 Km	6” A/C Ced. 40
C – D	De la ERMS a la ERM del Usuario	1.089 Km	6” PEHD 3408 SDR-11
	TOTAL APROXIMADO	1.918 Km	

La tubería anterior servirá para transportar el gas natural desde la Estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) que se instalará como límite de responsabilidad entre CENAGAS y Accesgas, y hasta el suministro al Parque Industrial y el usuario ancla. El inicio del proyecto se conectará con una estación de regulación y medición desde el gasoducto de CENAGAS en alta presión, y se instalará de manera subterránea hasta la conexión con las Estaciones proyectadas dentro del Parque Industrial, el trayecto en primera instancia irá en alta presión (21.09 Kg/cm²) y posterior a la ERMS será a una presión de 7.03 Kg/cm².

Los requerimientos de demanda máxima para el Parque Industrial Arco 57, de acuerdo con datos proporcionados por dicho Parque, son los siguientes:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
 en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Tabla 2 Requerimientos del usuario

Usuario	CONSUMO m ³ /hr	CONSUMO m ³ /día
Parque Industrial Arco 57	7,080	169,920
Incluyendo Usuario		
TOTAL ACTUAL	7,080	169,920

1.2. Ubicación de la Instalación o Proyecto

El gasoducto será construido, enterrado y alojado marginalmente a lo largo de caminos de acceso, vías de comunicación, y terrenos particulares, pertenecientes al municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México, como se muestra en la Figura 1.

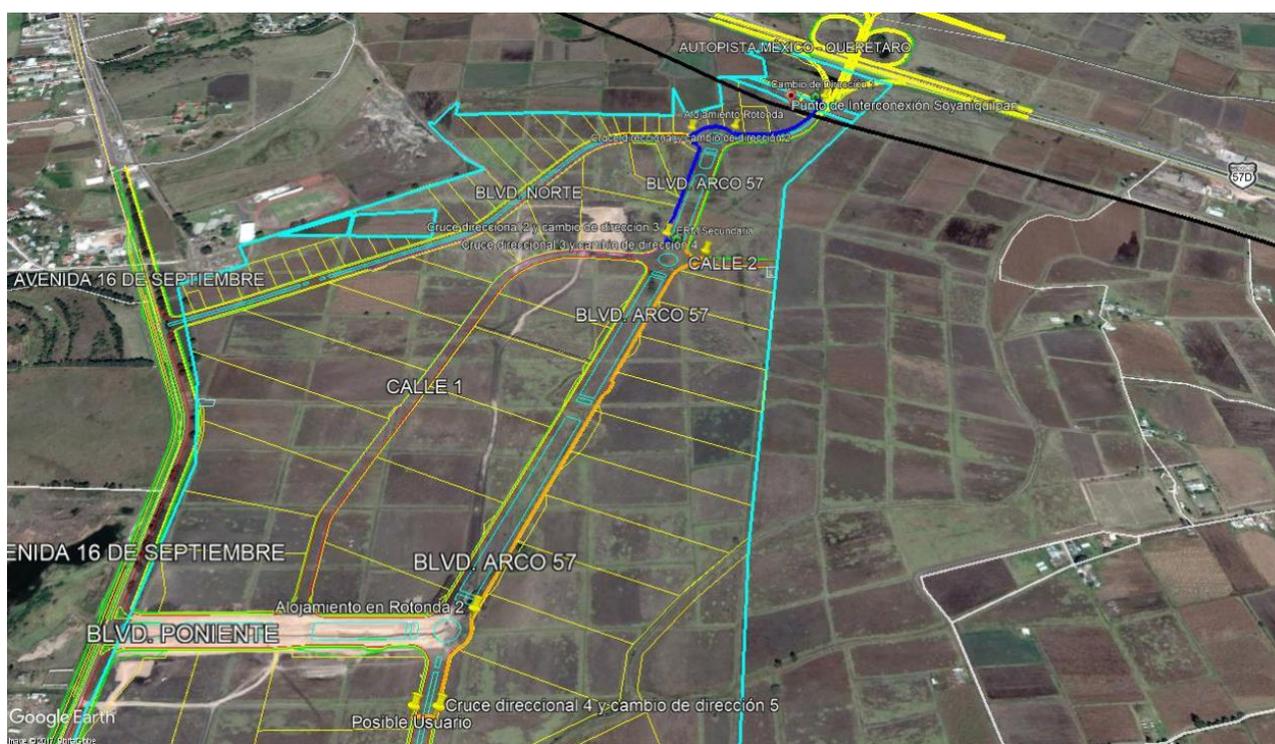


Figura 1 Ubicación del trazo del Sistema de Transporte de Gas Natural.

El inicio de la instalación se encuentra en un terreno paralelo ubicado aproximadamente en el km 92.2 de la carretera federal México – Querétaro, esto en un tramo del ducto propiedad de PGPB de 36” en este punto se realizará el registro de interconexión en las coordenadas Latitud Norte 20°0’31.79” Longitud Oeste 99°30’40.37”, y a una distancia cercana a los 88 metros estará ubicada la estación de Regulación y Medición Principal (ERMP) en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, en las coordenadas Latitud Norte 20°0’32.98”, Longitud Oeste 99°30’38.46”, a partir de este punto se iniciara la instalación de la tubería de acero al carbón AC 6” ced 40., a una profundidad de 0.80 aprox. a lomo de tubo.

El ducto consta de 1.918 Km de tubería de 6” misma que se interconecta con el ducto propiedad de PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) de 36” de diámetro. Aproximadamente 829 metros del ducto será de acero al carbón y se alojará en las vías de comunicación existentes del parque. Iniciando en el área de servicios del Parque ubicado en un terreno paralelo a la Carretera Federal No. 57D México – Querétaro, los primeros 88 metros son de la interconexión a la ERMP, y saliendo de esta durante 15 metros el cual será en dirección Sureste, posterior el gasoducto tomará dirección

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Noroeste y se alojará sobre las vías principales del parque “Boulevard Arco 57” hasta localizar después de 57 metros realizar un cruce direccional con la infraestructura de un gasoducto existente, el ducto seguirá en misma dirección y por aprox. 191 metros, hasta encontrar una rotonda la cual rodeará recorriendo una longitud de 106 m, al término de esta longitud se realizará un cruce direccional del “Boulevard Norte” del Parque esto en dirección Norte y seguirá en la misma dirección por 350 metros para tomar dirección Sureste cruzando de forma direccional el “Boulevard Arco 57” y en un punto intermedio del mismo, después de 22 metros llegar a la Estación de Regulación y Medición Secundaria (ERMS) en las coordenadas Latitud Norte 20°0'17.95" Longitud Oeste 99°30'49.02".

La estación de Regulación y Medición Secundaria tendrá un ramal, dicha salida será en Polietileno, y después de 89 metros al cruce del Boulevard Principal con la Calle 2 se colocará una “T”, la misma con el fin de dejar una preparación para crecimiento futuro del parque en dirección Este, y el segundo ramal de dicho accesorio seguirá en Polietileno de Alta Densidad de 6” de diámetro para en primera instancia cruzar de forma direccional la “Calle 2” en dirección Sur, y continuará en ese sentido por 831 metros por el Boulevard Arco 57, el trayecto llegará a otra rotonda, la cual rodeará teniendo una distancia de 63 metros y posterior a estos el recorrido seguirá por aproximadamente 73 metros seguir sobre el boulevard y posterior a esta distancia cruzará nuevamente de forma direccional el Boulevard Arco 57 y llegar a un posible usuario después tener una long. de 33 metros.

Apegándonos a la norma NOM-007-SECRE-2010, que establece a este proyecto como ZONA DE LOCALIZACIÓN 3, por lo tanto, se instalará 1 válvula de AC. de 6”, 1 válvula cada 8 kilómetros (debido a la longitud del ducto, se cumplirá con las válvulas de seccionamiento que se encuentran en las Estaciones de Regulación y Medición Principal y Secundaria, por lo que se cumplirá la normativa) para cambios de dirección o cambio de profundidad se colocarán codos de 45° de AC. de 6”.

El sistema de transporte de gas natural tendrá una presión máxima de operación en primera instancia (tramo de tubería de Acero al carbón) de 300 Psi (21.09 Kg/cm²) y posterior a la ERMS (tramo de tubería de Polietileno de Alta Densidad) de 100 Psi (7.03 Kg/cm²).

En la **Figura 1** se presenta la **fotografía aérea** correspondiente a la opción de trazo considerado.

En cuanto a consumo máximo se refiere, el Parque Industrial Arco 57 consumirá máximo aproximadamente 7,080 m³/hr. El consumo total máximo esperado por día será de 169,920 m³/día. En cuanto a la capacidad de diseño, el sistema (gasoducto) en su totalidad tiene una capacidad de diseño de 32,121.96 m³/hr equivalentes a 770,927.04 m³/día para acero y 14,827.88 m³/hr equivalentes a 355,869.12 m³/día para polietileno aproximadamente su presión de diseño es de 42.18 Kg/cm²man para acero y 7.03 Kg/cm² para polietileno. Los datos de presión y consumos podrán constatarse en la memoria de cálculo del Anexo 2.

1.3. Justificación

La modernización y desarrollo del Parque, preocupados por cuestiones ambientales y económicas, y con el propósito de suministrar y atender su demanda requerida de gas natural, el Parque Industrial Arco 57 requiere la instalación de un **Sistema de Transporte de Gas Natural por medio de ducto**.

1.4. Objetivo

Instalar un Sistema de Transporte de Gas Natural con el fin de dar suministro a una parte del Parque Industrial Arco 57 que se localiza en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México.

1.5. Programa general de trabajo

Las actividades que se tienen planeadas en esta etapa del proyecto están enfocadas a la instalación del sistema, así como a todas aquellas actividades encaminadas en la preparación y limpieza del sitio para la posterior operación del equipo en la obra planeada. El proyecto constructivo motivo de este documento se ejecutará en una sola etapa, contemplado lo necesario para permitir construir ampliaciones si se llega a requerir a futuro.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Es importante contar con un buen programa para determinar con precisión los tiempos convenientes para cada etapa (cronograma), pues se deben minimizar los plazos en las tareas sensibles como por ejemplo zanjas abiertas, tendido previo de tubería, etc., se tratará de prever los tiempos más propicios respecto al clima. Esta planificación permitirá contar con los recursos (humanos, de equipo, materiales, contratos, etc.) en tiempo y forma, lo que asegura continuidad, evitando tiempos muertos que pueden constituir una perturbación adicional.

El inicio de las obras de preparación del terreno y construcción del proyecto se programó para el mes de Mayo 2017.

El cronograma conceptual de construcción del gasoducto bajo condiciones ideales se presenta como Anexo 2. Este programa puede modificarse en función de las fechas de obtención de permisos.

Tabla 3 Coordenadas geográficas de la instalación o proyecto. (La tabla completa se adjunta en el Anexo 2)

Identificación	Nombre / Descripción	Kilometraje aproximado	Coordenadas
Interconexión	En terrenos del Parque Industrial	0+000	Latitud Norte 20°0'31.79", Longitud Oeste 99°30'40.37"
Estación de Regulación y Medición Principal	En área de servicios del Parque Industrial	0+088	Latitud Norte 20°0'32.98", Longitud Oeste 99°30'38.46"
Alojamiento y cambio de dirección	Alojamiento en Boulevard Arco 57 perteneciente al Parque	0+103	Latitud Norte 20°0'32.71", Longitud Oeste 99°30'37.98"
Alojamiento	Alojamiento sobre primer rotonda	0+351	Latitud Norte 20°0'29.13", Longitud Oeste 99°30'44.71"
Cruce direccional y cambio de dirección	Cambio de dirección 2	0+457	Latitud Norte 20°0'28.92", Longitud Oeste 99°30'47.73"
Cruce direccional y cambio de dirección	Cambio de dirección 3	0+807	Latitud Norte 20°0'18.20", Longitud Oeste 99°30'49.75"
Estación de Regulación y Medición Secundaria	Predio del Parque Industrial Arco 57, sobre Boulevard Arco 57	0+829	Latitud Norte 20°0'17.95", Longitud Oeste 99°30'49.02"

Identificación	Nombre / Descripción	Kilometraje aproximado	Coordenadas
Estación de Regulación y Medición Secundaria	Predio del Parque Industrial Arco 57, sobre Boulevard Arco 57	0+829	Latitud Norte 20°0'17.95", Longitud Oeste 99°30'49.02"
Cruce direccional y cambio de dirección	Cambio de dirección 4	0+918	Latitud Norte 20°0'16.56", Longitud Oeste 99°30'47.41"
Alojamiento	Alojamiento sobre segunda rotonda	1+749	Latitud Norte 19°59'52.70", Longitud Oeste 99°30'59.17"
Cruce direccional y cambio de dirección	Cambio de dirección 5	1+885	Latitud Norte 19°59'48.31", Longitud Oeste 99°31'0.19"
Llegada a Posible Usuario	Llegada a Posible Usuario en terrenos del Parque Industrial	1+918	Latitud Norte 19°59'48.41", Longitud Oeste 99°31'1.39"

Fuente: Datos propios obtenidos de levantamiento en campo y de la fotografía aérea de Google Earth.

Incluir planos de localización a escala adecuada y legibles, describiendo y señalando las colindancias de la instalación o proyecto y los usos del suelo en un radio de 500 metros en su entorno, así como la ubicación de zonas vulnerables, tales como: asentamientos humanos, áreas naturales protegidas, zonas de reserva ecológica, cuerpos de agua, etc.; indicando claramente la distancia de las mismas.



“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

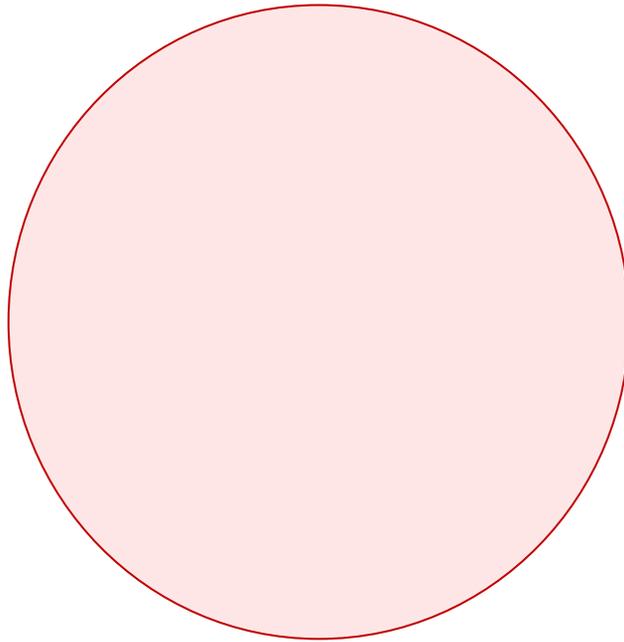
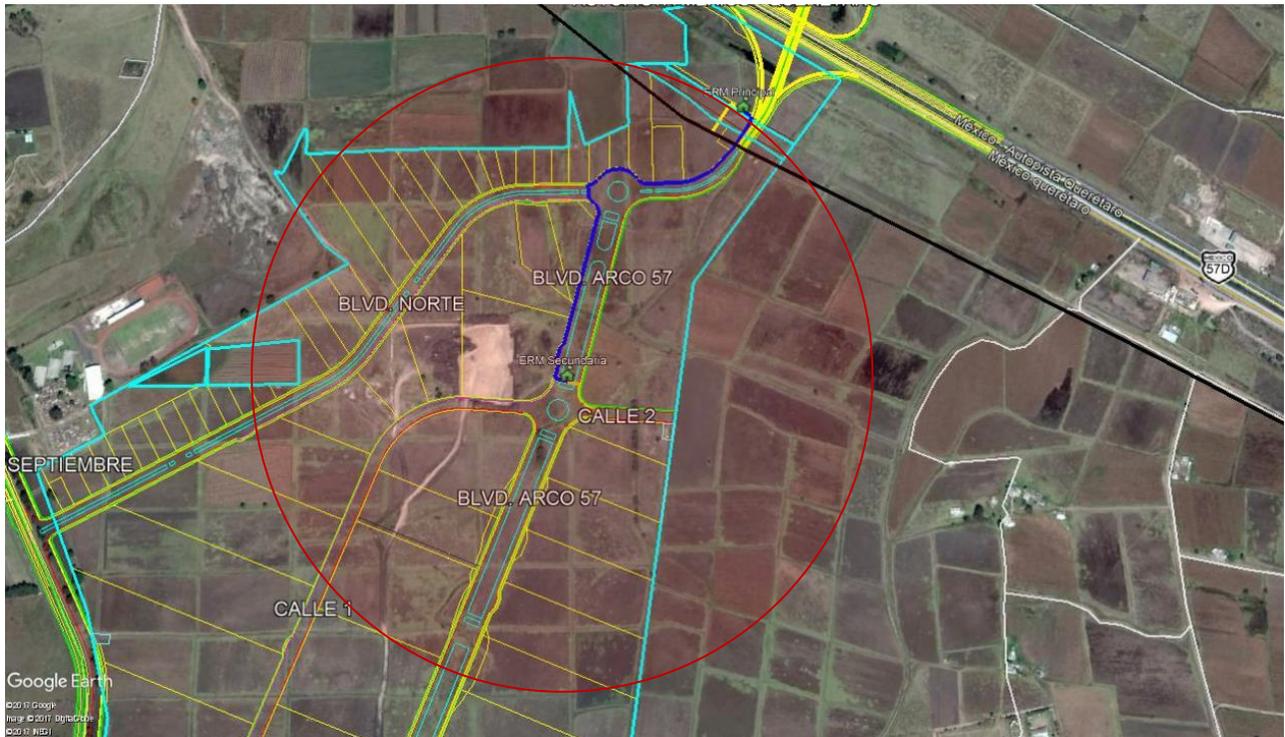
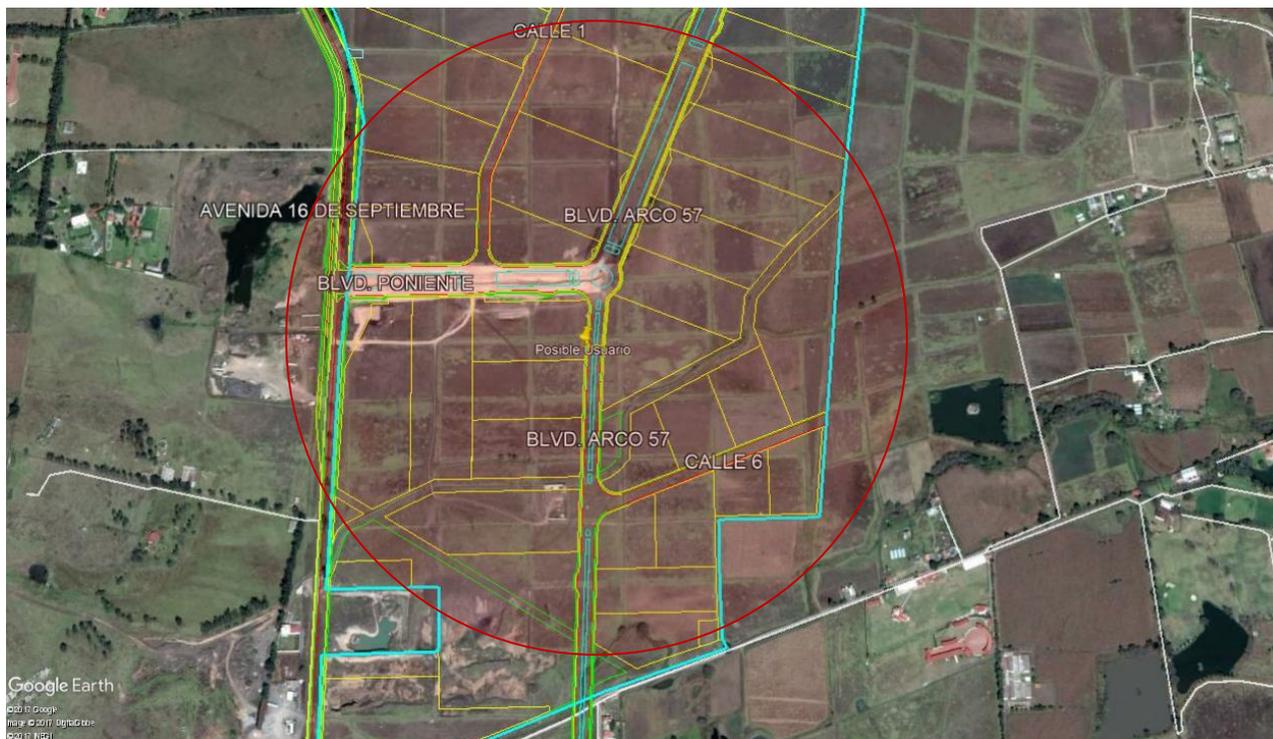


Figura 2 A) Estación de Regulación y Medición Principal, Interconexión PIA57



“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Figura 3 B) Llegada a ERM Secundaria



- El proyecto se realizara desde la conexión con el gasoducto de 36” a cargo del Centro Nacional de Control de Gas Natural (CENAGAS), en un terreno paralelo al tramo carretero Federal No. 57D México – Querétaro, y hasta la llegada al área de servicios del Parque Industrial Arco 57 y de ahí se tiende una red de suministro dentro del mismo parque, el proyecto se encuentra el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México, por lo cual se analizaron las colindancias de todo el recorrido de la instalación, esto de la siguiente manera:
 - Hacia la zona Sur del recorrido, se localiza de forma inmediata terrenos del mismo parque industrial, tanto calles principales como predios de usuarios. En la misma dirección saliendo del parque, localizamos terrenos baldíos y de cultivo en su mayoría. Solo unos cientos metros más se encuentra la autopista urbana Arco Norte, y al cruce de esta una pequeña zona industrial.
 - Hacia el Oeste del Sistema de Transporte de Gas Natural, de igual manera localizamos predios pertenecientes al parque, al salir del mismo, se ubica la avenida 16 de Septiembre, al cruce de esta se localiza una pequeña mancha urbana perteneciente a la comunidad de Xhitey, la cual se encuentra rodeada de terrenos de cultivo, dicha zona urbana solo es conformada por casas construidas por habitantes de la zona.
 - Hacia el Este del sistema, como mencionamos en puntos anteriores, localizamos predios del parque, así como avenidas principales del mismo, si avanzamos unos cuantos metros localizaremos terrenos de cultivo, sin embargo se tienen previstas expansiones del parque en esa dirección, si seguimos en la misma dirección cruzaremos con la carretera federal 57D México – Querétaro.
 - Hacia el Norte, es donde el trayecto se rodea de más infraestructura, en primera instancia localizamos la carretera federal 57D, y hacia el Noroeste localizamos el centro del municipio de Soyaniquilpan de Juárez, así como la comunidad de Sabino (esta última al cruzar la carretera mencionada), dichas comunidades están conformadas por asentamientos residenciales y comerciales, así como infraestructura de servicios y escuelas.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

- En resumen, a lo largo de la trayectoria desde el gasoducto de CENAGAS y hasta el Parque Industrial, este sistema de transporte de gas natural se encuentra rodeado y colindando en su mayoría con Lotes o terrenos de cultivo, en algunas direcciones tendríamos que recorrer varios kilómetros para llegar o localizar alguna comunidad, en dirección Norte y Sur es donde localizamos mas infraestructura, en dirección Sur asentamientos industriales, y en dirección Norte una gran mancha urbana conformada por escuelas, asentamientos comerciales, residenciales, etc.
- La presente obra pretende proporcionar a parte del Parque Industrial Arco 57, (el proyecto en Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México), suministro de este hidrocarburo, permitiéndoles así contar con la flexibilidad de usar un combustible más limpio y reducir así sus emisiones al ambiente, además de suministro continuo para optimizar su proceso a los usuarios.
- La longitud del trazo será de aproximadamente 1.918 Km, de acuerdo con la opción de trazo seleccionado y no será necesario derribar árboles a lo largo de todo el trazo, sin embargo en la Manifestación de Impacto Ambiental, se profundizará más este tema y se mencionarán las medidas de mitigación que corresponden a esto. El sistema de transporte de gas natural mantendrá una presión de operación de 300 Psi (21.09 Kg/cm²) en primera instancia para el material Acero al carbón y en segunda instancia en Polietileno de Alta Densidad trabajará a 100 Psi (7.03 Kg/cm²).
- El proyecto cumple con los requisitos señalados en la **NOM-129-SEMARNAT-2006** *Redes de Distribución de Gas Natural*, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de julio de 2007.
- Dicha infraestructura se apoyará para el diseño, construcción y operación de acuerdo a la norma mexicana **NOM-007-SECRE-2010** “*Transporte de Gas Natural*”.

1.6. Superficie total de la instalación o proyecto y superficie requerida para el desarrollo de la actividad (m² o Ha).

Toda la tubería de este sistema se enterrará alojándose a lo largo de caminos de acceso y vías de comunicación, desde su interconexión con el gasoducto de 36” de CENAGAS en un terreno paralelo a la Carretera Federal No. 57D México – Querétaro, en el Estado de México, hasta llegar al área de servicios del PIA57 en su límite norte, el gasoducto será en material Acero al carbón en primera instancia y posterior en Polietileno de Alta Densidad, el área total estimada de este tramo de ducto considerando 6.0 m de franja de afectación (debido al diámetro nominal del ducto: 6” para ambos materiales) es de aproximadamente 0.010980 Km² (total solo ducto de 6”), y se tiene el ducto de interconexión de 4”, por lo que la franja de afectación es de 4.0 metros, es decir el área total estimada de esta especificación es de 0.000352 Km².

Longitud total aproximada	0.088 Km de Acero al Carbón Cedula 80, 4” de diámetro 0.741 Km de Acero al Carbón Cedula 40, 6” de diámetro 1.089 Km de Polietileno de Alta Densidad SDR-11 6” de diámetro Total lineal: 1.918 Km
Ancho del derecho de alojamiento	6.0 metros
Infraestructura de apoyo	Bodega de materiales, oficina contratista: N/A
Superficie total requerida para el proyecto	Aproximadamente m ² = 0.011646 Km ²

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

II. Bases de diseño

II.1. Criterios de Diseño

Mencionar los Criterios de Diseño de la Instalación o Proyecto con base a las Características del Sitio y a la Susceptibilidad de la Zona a Fenómenos Naturales y Efectos Meteorológicos Adversos.

Para este caso en específico el material de tubería que se empleó en diámetros de 6” en Acero al Carbón Cedula 40 y 6” en Polietileno de Alta Densidad 3408 SDR-11, el cual se instalará de forma enterrada a lo largo de todo el recorrido.

III.1.1 Cálculo del Diámetro de la Tubería

Se tomará como base para una primera estimación de cálculo la velocidad recomendada por applied process design for Chemical & Petrochemical Plants Vol. 1 de Ernest E. Ludwig donde dice que la velocidad media del rango recomendado para gas natural en tuberías es:

$$v = 1,200 \text{ m/min}$$

Para ducto de acero:

El área transversal del tubo se calcula como sigue:

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$Q = 331.94 \text{ m}^3/\text{hr} = 5.53 \text{ m}^3/\text{min}$$

A = área transversal

v = velocidad

$$A = \frac{5.53 \text{ m}^3 / \text{min}}{1,200 \text{ m} / \text{min}} = 0.0046102 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \times 0.0046102 \text{ m}^2}{\pi}} = 0.07661 \text{ m} = 76.61 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el diámetro seleccionado de 152.4 mm (6”) para tubo de acero al carbón cedula 40 es correcto.

Para ducto de Polietileno:

El área transversal del tubo se calcula como sigue:

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$Q = 917.30 \text{ m}^3/\text{hr} = 15.28 \text{ m}^3/\text{min}$$

A = área transversal

v = velocidad

$$A = \frac{15.28 \text{ m}^3 / \text{min}}{1,200 \text{ m} / \text{min}} = 0.01274 \text{ m}^2$$

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
 en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \times 0.01274m^2}{\pi}} = 0.1273m = 127.36 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el diámetro seleccionado de 152.4 mm (6”) para tubo de polietileno de alta densidad es correcto.

III.1.2 Cálculo de caída de presión.

Formula Weymouth para cálculo de caídas de presión en tubería mayor a 3" (76.2 mm) y más de 9 Kpa/cm2 (100grf/cm²)

$$P_2 = \left(P_1^2 - \frac{(P_0 Q)^2 SLT}{(28.387 T_0)^2 D^{\frac{16}{3}}} \right)^{0.5}$$

Donde:

Q = Flujo de gas en m³/h, en condiciones normales (15,6°C Y 760 mm Hg)

P₁ = Presión absoluta inicial, a la entrada de la tubería, en kgf/cm² ABS.

P₂ = Presión absoluta final, o a la salida de la tubería, kgf/cm² abs.

d = Diámetro de la tubería en cm.

G = Densidad relativa del gas (0.6)

L = Longitud de la tubería en m.

P_{abs} = P_{man} + P_{atm}

P_{man} = 21.09 kgf/cm²

P_{atm} en la zona de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México = 0.9428 Kg/cm²

P_{abs} = P_{man} + P_{atm}. = 22.033 kgf/cm²

Tabla 4 Cálculo Porcentaje de pérdida de presión

Nodos	Presión inicial absoluta en kgf/cm ²	Presión a la cual el flujo se reduce: 1,035 kgf/cm ²	Flujo de gas en la tubería en m ³ /hr 15,6 °C y 760 mm Hg	Peso específico del gas; Natural: 0.6 LP: 1,52	Longitud de la tubería en metros	Temp. absoluta de flujo: 307 °K	Díametro interior de la tubería en cm	Temperatura absoluta a la cual el flujo se reduce: 369 °K	Presión final absoluta en kgf/cm ²	Diferencia de presiones	Porcentaje de perdida
A-D	22.0330	1.035	7080	0.6	1830	307	15.405	369.8	22.0313	0.0017	0.01%
										0.0017	0.01%

Cálculo del Espesor para Ducto de Acero:

Aplicación de la fórmula de Barlow para espesores de tuberías de transporte y distribución de gas.

$$t = \frac{PD}{2SFET}$$

DONDE:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

t = Espesor del tubo en (m)

P = Presión interna de diseño (kg/cm^2)

S = Resistencia de fluencia mínima especificada (kg/cm^2 , kPa) = $2,952.89 kg/cm^2 / 289,580kPa$

D = Diámetro nominal exterior del tubo (m)

E = Eficiencia de la junta longitudinal

T = Factor de reducción por temperatura

La presión manométrica a la salida de la caseta de regulación es de $21.09 kg/cm^2$, la presión absoluta es de $22.033 kg/cm^2$. Considerando que la presión de entrega mínima que ofrece el transportista es de $42.18 kg/cm^2$ ($P_{abs}=43.00 kg/cm^2$), se tomará este valor como una condición crítica. NOTA: Cabe mencionar que se cuenta con una ERM Principal que abate esta presión y la adecua a la presión que trabajará el ducto, dicha estación cuenta con sistemas de seguridad que permiten el control adecuado de condiciones operativas.

Tabla 5 Factor por clase de localización

CLASE DE LOCALIZACION	F
1	0.72
2	0.60
3	0.50
4	0.40

De acuerdo con la NOM-007-SECRE-2010 las clases se definen de la siguiente forma:

- **Clase 1** Área unitaria que cuenta con diez o menos construcciones o aquella en la que la tubería se localice en la periferia de las ciudades, poblados agrícolas o industriales.
- **Clase 2** Área unitaria que cuenta con más de diez y menos de cincuenta construcciones.
- **Clase 3** Área unitaria en la que se registra alguna de las características siguientes:
 - a) Cincuenta o más construcciones destinadas a ocupación humana o uso habitacional
 - b) Una o más construcciones ocupadas normalmente por 20 o más personas a una distancia menor de 100 m del eje de la tubería.
 - c) Un área al aire libre bien definida a una distancia menor de 100 m del eje de la tubería y que dicha área sea ocupada por 20 o más personas durante su uso normal, tal como un campo deportivo, un parque de juegos, un teatro al aire libre u otro lugar público de reunión.
 - d) Áreas destinadas a fraccionamientos y/o comercios en donde se pretende instalar una tubería a una distancia menor de 100 m aun cuando al momento de construirse, solamente existan edificaciones en la décima parte de los lotes adyacentes al trazo, y
 - e) Un Área que registre un tránsito intenso o se encuentren instalaciones subterráneas a una distancia menor de 100 m de donde se pretenda instalar una tubería, se considera tránsito intenso un camino o carretera pavimentada con un flujo de 200 o más vehículos en una hora pico de aforo.
- **Clase 4** Área unitaria en la que se localicen edificios de cuatro o más niveles donde el tránsito sea intenso, o bien, existan otras instalaciones subterráneas.

Tabla 6 Especificaciones para tubería

CLASE DE TUBERÍA	E
SIN COSTURA	1.0
SOLDADA POR RESISTENCIA ELÉCTRICA	1.0
SOLDADA A TOPE EN HORNO	1.0
SOLDADA POR ARCO SUMERGIDO	1.0

T=1 SI LA TEMPERATURA DEL GAS ES <393 °K o 119.84 °C

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

TUBERÍA S/IDENTIFICACIÓN CON DIÁMETRO > 101 mm	0.80
DIÁMETRO < 101 mm	0.60

Sustituyendo para tubo de 6” tenemos:

$$t = \frac{43.00 \text{ kg/cm}^2 \times 0.168275 \text{ m}}{2 \times 2,952.89 \text{ kg/cm}^2 \times 0.50 \times 1 \times 1} = 0.0024504 \text{ m}$$

Si se deja como margen para corrosión 1/8” (0.003175 m)

$$t_{\text{requerida}} = 0.0024504 + 0.003175 = 0.0056254 \text{ m}$$

por lo tanto, el espesor seleccionado de 0.007112 m (0.280”) para tubo de 6” cedula 40 es correcto.

Ahora se calculará la presión máxima que resistirá el tubo considerando que:

t_{real} = espesor del tubo cédula 40 seleccionado menos 1/8” por corrosión futura

$$P = \frac{2St_{\text{real}}FET}{D} = \frac{2 \times 2,952.89 \text{ kg/cm}^2 \times (0.007112 - 0.003175) \text{ m} \times 0.50 \times 1 \times 1}{0.168275 \text{ m}} = 69.08 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto el tubo seleccionado en cédula 40 de 6” nominales resistirá una presión de 69.08 kg/cm², la presión de trabajo manométrica será de 28.12 kg/cm², por lo tanto queda aprobada la selección del tubo.

Haciendo el calculo del espesor para tubería de polietileno de alta densidad de 6” SDR 11:

$$P = \left(\frac{2S}{RD - 1} \right) (0.32) \quad RD = \left(\frac{2S}{P} \right) (0.32) + 1$$

DONDE:

P = Presión manométrica de diseño en KPa = 7.0 kg/cm² = 686.46 Kpa

RD = Relación de Diámetro/espesor = D/t; $t = D/RD$

S = Resistencia hidrostática a largo plazo igual a 11,031 kPa a 296°K

D = Diámetro exterior en mm = 168.27 mm para tubo de 6”

T = Espesor del tubo

SUSTITUYENDO:

$$RD = \left(\frac{2 \times 11031}{686.46} \right) (0.32) + 1 \equiv 11.28 \quad t = \left(\frac{168.27}{11.28} \right) = 14.91 \text{ mm}$$

Por lo tanto el espesor seleccionado de 15.29 mm para tubo de 6” de diametro es correcto y queda aprobada para operar a hasta por 7.0 kg/cm² (máximo permitido por norma en tubería de PE)

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Ahora realizamos el calculo de la maxima presión de operación de la tubería seleccionada.

Sabemos que $RD=D/t$, sustituyendo valores: $RD=168.27 \text{ mm}/15.29 \text{ mm} = 11.00$

Sustituyendo valores en primer formula empleada, nos queda:

$$P = \left(\frac{2S}{RD - 1} \right) (0.32) \quad P = \left(\frac{2(11031 \text{Kpa})}{11.00 - 1} \right) (0.32)$$

$$P = 705.98 \text{ Kpa} = 7.19 \text{ kg/cm}^2$$

El calculo realizado nos indica que la maxima presión de operación para tubería de polietileno alta densidad de diametro nominal de 6” es de 7.19 kg/cm² y la presión máxima de operación por norma es de 7.0 kg/cm², por lo cual es correcto y puede operar a esa presión. La presión de operación será menor a esta, sin embargo se considera realizar el cálculo considerando la máxima permitida.

III.1.3 Tendido de la tubería.

Tubería de Acero al Carbón

La construcción de la red y sus accesorios será regida por la norma vigente NOM-007-SECRE-2010 (Transporte de Gas Natural).

La tubería será de Acero al Carbón 6” API 5L X-42. Ced. 40, con recubrimiento de polietileno extruido tricapa, (material de polietileno espesores: FBE STD (14 a 16 mils min) ADHE (6 mils min) PE (1.15 mim min), especificación PEMEX NRF-026-PEMEX-2008.

La tubería será de Polietileno de Alta Densidad 6” 3408 SDR-11.

Especificación de Válvulas

Para el direccionamiento y el control de flujo del gas natural se cuenta con suficientes válvulas de corte de acción manual tipo “bola” de cierre rápido. Se cuenta con una valvula de corte general localizada a la salida de la estación de regulación y medición principal (punto de interconexión) y otra antes de las estaciones de regulación y medición del usuario y del parque.

Ya que el proyecto se considera en Clase de Localización 3, se colocarán válvulas de seccionamiento cada 8 Km, debido a la longitud del ducto, se cumplirá con las válvulas de seccionamiento que se encuentran en las Estaciones de Regulación y Medición Principal y Secundaria, por lo que se cumplirá la normativa, respetando la NOM-007-SECRE-2010.

Seguridad en el Sistema

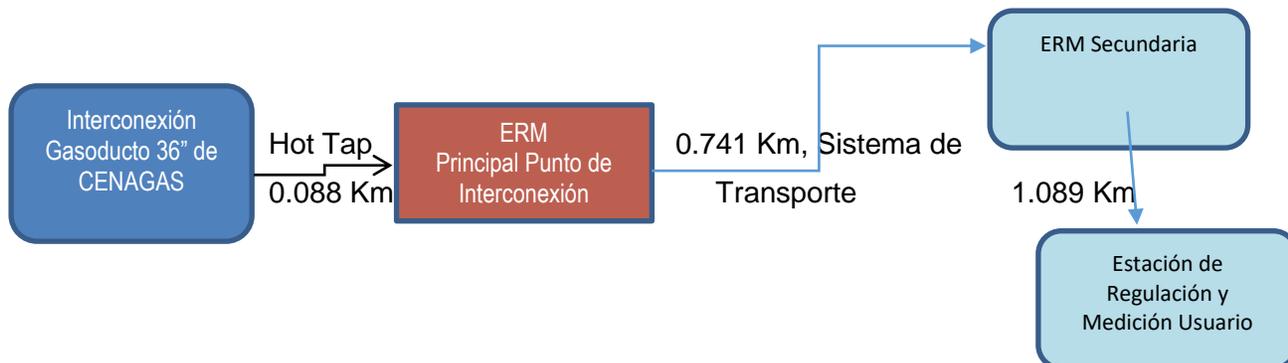
El sistema se encuentra dotada de válvulas de corte de acción manual instaladas antes de cualquier suministro que este sistema proporcione. Las líneas de servicio cuentan con suficientes válvulas, colocadas en lugares visibles y de rápido acceso, para permitir el control del flujo del gas en todas las áreas.

III.1.4 Descripción del Proceso

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
 en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Descripción Detallada del Proceso por Líneas de Producción, Reacción Principal y Secundaria en donde Intervienen Materiales Considerados de Alto Riesgo (debiendo anexar diagramas de bloques)

Debido a que se trata solamente de un "Sistema de Transporte de Gas Natural", se referirá solamente a una red de transporte, la cual se puede considerar acorde con el siguiente diagrama de bloques:



Como puede verse no existe en el proceso ninguna reacción ni principal ni secundaria, ya que solamente se esta transfiriendo el Gas Natural hacia quien lo demanda como suministro principal.

III.1.5 Materias primas, Productos y Subproductos Manejados en el Proceso

Para este caso en específico solamente se considerará al Gas Natural por ser la sustancia que se distribuye a lo largo de todo el proceso. (Ver Anexo 4)

Los requerimientos de demanda máxima para el Parque Industrial Arco 57 (PIA57), de acuerdo con datos proporcionados por dicho usuario, son los siguientes:

Usuario	CONSUMO m ³ /hr	CONSUMO m ³ /día
Parque Industrial Arco 57	7,080	169,920
Incluyendo Usuario		
● TOTAL ACTUAL		7,080
	169,920	

El gas natural que servirá como combustible en el PIA57, en Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México, á de la siguiente forma:

Para ducto de acero:

El consumo de gas total será de 7,080 m³/hr Qs = 7,080 m³/hr

El consumo mensual será Qsmensual = 5,097,600 m³

El consumo de gas estimado en el inciso anterior corresponde a condiciones estándar, es decir a 15.6 °C y 1 atm. de presión absoluta.

El gas a la salida de la caseta para efectos de cálculo de caída de presión en su trayectoria se consideró a una presión regulada de 21.09 kg/cm² manométricos.

EL CONSUMO A LAS CONDICIONES REALES ESTÁ DADO POR:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

$$Q = \frac{Q_s P_0}{P_1}$$

DONDE:

P = Presión barométrica en la zona Soyaniquilpan de Juárez, Edo. De Méx. = 0.9428 Kg/cm²

Q_s = Consumo estándar

P₀ = Presión a condiciones estándar del gas = 1 ATM = 1.033 kg/cm²

P₁ = Presión absoluta real del gas a las condiciones de salida de la caseta de regulación

P₁ = 21.09 kg/cm² + 0.9428 kg/cm² = 22.033 kg/cm²

$$Q = \frac{7,080 \text{ m}^3 / \text{hr} \times 1.033 \text{ kg} / \text{cm}^2}{22.033 \text{ kg} / \text{cm}^2}$$

$$Q = 331.94 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Para ducto de Polietileno:

El consumo de gas total será de 7,080 m³/hr Q_s = 7,080 m³/hr

El consumo mensual será Q_{smensual} = 5,097,600 m³

El consumo de gas estimado en el inciso anterior corresponde a condiciones estándar, es decir a 15.6 °C y 1 atm. de presión absoluta.

El gas a la salida de la caseta para efectos de cálculo de caída de presión en su trayectoria se consideró a una presión regulada de 7.03 kg/cm² manométricos.

EL CONSUMO A LAS CONDICIONES REALES ESTÁ DADO POR:

$$Q = \frac{Q_s P_0}{P_1}$$

DONDE:

P = Presión barométrica en la zona Soyaniquilpan de Juárez, Edo. De Méx. = 0.9428 Kg/cm²

Q_s = Consumo estándar

P₀ = Presión a condiciones estándar del gas = 1 ATM = 1.033 kg/cm²

P₁ = Presión absoluta real del gas a las condiciones de salida de la caseta de regulación

P₁ = 7.03 kg/cm² + 0.9428 kg/cm² = 7.973 kg/cm²

$$Q = \frac{7,080 \text{ m}^3 / \text{hr} \times 1.033 \text{ kg} / \text{cm}^2}{7.973 \text{ kg} / \text{cm}^2}$$

$$Q = 917.30 \text{ m}^3/\text{hr}$$

De acuerdo con lo señalado en el primer y segundo listados de actividades altamente riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992, respectivamente, la cantidad de reporte para considerar el proyecto como una actividad altamente riesgosa, es de 500 kilogramos. Considerando solo el ducto principal de **6" de Acero al carbón Ced. 40 x 0.741 Km** de longitud aprox. y de **6" de Polietileno HD SDR-11 x 1.089 KM**, y una presión de operación de 300 psig (21.09 Kg/cm²) para AC y de 100 psig (7.03 Kg/cm²) para PEHD, el cálculo de la cantidad de gas natural empacado en todos los diámetros es de máximo **374.31 Kg** por lo que **no** sobrepasa la cantidad de reporte (*se anexa hoja de excel con el cálculo del gas de empaque*), y por lo tanto no es necesario presentar un Estudio de

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Riesgo Ambiental, de acuerdo con lo señalado en el artículo 147 de la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Sin embargo, en base a las políticas de la empresa Accesgas y el PIA57, se presentará el Estudio de Riesgo Ambiental.

III.1.6 Cálculo de gas de empaque

Tabla 7 Cálculo de gas de empaque

PROYECTO		Sistema de Transporte de Gas Natural Parque Industrial Arco 57 Ducto Principal	
Longitud del Gasoducto	2,431.10 pie		741 m
Diametro Externo del gasoducto	6.625 pulg		
Espesor del gasoducto	0.280 pulg		
Presión de operación	300.00 psig		
Volumen de gas de empaque	10,442 pie ³		
Longitud del Gasoducto	3,572.82 pie		1,089 m
Diametro Externo del gasoducto	6.625 pulg		
Espesor del gasoducto	0.602 pulg		
Presión de operación	100 psig		
Volumen de gas de empaque	5,689 pie ³		
EMPAQUE	16,131 pie ³		456.78 m ³
	456.84 m ³		
Densidad del aire	0.0764 lb/pie ³		
Gravedad específica gas natural	0.62		
	764.09 lb		
	347.31 kg		Densidad aire 60°C

En cumplimiento con la *Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente*, se requerirá de la *Presentación de un Estudio de Riesgo*, lo anterior con fundamento en su artículo 7 fracc IV y XVI, 28 y 35 Bis 2; presentando el mismo para su evaluación en la *Oficina Federal de la ASEA*.

Lo anterior se cumple acorde con las características del proyecto, motivo por el cual se elaborará el estudio de riesgo correspondiente en cumplimiento a la legislación Federal respectiva mencionada.

Asimismo, este documento se entregará acorde con el *La Guía para la Presentación del Estudio de Riesgo (Modalidad Ductos Terrestres)* emitido por la *Dirección General de Gestión para la Protección Ambiental* perteneciente a la *Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales Federal (SEMARNAT)*.

De acuerdo a que el proyecto corresponde al sector de Hidrocarburos, la competencia para la revisión y en todo caso aprobación corresponde a la *Agencia de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA)*.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

III.1.7 Tipo de Recipientes y/o Envases de Almacenamiento.

Especificar: Características, Código o Estándares de Construcción, Dimensiones, Cantidad o Volumen Máximo de Almacenamiento por Recipiente, Indicando la Sustancia Contendida, así como los Dispositivos de Seguridad Instalados en éstos.

Debido a que toda la infraestructura requerida para el “Sistema de Transporte de Gas Natural” está formado específicamente por tubería, válvulas y accesorios, y que esta servirá para suministro continuo de este hidrocarburo, no se cuenta con recipientes y/o envases de almacenamiento, por lo que este punto no aplica para el estudio de interés.

III.1.8 Describir Equipos de Proceso y Auxiliares

Especificando Características, Tiempo Estimado de Uso y Localización. Asimismo, Anexar Plano a Escala del Arreglo General de la Instalación o Proyecto.

Las Estaciones o Casetas de Medición y Regulación de Gas Natural se construirán de acuerdo a la NOM-007-SECRE-2010.

Las estaciones reguladoras de presión estarán equipadas con válvulas de bloqueo antes y después de los reguladores. De igual forma, se instalarán manómetros después de las estaciones de regulación de presión en todo el sistema.

Las **Estación de Medición y Regulación** tanto de Principal, como la del Usuario y la ERM Secundaria se construirán de acuerdo a la normatividad nacional e internacional. Estarán equipadas con válvulas de bloqueo en la entrada y salida.

La instalación eléctrica debe ser a prueba de explosión y cumplir con los lineamientos de la **NOM-001-SEDE-2012**.

Como señala la **NOM-007-SECRE-2010**, las estaciones de medición y regulación deberán diseñarse con materiales no combustibles (ver Boletín 294 de la *American Insurance Association*), contar con el espacio necesario para la protección de los equipos e instrumentos que permita las actividades de operación y mantenimiento, tendrá una ventilación cruzada a favor de los vientos dominantes para garantizar que el personal que opera, mantiene, inspecciona y supervisa la instalación no corra riesgos por acumulación de gases.

Como medida preventiva para combate al fuego, en la caseta de medición y regulación se contará con equipo contra incendio (extinguidor tipo ABC), el cual estará disponible, accesible, claramente identificado y en condiciones de operación. De acuerdo con la **NOM-007-SECRE-2010**, la localización de las estaciones de medición y regulación, debe cumplir con los lineamientos siguientes:

Tabla 8 Distancias para protección

Distancias mínimas de protección Concepto	Estación para uso industrial hasta 2059 kPa (21 kg/cm ²) (en metros)
Concentración de personas	5
Fuentes de ignición	5
Motores eléctricos	5
Subestaciones eléctricas	5
Torres de alta tensión	5
Vías de ferrocarril	5

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Caminos o calles con paso de vehículos	5
Almacenamiento de materiales peligrosos	15

Fuente: NOM-007-SECRE-2010

Estar fuera de las zonas fácilmente inundables o aquéllas en las que pudiera haber acumulamiento de gases en caso de fuga, y estar en lugares de fácil acceso. El Gasoducto contará con dos tipos de estaciones de regulación y medición.

Caseta de filtración/medición/regulación y odorización, instalada en el Punto de Interconexión con el Gasoducto a cargo de CENAGAS donde tendrá lugar la reducción de presión del sistema, de 600 a 300 psi.

Componentes principales:

- Válvula de corte automático en caso de fuga
- Válvula de corte principal
- Válvula de control de flujo
- Filtro coalescente
- Equipo de medición
- Computador de flujo con comunicación remota
- Reguladores de presión instalados en monitor
- Válvula de seguridad
- Manómetros
- Odorizador



Figura 5 ERyM Usuario (ejemplo)

Esta caseta tendrá como función:

Filtrar impurezas del gas transportado por CENAGAS para evitar daños en los equipos de medición.

Medir y totalizar el flujo volumétrico y energético totalmente compensado por las variaciones de presión, temperatura y peso específico, supercompresibilidad y calor específico si se le introducen los valores correspondientes en tiempo real (de analizadores) o se le programan mediante el software del equipo, sin necesidad de analizador.

Regular la presión recibida del gasoducto principal para ser transportado por el gasoducto (regula a 300 psig).

Proteger a los usuarios del gasoducto de recibir una sobrepresión por medio de reguladores y la válvula de seguridad y la válvula de control de flujo.

Aplicar odorizante a todo el sistema para detectar posibles fugas. A parte de ser un requisito por normas oficiales mexicanas, es una práctica de Accesgas, S.A.P.I. de C.V. y del Parque Industrial Arco 57.

III.1.9 Estación de regulación y medición principal (punto de interconexión)

La estación de regulación y medición principal se instalará en una superficie aproximada de 250 m² y contará con válvulas de corte. El área donde será instalada la caseta será en un terreno suburbano y estará delimitada con muro de block de 2.40 metros de altura, de frente y fondo variable, rematado con tres hilos de alambre de púas en la parte superior para seguridad, y contará con dos puertas de acceso, una peatonal de 1.00 metro de ancho y otro vehicular de 3.5 metros, que permitan tanto el acceso al personal y al equipo necesario para realizar trabajos de

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

operación, mantenimiento e inspección, como al personal de atención de emergencias. El acceso estará restringido y las puertas contarán con candado. Asimismo, contará con señalamientos adecuados.



Figura 6 Estaciones de regulación y medición (ejemplos)

La caseta se adquiere prefabricada, de lámina Pintro-Zintro con ventilación cruzada, con acceso al frente. La caseta está montada en un patín fabricado de perfil estructural, que a su vez se instala sobre 7 durmientes de concreto para nivelar la estación de regulación y medición, por lo que no requieren cimentación.

Después de nivelar el terreno a ocupar por la estación, se colocará una capa de polietileno negro y sobre ella una cama de 4" de espesor de grava triturada de ¾ en el área que ocuparán las casetas, para evitar el crecimiento de malezas.

Toda la caseta está fabricada de acero. La presión de operación máxima de la caseta del punto de interconexión es de 1,440 psig (presión máxima que suministra el transportista y que marca norma).

Contará con una válvula de seccionamiento en la tubería de alimentación a la estación de regulación y medición, un filtro separador de partículas de hasta 1 micrón antes del cabezal de regulación y medición, líneas de desvío (by-pass) para mantenimiento sin necesidad de interrumpir el suministro de gas, reguladores de presión instalados en monitor, dispositivos de seguridad para protegerla de cualquier sobrepresión, y válvulas de bloqueo en las conexiones para la instalación de instrumentos.

Además, como se mencionó contará con reguladores en monitor como medio principal de protección y con una válvula de seguridad para desfogar a la atmósfera, diseñada para que se prolongue el venteo hasta una altura de que permita dispersar el gas natural sin que presente riesgos al personal o a las instalaciones.

En lo que se refiere al equipo de medición de flujo cumple con las especificaciones técnicas para Computadores autorizados en la industria. La caseta cuenta con módem y teléfono celular conectados al computador de flujo, para tener acceso a distancia a las lecturas de flujo y presión del gas.

Como medida preventiva para combate al fuego, en la caseta de medición y regulación se contará con equipo contra incendio (extinguidor tipo ABC), el cual estará disponible, accesible, claramente identificado y en condiciones de operación.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”



Figura 7 Extintor tipo ABC en caseta de medición y regulación (Interconexión)



Figura 8 Extintor tipo ABC en caseta de medición y regulación (Predio del Usuario y del Parque)

III.1.10 Estación de Regulación y Medición Secundaria y del Usuario.

Las estaciones de regulación y medición que estarán instaladas, como secundaria y otra en el predio del usuario final, contarán con medidores, reguladores, válvulas de seguridad y válvulas manuales de bloqueo. Las características constructivas son similares a las de la estación del punto de interconexión. La estación será rodada por una cerca de malla ciclónica con acceso peatonal por un costado, y contará con **un patín de regulación** (pudiendo variar dependiendo de cómo se diseñe la estación). La ubicación de la caseta cumplirá con los requerimientos de distancias establecidos en la **NOM-007-SECRE-2010**.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

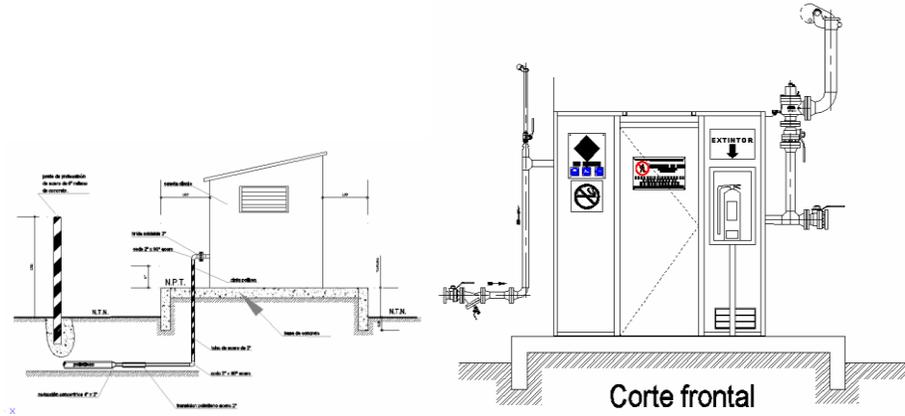


Figura 9 Esquema tipo de la ERM del usuario y Secundaria



Figura 10 Fotografía típica de Instalación

Componentes principales:

- Filtro de gas seco
- Medidor de flujo volumétrico
- Reguladores de presión y válvulas de corte asociadas
- Válvula de alivio (de seguridad)
- Válvula de corte principal
- Manómetros

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”



Figura 11 Componentes

Se pintará toda la tubería aérea de acero de los patines de medición y regulación (a instalar dentro del predio del usuario) de color blanco y amarillo limón. La pintura a aplicar para proteger contra la corrosión exterior cumplirá con las especificaciones de la **NOM-007-SECRE-2010**.

La estación de regulación y medición contará con un ánodo de sacrificio de magnesio de 9 libras, y aislantes tipo micarta en las bridas ubicadas a la entrada y salida de la ERM del usuario y de la ERM que quedará como Secundaria.

La construcción de las estaciones puede requerir la instalación de una pequeña plancha de concreto sobre la cual se asentará el patín de medición.

Teniendo en cuenta las distintas fases de la etapa de construcción de una instalación como estas (cuando se produce la mayor interacción con el medio), el conocimiento de los impactos negativos que potencialmente se pueden presentar, elegir la metodología constructiva más adecuada, disminuirá los impactos negativos causados al ecosistema, los que pueden variar en forma considerable según se tengan en cuenta en la fase de planificación o después.

Una vez definido el trazo, los responsables del proyecto deben determinar con mayor exactitud las necesidades de personal, materiales, tiempo y dinero para llevar a cabo el proyecto. De nuevo, esta fase requiere varias horas de trabajo de oficina para establecer los procedimientos de construcción más adecuados en cada uno de los tramos, así como solicitar los permisos pertinentes y, en caso necesario, adquirir los derechos de vía (permisos de ocupación superficial) de los terrenos por los que pasará el gasoducto.

Debido a que la Estación de Regulación y Medición de Gas Natural principal será instalada como parte del mismo proyecto y dentro de los terrenos del Parque Industrial Arco 57, no será necesario realizar en esta etapa trabajos de limpieza, aplanado y nivelación. Debido a que la caseta será prefabricada, no se requerirá abrir zanjas para cimentaciones. Se requieren trabajos de limpieza del terreno, debido a que no es una zona industrial a lo largo de todo el trayecto del gasoducto. Se afectará lo menos posible a la vegetación existente, la cual es mínima.

Para estas actividades únicamente se requerirá de una bodega temporal para almacenar materiales y equipo.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Previo al desarrollo de la operación del proyecto, se realizarán los trabajos de preparación y construcción que se describen a continuación:

III.1.11 Trabajos de preparación y construcción

En tubería enterrada:

- Levantamiento topográfico
- Limpieza
- Tendido de la tubería
- Colocación de soportería
- Trabajos de soldadura y pruebas
- Instalación de señalamientos
- Limpieza del terreno
- Trazo de obra
- Acarreos
- Aplicación de pintura y acabados

Para todas las áreas del proyecto:

- Limpieza, acarreo de material sobrante y desmantelamiento en caso de existir obras de apoyo.

Etapa de preparación del sitio y construcción.

En el sitio propiamente dicho donde se realizarán las obras de preparación del terreno y construcción del sistema de transporte de gas natural, no existen ejemplares de vegetación arbustiva que sea necesario remover, esto debido a que ya fue impacto previamente por el Parque.

Por lo anterior, para realizar los trabajos de preparación del sitio y construcción en una buena parte del trazo, únicamente se requiere excavar la zanja (de aproximadamente 0.8 a 1.20 metros de profundidad según sea el caso), y se requerirán actividades de ensamble y soldadura de la tubería.

La preparación del terreno tanto para la instalación de la tubería enterrada como para la conexión con las estaciones, principal (punto de interconexión), usuario y secundaria, se efectuará en aproximadamente 207 días, después de autorizado el tramo a trabajar.

A.1 Estaciones de Regulación y Medición de Gas Natural

La obra civil requerida para la *preparación del terreno* en el predio tanto en la ERM de interconexión (principal), como la ERM secundaria y la ERM del usuario, consistirán básicamente de:

Nivelación

El terreno donde el usuario y el parque pretendan colocar la estación y el terreno donde se encuentra la estación del punto de interconexión se analizarán para ver si se encuentra nivelado de forma adecuada, en caso contrario, se tendrá que realizar este punto. La estación de medición y regulación secundaria, así como la principal quedarán en un terreno ya impactado y probablemente en consecuencia ya nivelado.

Obra Civil

En el caso de las estaciones de regulación y medición, interconexión, secundaria y usuario, las tres serán construidas por el constructor contratado por Accesgas. Debido a que se trata de una obra nueva, el terreno donde se colocarán dichas estaciones, no presenta problema alguno para realizar los trabajos en el mismo, ni problemas de servicios.

El alcance de construcción, y de responsabilidad de la instalación inicia en la brida (entrada de ERM principal) que unirá la tubería con la brida de interconexión del sistema de gas por parte del sistema de CENAGAS y terminará en su conexión con las estaciones de regulación y medición secundaria y del usuario.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Cabe señalar, que la estación de regulación y medición que estará instalada en el interior del predio del usuario, Accesgas será responsable de su operación y mantenimiento, ya que es propiedad del mismo y formará parte del permiso ambiental correspondiente al sistema de transporte.

A.2 Tubería

Para el caso de la tubería, la obra civil requerida para la preparación del terreno consistirá en marcar la trayectoria del ducto. El sistema estará compuesto de los siguientes tramos:

Tabla 9 Longitud aproximada por tramos de tubería (en base a los planos de localización) Anexo 3

Tramo	Referencia	Longitud aproximada	Diámetro
A – B	De la interconexión a Estación de Regulación y Medición Principal.	0.088 Km	4" A/C Ced. 80
B – C	Del punto anterior a punto donde se realizará cruce con ducto de PEMEX.	0.072 Km	6" A/C Ced. 40
B – C	Del punto anterior a Estación de Regulación y Medición Secundaria (ERMS)	0.669 Km	6" A/C Ced. 40
C – D	De la ERMS a la ERM del Usuario	1.089 Km	6" PEHD 3408 SDR-11
	TOTAL APROXIMADO	1.918 Km	

El sistema estará compuesto de los siguientes tramos:

- Un ducto de 4" D.N. de acero al carbón cedula 80 de aproximadamente 0.088 Km como parte del ramal de interconexión
- Un ducto de 6" D.N. de acero al carbón cedula 40 de aproximadamente 0.741 Km como parte del ramal principal.
- Un ducto de 6" de Polietileno de alta densidad 3408 SDR-11 de aprox. 1.089 Km como parte del ramal principal.

Se está considerando una vida útil de la tubería de por lo menos 35 años.

Tabla 10 Características de diseño Gasoducto Principal

Características de diseño Gasoducto Principal

Parámetro	Sistema Internacional	Unidades Inglesas
Capacidad de diseño del sistema	169,920 m ³ (N)/Día	6,000 pie ³ (N)/Día
Máxima Presión permisible de operación (Presión de diseño)	4,137 kPa (AC) y 689.47 kPa (PE)	600 psig (AC) y 100 psig (PEHD)
Presión de Operación	689.47 a 2,068.27 kPa	100 a 300 psig
Clase de localización (Diseño)	3	3
Clase de localización (Operación)	3	3

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Tubería de 6" Acero al Carbon Cedula 40			
Longitud		741 metros	0.4604 millas (2,431.09 Ft)
Diámetro exterior		168.27 mm	6.625"
Espesor de pared		7.112 mm	0.280"
Tubería de 6" Polietileno de Alta Densidad 3408 SDR-11			
Longitud		1,089 metros	0.6766 millas (3,572.82 Ft)
Diámetro exterior		168.27 mm	6.625"
Espesor de pared		15.29 mm	0.602"
Condiciones Base			
Factor de eficiencia del flujo		0.92	0.92
Temperatura Base		298.15 K	77 °F
Presión base		1.0 atm	14.7 psig

Levantamiento Topográfico

En esta actividad, se deberá tener un conocimiento pleno de la sensibilidad del área al trazar el derecho de tendido de ductos.

Alojamiento

Debido a que todo el proyecto se encuentra alojado en su mayoría en zona rural, el ancho de Franja de Afectación (antes “derecho de vía”) será de 6 metros para tanto para el ducto de acero como para el de polietileno, ambos de 6”

Por definición, la Franja de afectación se refiere a un área de terreno que permite el acceso de la maquinaria y equipo, así como de los materiales, y es la auténtica plataforma de trabajo durante el tiempo que duren las obras y comiencen a llegar los materiales y la maquinaria necesaria para la realización de las siguientes fases de la obra.

Excavación

Se realizarán excavaciones a todo lo largo del tubo, ya que prácticamente el trayecto será de forma enterrada, desde la estación principal, hasta las estaciones previstas.

Manejo y Transporte de tubo

El tubo de acero (en tramos de 6 o 12 metros aprox. cada uno) será transportado por el contratista desde la bodega de almacenamiento hasta el área de instalación, en tráileres o camiones plataforma equipados con aditamentos de sujeción para tubería.

Los camiones se alinearán a lo largo de la zanja para que una grúa móvil descargue los tubos en el sitio, uno detrás de otro, siguiendo la línea de la trinchera y el trazo respectivo.



Figura 12 Transporte y manejo del tubo

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Alineado de la tubería

El tubo será alineado solamente sobre el piso durante los trabajos de soldadura. El contratista alineará los tubos uno detrás de otro, siguiendo la línea del trazo y construidos expofeso en los que irán colocados finalmente para su posterior soldadura, de manera que el gasoducto va tomando forma sobre la superficie del terreno y los tramos de soportería respectivos.

Tendido e instalación

El interior de las juntas en la tubería será cuidadosamente examinado para detectar la presencia de materiales extraños antes de la alineación para soldar. Tales materiales deberán ser removidos por medio de limpieza mecánica. Posteriormente, los extremos abiertos de las juntas del tubo deberán cubrirse para evitar la entrada de agua, patines de estiba, animales u otras obstrucciones que pudieran interferir con la limpieza final del ducto. Las cubiertas deberán sujetarse firmemente al tubo y no deberán removerse hasta que el tubo vaya a ser soldado.

Soldadura

Para la tubería de acero el diseño de los procedimientos y calificación de los soldadores se llevarán a cabo de acuerdo las especificaciones de la *API Standar 1104 "Standar for Welding Pipelines and Related Facilities"* (Estándar para soldar Gasoductos e Instalaciones Relacionadas), última edición, o la última edición del código *ASME Boiler and Pressure Vessel Code sección IX*. La calidad de la soldadura será determinada mediante pruebas no destructivas (radiografiado).

Inspección de la soldadura

La contratista ejercerá un control continuo del trabajo de soldadura e inspeccionará visualmente la calidad de todas las soldaduras. No se requieren caminos de acceso, debido a que lo largo del trayecto se cuenta con terracerías y pavimentación.

Para cubrir las necesidades fisiológicas de los trabajadores, se utilizarán los servicios sanitarios instalados para este fin en los tramos del trayecto donde se esté trabajando.

Se generarán descargas de aguas residuales, resultantes de pruebas de hermeticidad, debido a que por tratarse de un sistema de transporte de gas natural se requieren realizar pruebas hidrostáticas, sin embargo, por las características de la prueba, el agua debe ser neutra, libre de partículas suspendidas, óxido o cualquier otro contaminante; el agua utilizada en esta prueba será removida a través de pipas lo que no involucrará en ningún momento algún tipo de contaminación.

Accesorios y aditamentos:

Los tubos, válvulas, bridas y conexiones soldables serán de especificación conocida, cumplirán con los estándares y especificaciones de composición, fabricación y calidad enumeradas en la tabla de estándares aplicables.

Válvulas

Todas las válvulas utilizadas en el sistema de tubería serán fabricadas cumpliendo con la **NOM-007-SECRE- 2010 y NOM-003-SECRE-2011**. No se utilizarán válvulas de cobre o bronce.

A continuación, se lista la tubería, válvulas y accesorios preliminares que requiere la construcción del gasoducto.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Tabla 11 Accesorios del gasoducto

Descripción	Cantidad
Tubería de 4" D.N. de acero al carbón, cedula 80	88 m
Tubería de 6" D.N. de acero al carbón, cedula 40	741 m
Tubería de 6" Polietileno de Alta Densidad 3408 SDR-11	1,089 m

A.3 Hojas de Seguridad

La Hoja de Datos de Seguridad del gas natural elaborada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica, se integra como parte del presente documento y podrá consultarse en el Anexo. 4.

III. Condiciones de Operación

IV.1.1 Operación

El gasoducto principal de acero al carbón será diseñado y construido para tener una Presión Máxima Permisible de Operación (PMPO) de 4,137 KPa (42.18 Kg/cm², 600 psig). La presión normal de operación del ducto será de 2,068.42 KPa (21.09 kg/cm² ó 300 psig). El gasoducto ha sido diseñado para transportar una cantidad máxima de Gas Natural a las condiciones de Presión y Temperatura, de hasta por 15,000 MMBTU/día (424,800 m³/día).

El gasoducto de polietileno será diseñado y construido para tener una Presión Máxima Permisible de Operación (PMPO) de 689.47 KPa (7.03 Kg/cm², 100 psig). La presión normal de operación del ducto será de 689.47 kPa (7.03 kg/cm² ó 100 psig). El gasoducto ha sido diseñado para transportar Gas Natural a las condiciones de Presión y Temperatura, de hasta por 6,000 MMBTU/día (169,920 m³/día).

En la etapa de operación la función principal será la conducción del gas hacia terrenos del Parque Industrial Arco 57.

Para ducto de acero:

El consumo de gas total será de 7,080 m³/hr $Q_s = 7,080 \text{ m}^3/\text{hr}$

El consumo mensual será $Q_{\text{mensual}} = 5,097,600 \text{ m}^3$

El consumo de gas estimado en el inciso anterior corresponde a condiciones estándar, es decir a 15.6 °C y 1 atm. de presión absoluta.

El gas a la salida de la caseta para efectos de cálculo de caída de presión en su trayectoria se consideró a una presión regulada de 21.09 kg/cm² manométricos.

Para ducto de Polietileno:

El consumo de gas total será de 7,080 m³/hr $Q_s = 7,080 \text{ m}^3/\text{hr}$

El consumo mensual será $Q_{\text{mensual}} = 5,097,600 \text{ m}^3$

El consumo de gas estimado en el inciso anterior corresponde a condiciones estándar, es decir a 15.6 °C y 1 atm. de presión absoluta.

El gas a la salida de la caseta para efectos de cálculo de caída de presión en su trayectoria se consideró a una presión regulada de 7.03 kg/cm² manométricos.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

En lo que respecta al balance de materia y energía, este puede verificarse en el Diagrama de Flujo **DFP-PIA57** y su tabla incluidos en el Anexo 2.

Tabla 12 Balance de materia

No	Descripción de Corriente	Estado Físico	Flujo m ³ /hr / MPCSD	Presión Psig / Kg/cm ²	Temperatura °C / F
A	Desde el punto de interconexión con el gasoducto de 36" hasta ERYM principal	Gas	7,080 / 6,000	600 / 42.18	25.00 / 77.00
1	Del punto anterior a ERM Secundaria	Gas	7,080 / 6,000	300 / 21.09	25.00 / 77.00
2	De la ERM Secundaria a ERM del Usuario	Gas	7,080 / 6,000	100 / 7.03	24.49 / 76.08

IV.1.2 Temperaturas y Presiones de diseño y operación

En lo que respecta a las temperaturas y presiones que se manejarán a lo largo del sistema estas pueden verificarse en el Diagrama de Flujo DFP-PIA57 y su tabla correspondiente incluidos en el Anexo 2.

El gas fluirá a través de la red descrita hasta la estación secundaria y la del usuario, donde se regulará la presión hasta obtener la necesaria para atender sus necesidades.

La estación de regulación en la planta del usuario y la estación secundaria contarán con una válvula de seguridad y un regulador de respaldo.

Estado físico de las diversas corrientes del proceso.

A lo largo de todo el sistema de suministro de Gas Natural a los equipos correspondientes, este permanecerá en estado gaseoso, como puede verse en el DFP-PIA57 en el Anexo 2.

IV.1.3 Características del Régimen Operativo de la Instalación (continuo o por lotes).

El régimen operativo del "Sistema de Transporte de Gas Natural" se considera continuo a lo largo de todo su recorrido, sin embargo, el área operativa a la que lleva el suministro puede tener variaciones a este respecto dependiendo de la Filosofía Operacional del usuario y del Parque Arco 57.

Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) con base en la ingeniería de detalle y con la simbología correspondiente

Para este caso y debido a el tipo de instalación la cual es de servicios, no se realizó una ingeniería de detalle que incluya un Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI), sin embargo, se cuenta con los planos de localización, los cuales en conjunto con el Diagrama de Flujo **DFP-PIA57** servirán para verificar las condiciones de transporte y especificaciones de material respectivas, estos planos se encontrarán en el Anexo 2.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

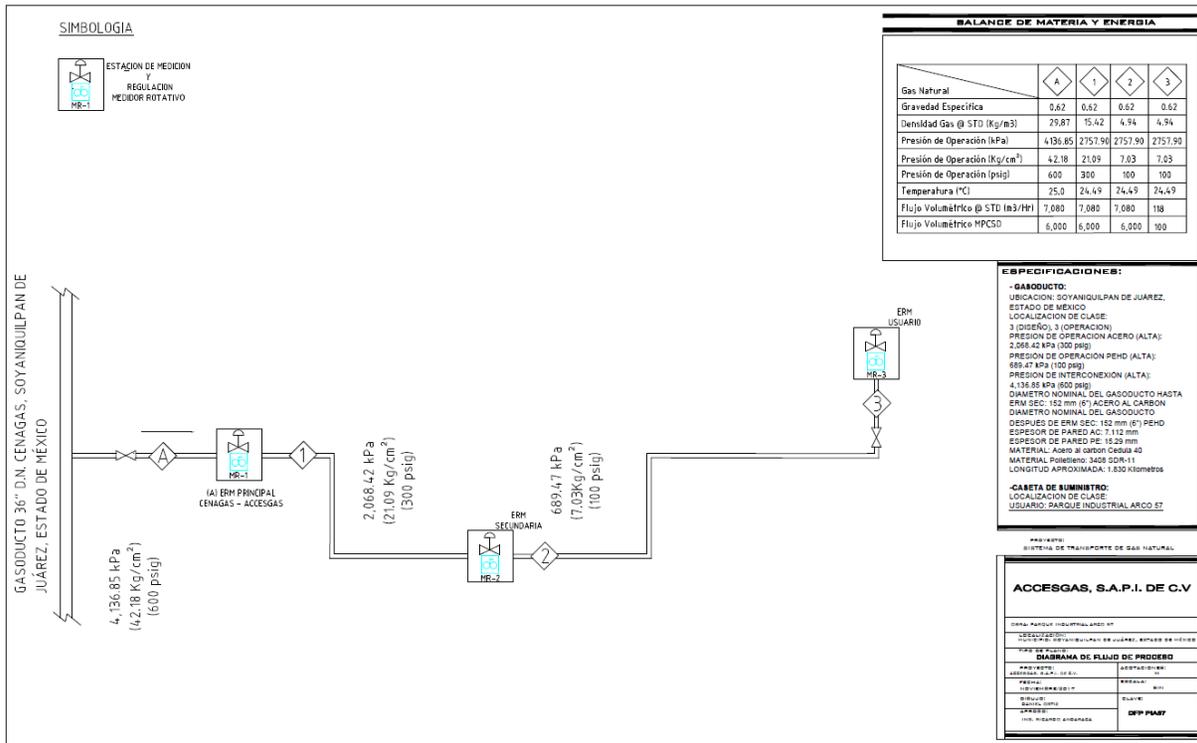


Figura 13 Diagrama de flujo del proceso

IV.1.4 Pruebas de Verificación

Mantenimiento

Cada segmento del sistema de tubería que se vuelva inseguro será reemplazado, reparado o retirado de servicio. Las fugas deberán ser reparadas de inmediato, o bien reemplazar el segmento dañado.

La red contará con una inspección rutinaria y continua por parte del personal de mantenimiento a cargo. Sin embargo, deberá cumplir con los siguientes requerimientos adicionales:

Vigilancia e Inspección:

El fin de los trabajos de inspección, es el de comprobar que se mantienen las condiciones originales del proyecto y de las instalaciones. Para ello se efectuarán recorridos de inspección en forma periódica, elaborando los reportes correspondientes.

1. Se contará con un programa de inspección visual de las instalaciones, el cual involucra verificar la correcta operación de los sistemas y dispositivos de seguridad de la instalación eléctrica y conexiones, posible manipulación peligrosa, o evidencia de daños en las instalaciones, y acciones de terceros sobre las tuberías.
2. Se realizará una inspección que coincida con la vigilancia del usuario y del Parque Industrial Arco 57 para asegurarse de que existen marcadores (señalamientos) adecuados, visibles y en buen estado a lo largo de la trayectoria de la tubería.

Para garantizar el buen funcionamiento del equipo e instalaciones, durante la operación del sistema se contempla realizar las siguientes acciones:

1. Seguir las instrucciones del Manual de Operación y Mantenimiento de la red, además de las recomendaciones del fabricante del equipo e instalaciones en general.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

2. Se dará mantenimiento a válvulas, reguladores y equipo en general, llevando un registro de las fallas detectadas señalando su localización, causas y tipo de reparación efectuada.
3. Se realizarán trabajos de limpieza y deshierbe en cercas perimetrales y puertas de acceso, de tal manera que el acceso a las instalaciones siempre esté en óptimas condiciones.
4. Se mantendrá en óptimas condiciones la protección anticorrosiva de las instalaciones superficiales y la tubería, corrigiendo cualquier daño mediante el uso de pintura anticorrosiva.
5. Anualmente deberá realizarse un examen de los requerimientos de capacidad de cada sistema o segmento de sistema para asegurarse de que se cumple con el criterio de seguridad establecido.

Reparación:

En este caso se contemplan métodos de reparación específicos para cada caso, en los cuales se indican las precauciones que deben tomarse en cuenta, las prohibiciones al realizar un tipo de reparación en particular, las pruebas que deben realizarse antes de proceder a la reparación con el fin de evitar posibles accidentes, las inspecciones a realizar después de la reparación y los estándares para aceptar la reparación. Para garantizar esto se tiene considerado lo siguiente:

1. Efectuar las reparaciones según el procedimiento aprobado, empleando exclusivamente personal calificado para ese tipo de trabajo.
2. En el caso de los soldadores, deberán contar con pruebas de calificación por lo menos dos veces al año, para garantizar que realizan su trabajo de manera adecuada.
3. En todos los casos se seguirán las técnicas de reparación establecidas y aprobadas por la empresa.
4. Se apegará a los procedimientos de reparación marcados en las normas internacionales.
5. Se informará al personal y autoridades de atención a emergencias con toda oportunidad si se detecta una fuga o daño en las instalaciones que pudieran poner en peligro su salud.

Con el fin de permitir la correcta operación del sistema de conducción de gas, se establecerán planes y programas que cubrirán los aspectos de operación, inspección, mantenimiento y reparación del sistema, contemplados en la **NOM-007-SECRE-2010** y la **NOM-003-SECRE-2011**.

Inspecciones

Se realizarán inspecciones visuales de rutina en el equipo y la red de acuerdo a los procedimientos operativos marcados en el manual de operación y mantenimiento. Se deberá comprobar la medición de flujo y la presión de ajuste de los reguladores a los equipos finales, en este caso la ERM secundaria y la estación de regulación y medición del usuario.

Asimismo, se deberá verificar el estado físico de la tubería, de su pintura, y las uniones roscadas o con bridas.

Inspección de fugas

Las inspecciones de fugas serán realizadas acorde con el manual de operación y mantenimiento en todos los sistemas de la red.

Las inspecciones emplearán uno o más de los siguientes procedimientos para identificar fugas subterráneas:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

1. Inspección con Detector de gas
2. Prueba de jabón en tubos y conexiones expuestas

Los señalamientos de la tubería serán inspeccionados durante la vigilancia; cualquier señalamiento dañado, gastado o perdido debe ser reemplazado durante la siguiente inspección o antes si es posible.

Inspección de válvulas

Serán inspeccionadas las **válvulas de bloqueo** al menos **cada año** para comprobar su accesibilidad y asegurar su adecuado funcionamiento. De preferencia, la inspección de válvulas será realizada en forma simultánea con la inspección de fugas.

Todas las inspecciones de válvulas deberán asegurar la instalación y protección adecuada contra polvo, líquidos o condiciones que puedan afectar en forma adversa la operación.

Reparaciones

Cualquier parte dañada o deteriorada de una tubería deberá ser reparada tan pronto como sea posible. Asimismo, todas las fugas deberán ser reparadas inmediatamente.

Si ocurre algún tipo de daño, además de fuga, en una tubería, la presión deberá ser reducida hasta un nivel seguro hasta que pueda programarse la reparación necesaria. Si la presión no puede reducirse, entonces la parte dañada deberá ser reparada inmediatamente.

Las reparaciones deberán hacerse retirando la parte dañada y reemplazándola con una tubería de resistencia similar o mayor. Todas las reparaciones que requieran soldadura deberán realizarse mediante un soldador certificado de acuerdo con API estándar 1104. En todo momento, el personal que realice los trabajos de reparación y de supervisión deberá tener conocimientos de los riesgos a que puede estar expuesto.

Control de la Corrosión.

Dentro del programa de mantenimiento, mensualmente se revisa el estado de la pintura de las estaciones de regulación y medición, del tramo del punto de interconexión y del gasoducto principal.

Etapa de Abandono

En condiciones normales de operación y mantenimiento, y con base en la demanda de gas natural en la industria regional y nacional, se estima que esta etapa no aplica para el proyecto en cuestión.

IV.1.5 Procedimientos y Medidas de Seguridad

Descripción de las medidas, equipos y dispositivos de seguridad

La reducción de riesgos comienza con el diseño del sistema del gasoducto. Como mínimo, deberán observarse estrictamente todos los códigos, las reglamentaciones y las leyes mexicanas. Durante el proceso del diseño del sistema deben tenerse en cuenta varios factores, entre los cuales se destacan los siguientes:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

- Especificaciones para la tubería, tales como la de Resistencia a la Cedencia (SMYS), capacidad de conducción y la de Máxima Presión de Operación (MAOP), inclinación, espesor de las paredes, resistencia a la fractura, recubrimiento, soldabilidad, fatiga y vida útil
- Sobrepresión y control de la velocidad del gas
- Condiciones climáticas y de suelos
- Factor de vientos y actividad sísmica de la zona
- Densidad de la población
- Profundidad a la cual va enterrado el ducto
- Espaciamiento entre válvulas
- Procedimientos e inspecciones de calidad

De acuerdo con la **NOM-007-SECRE-2010**, el Sistema de Transporte deberá cumplir con los requisitos siguientes:

Componentes

- Para el seccionamiento o corte de flujo de gas natural en un sistema, se deben utilizar válvulas para gas natural de cierre rápido, que soporten la presión de diseño, de acuerdo con la normatividad aplicable.
- Se deben usar válvulas para gas natural del tipo cierre rápido de un cuarto de vuelta donde se tenga una línea de desvío o puenteo que soporten la presión de diseño.
- Las válvulas para gas natural de cierre rápido de un cuarto de vuelta se deben localizar en lugares de fácil e inmediato acceso que permitan su operación en casos de emergencia.
- Cuando se instalen manómetros, éstos deben ir precedidos de una válvula de bloqueo.
- Las bridas y accesorios bridados que se instalen deben satisfacer los requisitos mínimos de temperatura y presión de diseño del sistema de transporte.

IV.1.6 Protección Contra Corrosión

- Los tubos de acero negros, conexiones, accesorios y componentes de la instalación, enterrados, sumergidos y sobre el piso; se deben proteger contra la corrosión con recubrimientos adecuados al medio. Dicho recubrimiento debe cumplir con los requisitos de las normas aplicables, entre otros, los siguientes:
 - a) Adherencia con las superficies metálicas y entre las capas intermedias;
 - b) Resistencia al agrietamiento;
 - c) Resistencia mecánica para soportar daños propios de su aplicación, y
 - d) Resistividad eléctrica alta.
- En caso de requerirse, las tuberías de acero enterradas y/o sumergidas deben tener protección catódica de acuerdo con lo establecido, Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas, de la Norma NOM-007-SECRE-2010, Transporte de Gas Natural.

IV.1.7 Reguladores de Presión

- Los reguladores de presión deben instalarse precedidos de una válvula de corte de operación manual.
- En instalaciones residenciales, incluidos los edificios, los reguladores con válvula de alivio se deben localizar en el exterior.
- La capacidad y ajuste de cada regulador de presión debe ser la apropiada al servicio que presten.
- Los reguladores instalados en recintos cerrados que operen a una presión mayor a 34 kPa, la ventila de éstos deberá de dirigirse al exterior.
- Se debe llevar a cabo un programa continuo de inspección y reparación de reguladores para garantizar una operación segura y eficiente de estos equipos. La capacidad y el tamaño del regulador son los parámetros que se deben considerar en la frecuencia de las inspecciones y el

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

grado de mantenimiento requerido. El mantenimiento para los reguladores de gran capacidad en instalaciones industriales, se debe hacer en forma permanente, de conformidad con lo establecido en el programa de mantenimiento preventivo de la instalación. La revisión de estos reguladores consiste en verificar si existe alguna fuga en su diafragma y observar si hay escape de gas a través de la ventila.

Medidas Preventivas o Programas de Contingencias que se Aplicarán, Durante la Operación Normal de la Instalación o Proyecto, para Evitar el Deterioro del Medio Ambiente (sistemas anticontaminantes)

Etapa de Operación

- Se contará con un **Plan de Atención a Emergencias** que se implementará durante la ejecución de los trabajos.
- Supervisar la correcta implementación del sistema de detección de fugas, de tal manera que se minimice el tiempo de respuesta para evitar daño.
- No exceder la presión de operación establecida para evitar fracturas en las líneas que conduzcan a situaciones de peligro al ambiente o a las instalaciones.
- Cumplir cabalmente con las actividades incluidas en el Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema, así como revisarlo anualmente por medio de una Unidad de Verificación acreditada por la Comisión Reguladora de Energía.
- Iniciar una bitácora de accidentes y/o fugas en caso de que se presenten en el gasoducto para aplicar posteriormente un programa específico que ataque, evite eventos y consecuencias no deseadas.
- Monitoreo continuo, inspección y limpieza de las instalaciones exteriores, tales como estaciones de regulación y medición, y sus equipos (medidores, reguladores, filtros, etc.)
- Capacitar al personal para que opere en forma correcta los dispositivos manuales de control, conozca los caminos de acceso y los fundamentos básicos de operación de las instalaciones que se encuentran en el área del proyecto y así evitar al máximo errores humanos de operación.
- Será indispensable llevar a cabo supervisión periódica de la trayectoria para evitar invasión al área de alojamiento y evitar también que se realicen trabajos con maquinaria pesada sobre el trayecto del gasoducto.
- Revisión y reposición (en caso de requerirse) de los señalamientos que indican la trayectoria a lo largo del recorrido del gasoducto, contemplando que se mencione el tipo de producto manejado y los teléfonos para comunicarse en caso de emergencia.
- Incluir la instalación y su administración integral al Sistema de Administración Ambiental (SAA) de la planta de usuario y del PIA57, el cual es una herramienta que sustenta la gestión ambiental para mejorar el desempeño en el manejo de datos ambientales y la implantación de programas de manejo del ambiente; es capaz de administrar información sobre aspectos productivos, ambientales, socioeconómicos y normativos, en el espacio geográfico del proyecto y en diversos formatos para atender los requerimientos específicos de la empresa.
- La empresa transportista del hidrocarburo, tomara las medidas preventivas y de control para evitar:
 - Incendios, emisiones y/o descargas de cualquier naturaleza, que pudieran
 - Ocasionar daños a los ecosistemas circundantes al sitio de trabajo, así como a la propiedad de terceras personas.
- El transportista será el responsable de los daños que se lleguen a ocasionar como consecuencia de una ejecución mal planeada o derivada de maniobras, descuidos, secuelas o problemas que generan otro tipo de contaminación a la que se pretenda eliminar o que

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

incremente los daños ecológicos ya existentes o que repercutan en daños materiales a instalaciones, áreas superficiales o subterráneas aledañas

- La empresa deberá presentar un plan de contingencias ambientales que se implementará durante la ejecución de los trabajos.

Plan Integral de Seguridad en Instalaciones Industriales

El usuario de una instalación industrial debe tomar las medidas de prevención sobre dicha instalación, para disminuir la probabilidad de ocurrencia de un siniestro. Las medidas deben incluir como mínimo los puntos siguientes:

- a) Actualización de los planos para la localización precisa de la instalación, de las válvulas de seccionamiento, sistemas de regulación y medición, y sus componentes;
- b) Capacitación de los trabajadores en aspectos de seguridad en la operación y mantenimiento del Sistema de Transporte de Gas Natural (STGN);
- c) Mantenimiento preventivo al sistema, incluyendo la protección catódica de las tuberías de acero enterradas (punto de interconexión a estación de regulación y medición principal).
- d) Detección de fugas mediante la revisión detallada del sistema de una manera sistemática y documentada, de conformidad con lo establecido en la NOM-007-SECRE-2010.
- e) Elaboración e instrumentación de procedimientos para el trabajo en líneas vacías y vivas para la supresión y reparación de fugas.

Operación y Mantenimiento de las Instalaciones Industriales

- Cuando se operen tuberías que contienen o han contenido gas, se debe observar lo siguiente:
 - a) No se permite fumar, tener flamas abiertas o cualquier otra fuente de ignición. Se deben usar linternas que sean a prueba de explosión;
 - b) En caso de requerirse corte, éste se debe hacer con equipo mecánico y se debe aterrizar la tubería en ambos lados del corte, se debe asegurar que no exista una mezcla explosiva en el área de trabajo utilizando el equipo de detección adecuado;
 - c) Se debe revisar el potencial eléctrico de la tubería de acero y desconectar la fuente de corriente antes de hacer algún trabajo en la línea. Cuando se trate de tubería de polietileno se debe prever la eliminación de corrientes estáticas, en este caso aplica.
 - d) Antes de proceder a soldar o cortar la tubería se debe cerrar todas las válvulas de suministro, purgar la línea y ventilar el área de trabajo;
 - e) Se puede realizar trabajos en línea viva para la supresión y reparación de fugas, si se cuenta con personal calificado, procedimiento y equipo diseñado para este fin, y
 - f) En caso de requerirse iluminación artificial para realizar trabajos, se deben utilizar lámparas e interruptores a prueba de explosión.
- Descripción del contenido del manual de operación.
El sistema de transporte debe contar con un manual de operación y mantenimiento en el que se describan detalladamente, los procedimientos que se llevan a cabo en el mismo.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

El manual de operación y mantenimiento debe estar disponible a la autoridad competente y mantenerse actualizado. El manual debe contener, como mínimo lo siguiente:

- a) Descripción de los procedimientos de operación y mantenimiento del sistema durante la puesta en operación, operación normal y paro;
- b) Identificación de los puntos que presenten el mayor riesgo para la seguridad pública;
- c) Programa de inspecciones periódicas para asegurar que el sistema cumple con las condiciones de diseño;
- d) Programa de mantenimiento preventivo que incluya los procedimientos y los resultados de las pruebas e inspecciones realizadas en el sistema (bitácora de operación y mantenimiento), y
- e) Capacitación al personal que ejecuta las actividades de operación y mantenimiento para reconocer condiciones potencialmente peligrosas que estén sujetas a la presentación de informes a la autoridad competente

Área de Seguridad:

- Será necesario establecer cursos intensivos de capacitación, entrenamiento de personal y elaboración de simulacros.
- Generar las alianzas necesarias con el distribuidor de molécula, los operadores del sistema y las autoridades locales de atención a emergencias, así como la promoción de un Comité Local de Ayuda Mutua con las empresas vecinas y localidades cercanas.
- Cumplir cabalmente con un **Programa de Prevención de Accidentes**, en el que se considere Educación Pública, Capacitación interna y Externa, Simulacros, comunicación con autoridades, etc. Los riesgos en general pueden reducirse aún más mejorando continuamente el mantenimiento, inspección y **auditorias de seguridad y ambiental tanto internas y externas**, lo que es recomendable incluir en los procedimientos normales de la empresa.
- Los riesgos de fugas por rotura o golpe al gasoducto por algún agente externo, se podrían reducir y hasta eliminar si se concientiza a la gente que transite cerca de las instalaciones, sobre los peligros que implica la invasión al Derecho de Vía y a la realización de trabajos en forma irresponsable. Para ello es necesario informar a estas personas mediante pláticas, señalamientos y boletines, sobre qué hacer en caso de que se presente un accidente y cómo actuar con prontitud de acuerdo al Plan de Emergencia del Gasoducto.
- Informar a la comunidad, a las autoridades municipales, estatales y federales sobre los horarios de operación y los riesgos del sistema, así como la coordinación de acciones de emergencia ante un siniestro.
- Implantar rigurosamente los planes y programas de capacitación, seguridad, inspección, controles de operación, vigilancia, etc., de tal forma que se garantice un involucramiento total de los recursos humanos, al esquema de seguridad.
- Contar con un número de atención a emergencias, en un tarjetón protegido por la humedad, el cual deberá colocarse en lugares estratégicos y que se difunda perfectamente bien entre las autoridades locales y estatales, así como las comunidades vecinas del gasoducto.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

- Realizar un Programa para la Prevención de Accidentes, de acuerdo con las guías de la ASEA, SEMARNAT y la CRE.

IV. Análisis y Evaluación de Riesgos Antecedentes de Accidentes e Incidentes

VI. Antecedentes de accidentes e incidentes.

El proyecto consiste en el diseño, construcción, puesta en marcha y operación de un Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro de este hidrocarburo al Parque Industrial Arco 57 (PIA57), el proyecto se encuentra ubicado en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, en el Estado de México

Este sistema se encontrará instalado en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, donde se encontrará la estación de medición y regulación principal del punto de interconexión custodiado por CENAGAS, hasta la planta de un usuario ancla, desde la zona Este de la planta donde se encontrará instalada la Estación de Regulación y Medición dentro del mismo predio, y este usuario se encontrará dentro del Parque Industrial Arco 57 en donde de igual manera se localizará una estación de regulación y medición secundaria.

Para la identificación de los probables tipos de riesgo se consideraron las características de la línea propuesta; un grupo multidisciplinario analizó la trayectoria y diagramas de tubería e instrumentación del sistema de transporte del combustible. Los criterios de selección para la metodología utilizada para la evaluación de riesgo fueron los siguientes:

- Estadísticas de clasificación de incidentes en ductos por componentes del sistema.
- Distribución típica de las causas de fallas.

La identificación de riesgos del ducto se llevó a cabo seleccionando unidades del sistema, en base a lo anterior fueron considerados las siguientes categorías de eventos:

- Defectos de construcción y/o materiales;
- Fallas humanas durante la operación;
- Fuerzas externas/desconocidas;
- Daño por fuerzas naturales; y
- Corrosión.

Los componentes del sistema considerados:

- Conexión con punto de interconexión con CENAGAS;
- Cuerpo de tubería de la instalación;
- Materiales de construcción.

Por su ubicación:

- Cruce o cercanía con la población
- Cercanía a instalaciones industriales existentes
- Inicio de operación (vida útil)
- Antecedentes de fugas
- Relación de accidentes industriales

A continuación, se presenta una breve descripción de los métodos empleados.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Análisis Histórico de Accidentes

El análisis histórico de accidentes es un método del tipo cualitativo, el cual consiste en estudiar algunas estadísticas de accidentes importantes registrados en el pasado en sistemas similares o con productos idénticos o de la misma naturaleza. Su análisis permite percibir el perfil cualitativo del tema objeto del presente texto: análisis, prevención y mitigación de los accidentes en la industria (Storch de Gracia, 1998).

Se basa en informaciones de procedencia diversa:

- Bibliografía especializada (publicaciones periódicas y libros de consulta).
- Bancos de datos de accidentes informatizados (tal es el caso de la información proporcionada por la Dirección General de Protección Civil, el Centro Nacional de Prevención de Desastres y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente).
- Registro de accidentes de la propia empresa, de asociaciones empresariales o de las autoridades competentes.
- Informes o peritajes realizados normalmente sobre los accidentes más importantes.

El ámbito de aplicación de esta metodología observa una utilidad, principalmente, para el establecimiento de posibles riesgos en un sistema como el que manejamos en el proyecto; además, sirve para hacer una aproximación cuantitativa de la frecuencia de determinados tipos de accidentes, en caso de disponerse de una base estadística suficientemente representativa.

La principal ventaja en el uso de esta metodología de análisis de riesgo ambiental, es que el establecimiento de una hipótesis de accidentes se basa en casos reales.

De esa forma, a continuación, se procede al planteamiento y desarrollo del análisis histórico de accidentes, tomando como marco de referencia los siniestros acontecidos tanto internacional como nacionalmente, conforme los siguientes puntos:

Marco General.

Las actividades petroleras como el transporte de sustancias a través de ductos, como todo proceso industrial tiene cierto margen de riesgo que puede estar vinculado a manifestaciones de eventos no deseados como incendios o explosiones (derivados de fugas e ignición de la sustancia transportada) y otros factores como los siguientes:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

- a) Inadecuado control de calidad de los componentes mecánicos del sistema de operación tales como bridas, empaques en válvulas y en los puntos de inicio y final.
- b) La frecuencia, continuidad y características de los programas de verificación y mantenimiento preventivo y correctivo.
- c) La eficiencia y rapidez de respuesta para el control de emergencias, de acuerdo a los planes de Seguridad Industrial y Protección Ambiental.

En lo referente al control de calidad de los componentes mecánicos del sistema de operación, esto representa para el proyecto en estudio un abatimiento del nivel de riesgo muy importante, debido a que la mayor parte de los materiales manejados en la industria del transporte de hidrocarburos, han demostrado cumplir con los estándares de calidad más importantes establecidos por la Internacional Standard Organization (ISO), lo que generalmente resulta en nulas fallas en materiales y equipos de operación.

Debido a que Accesgas operará este sistema, estará atento a realizar con frecuencia, y continuidad los programas de verificación y mantenimiento preventivo y correctivo, así como una oportuna y eficaz atención y respuesta para el control de emergencias a partir de la implementación de programas de Seguridad Industrial y Protección Ambiental y/o con la adopción de estándares de calidad cada vez más exigentes; sin embargo, pudieran persistir problemas, aunque en pequeña proporción, lo que provoca que existan factores extrínsecos a las labores y actividades de operación que pudieran derivar en problemas de accidentes.

A pesar de que la industria petrolera tiene un registro de accidentes inferior al de otras actividades industriales, ésta es considerada de alto riesgo. Para el caso de nuestro país, los accidentes mayores como las explosiones de varios contenedores con gas L. P. el 19 de noviembre de 1984 en San Juan de Ixhuatepec y las explosiones ocurridas en Guadalajara el 23 de abril de 1992, y en el Distrito Federal el 29 de enero de 2015, pusieron de manifiesto el alto grado de consecuencias derivadas de las manifestaciones del riesgo implícito que lleva este tipo de operaciones y manejos industriales.

La European Pipeline Incident Data Group ha publicado la frecuencia de fugas en tuberías por cada 10,000 Km/año; la mayor de ellas se refiere a un orificio pequeño de diámetros equivalentes entre 3.17 mm (0.12") y 12.7 mm (0.50"); un orificio mediano es mayor a 12.7 mm (0.50") y hasta 38.10 mm (1.50") y la ruptura es mayor a un diámetro equivalente a 38.10 mm (1.50") y hasta la ruptura total de los ductos.

Tabla 13 Estadísticas de eventos

Causa	Frecuencia por 10 000 Km. por año				%	
	Orificio pequeño	Orificio mediano	Ruptura		Total	
Interferencias externas	0.70	1.70	0.50	2.90	50.43	
Defectos de	Construcción	0.70	0.30	0.10	1.10	19.13
	Corrosión	0.80	0.02	0.00	0.82	14.26
Movimientos de Tierra	0.10	0.12	0.12	0.34	5.91	
Error en una interconexión	0.20	0.06	0.00	0.26	4.52	
Otros	0.30	0.03	0.00	0.33	5.75	
Total	2.80	2.23	0.72	5.75	100.00	

Basándose en el comportamiento de oleoductos y gasoductos en Alberta, Canadá de 1983 a 1992, el rango anual de accidentes por falla fluctúa entre 0.6 y 3 por cada 1000 Km/año, con un

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

rango representativo de accidentes del orden de 1 por cada 1000 Km/año (1×10^{-3} por Km/año). Mencionando que los datos estadísticos se estiman para su representatividad por contar con una estructura de 100,000 Km. de gasoductos y 25,000 Km de oleoductos. Con una mayor aproximación se indica que el 85% de todas las fallas son fugas y el 15.0% son rupturas; señalando con esto que una fuga es comparable con categoría de fuga pequeña, y la ruptura es comparable con la categoría de fuga grande o ruptura total. Por lo tanto, la indicación representativa para fallas es la siguiente:

Tabla 14 Tipos de fallas

Rango	Tipo de falla
8.5×10^{-4} por Km /año	Para fugas pequeñas
1.5×10^{-4} por Km /año	Para fugas grandes o rupturas

En términos de la dimensión del orificio y de acuerdo con datos del Symposium “Control de Riesgos en Ductos de Transporte de Gas” presentado por G.D. Fearnhugh en 1995, se tiene lo siguiente:

Tabla 15 Distribución relativa de dimensiones de orificios

Dimensión del orificio	Distribución relativa
Menor a 20 mm	87 %
De 20 a 80 mm	10 %
Mayor de 80 mm	3 %

Los datos anteriores son similares a los valores presentados en Alberta, Canadá de 1993 a 2002, lo que nos presenta los siguientes valores representativos con respecto a fugas para oleoductos y gasoductos:

Tabla 16 Frecuencia y modo de fallas

Modo de falla	Frecuencia Km/año
Fuga pequeña	8.7×10^{-4}
Fuga grande	1.0×10^{-4}
Ruptura	0.3×10^{-4}

Por otro lado, los antecedentes de incidentes en ductos reportados en los EE.UU. proporcionan pautas para evaluar estos peligros. Los datos totales de incidentes, rupturas y derrames, para el periodo desde mediados de 1984 hasta 1989 (Asociación Americana de Gas, 1990) están resumidos en la tabla 1. Tal como se indica en esta tabla, las fuerzas externas y la corrosión son los dos peligros más significativos para los ductos de transporte de gas. Menos significativo es el efecto de los peligros naturales y el fuego. Los datos reportados de 1984 a 1989 respecto a descomposturas o averías debido a fuerzas externas y causas de corrosión son los mencionados con mayor detalle. Estos datos indican que la construcción cercana al DDV o el uso de equipo de movimiento de tierras causan el 89% de los incidentes debidos a fuerzas externas para los gasoductos continentales, mientras que las causas restantes se relacionan a peligros naturales y "Otros". Los datos adicionales también indican que más de la mitad de los incidentes, en los gasoductos continentales están relacionados con la corrosión externa.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Tabla 17 Porcentaje de incidentes, rupturas y fugas según la causa

Causa	Incidente	Rupturas	Fugas
Fuerzas Externas	39	30	34
Corrosión	23	37	30
Materiales Defectuosos	9	14	9
Defectos de Construcción	6	6	8
Otros	23	12	19

Más de un tercio de las causas incluidas en "Otros" son debido a incendios. Las causas restantes son dispersas y forman solo una pequeña parte del total. Los peligros previstos para el proyecto pueden resumirse como sigue:

- Fuerzas externas (construcción o uso de equipo de movimiento de tierra).
- Peligros naturales (terremoto, inundación, asentamiento diferencial).
- Corrosión

Estadística General de Accidentes:

Conforme datos publicados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en su página electrónica de internet (www.profepa.gob.mx), el análisis estatal y anual de accidentes en la República Mexicana, para el período 2000 - 2014, presenta la siguiente estadística:

Tabla 18 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA

Estado	Año															Total		Acumulado
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Eventos	%	(%)
Veracruz	143	83	71	94	118	85	63	65	44	46	45	57	90	76	123	1205	15.88	15.88
Tabasco	98	93	92	60	65	63	46	59	26	29	9	12	20	24	95	791	10.42	26.30
Tamaulipas	10	33	30	41	44	32	44	44	58	36	23	22	34	42	63	556	7.33	33.62
Guanajuato	31	34	6	14	6	9	11	16	24	26	25	14	33	53	237	539	7.10	40.72
Campeche	39	41	41	48	116	38	5	10	2	4	2	6	6	5	12	375	4.94	45.67
México	25	19	19	21	8	23	15	11	14	12	21	17	35	51	59	350	4.61	50.28
Oaxaca	18	19	17	19	18	23	29	22	24	19	16	21	30	21	29	325	4.28	54.56
Puebla	12	16	20	30	11	19	8	7	7	22	20	28	25	23	62	310	4.08	58.64
Nuevo Leon	18	21	25	4	7	5	16	9	14	20	25	24	30	28	35	281	3.70	62.35
Sonora	13	15	4	6	13	15	10	18	12	4	9	20	55	29	37	260	3.43	65.77
Chiapas	21	21	32	20	13	21	13	18	14	12	8	4	13	3	9	222	2.92	68.70
Jalisco	19	8	5	8	2	13	11	11	7	11	18	13	30	24	38	218	2.87	71.57
Hidalgo	22	20	13	8	8	11	8	7	9	9	8	16	17	22	32	210	2.77	74.33
Distrito Federal	14	3	4	7	16	19	11	9	6	12	9	13	15	34	34	206	2.71	77.05
Chihuahua	4	8	3	0	1	6	13	13	12	8	10	20	24	29	35	186	2.45	79.50
Coahuila	25	19	12	9	7	6	7	5	6	14	8	18	15	10	10	171	2.25	81.75
Baja California	7	10	10	2	2	4	5	11	2	6	7	20	23	23	17	149	1.96	83.72
Michoacán	11	14	13	11	7	3	7	6	6	6	12	9	15	10	13	143	1.88	85.60
San Luis Potosi	11	16	17	13	2	17	2	8	7	7	5	9	8	8	9	139	1.83	87.43
Querétaro	9	3	5	6	6	1	6	9	7	11	10	11	13	10	27	134	1.77	89.20
Sinaloa	6	5	9	3	2	2	2	5	4	3	4	13	16	21	34	129	1.70	90.90
Zacatecas	2	4	3	3	1	8	4	10	5	9	15	11	15	13	22	125	1.65	92.54
Yucatán	3	5	2	7	7	2	4	5	6	7	4	8	13	8	8	89	1.17	93.72
Durango	5	10	4	3	5	9	1	9	4	0	3	4	8	5	8	78	1.03	94.74
Morelos	8	1	1	2	5	1	4	4	5	7	4	5	4	8	6	65	0.86	95.60
Tlaxcala	6	7	1	0	1	6	4	4	1	2	1	8	7	6	10	64	0.84	96.44
Guerrero	2	3	0	5	4	2	2	1	6	7	3	8	3	5	6	57	0.75	97.19
Baja California Sur	0	5	0	3	0	0	0	1	6	4	7	8	6	6	4	50	0.66	97.85
Aguaascalientes	4	5	3	1	1	1	1	0	3	8	3	2	2	2	7	43	0.57	98.42
Colima	2	0	2	2	4	4	4	2	4	5	1	0	3	2	8	43	0.57	98.99
Nayarit	5	3	1	4	0	4	3	3	2	0	0	3	5	3	5	41	0.54	99.53
Quintana Roo	3	0	3	0	2	3	3	3	3	2	4	2	5	2	1	36	0.47	100.00
Total	596	544	470	454	502	455	362	405	350	368	339	426	618	606	1095	7590	100.00	
Eventos / Día	1.63	1.49	1.29	1.24	1.38	1.25	0.99	1.11	0.96	1.01	0.93	1.17	1.69	1.66	3.00	1.39		

Puede observarse que el Estado de México, se encuentra registrado en la 6ª posición con respecto a la incidencia de accidentes y los años con más eventos (17 – 59) fueron desde 2011 a 2014.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

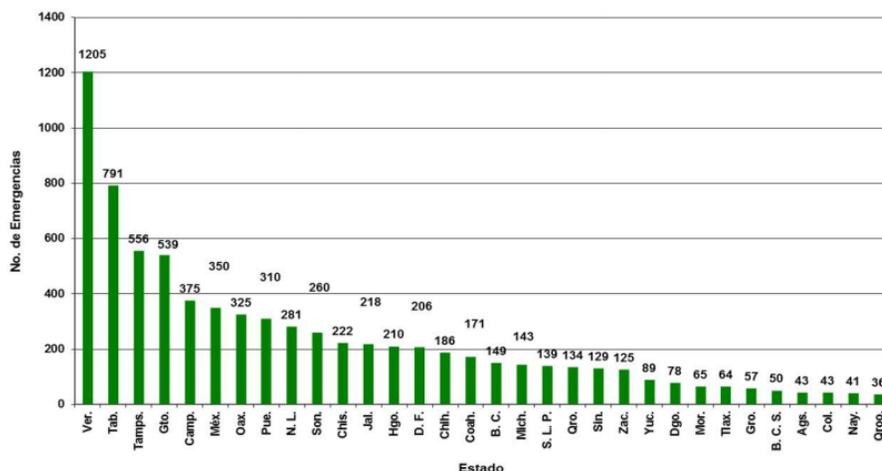


Figura 14 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA

De los accidentes reportados, en el período 1998 – 2009, la PROFEPA establece que las principales sustancias involucradas, son:

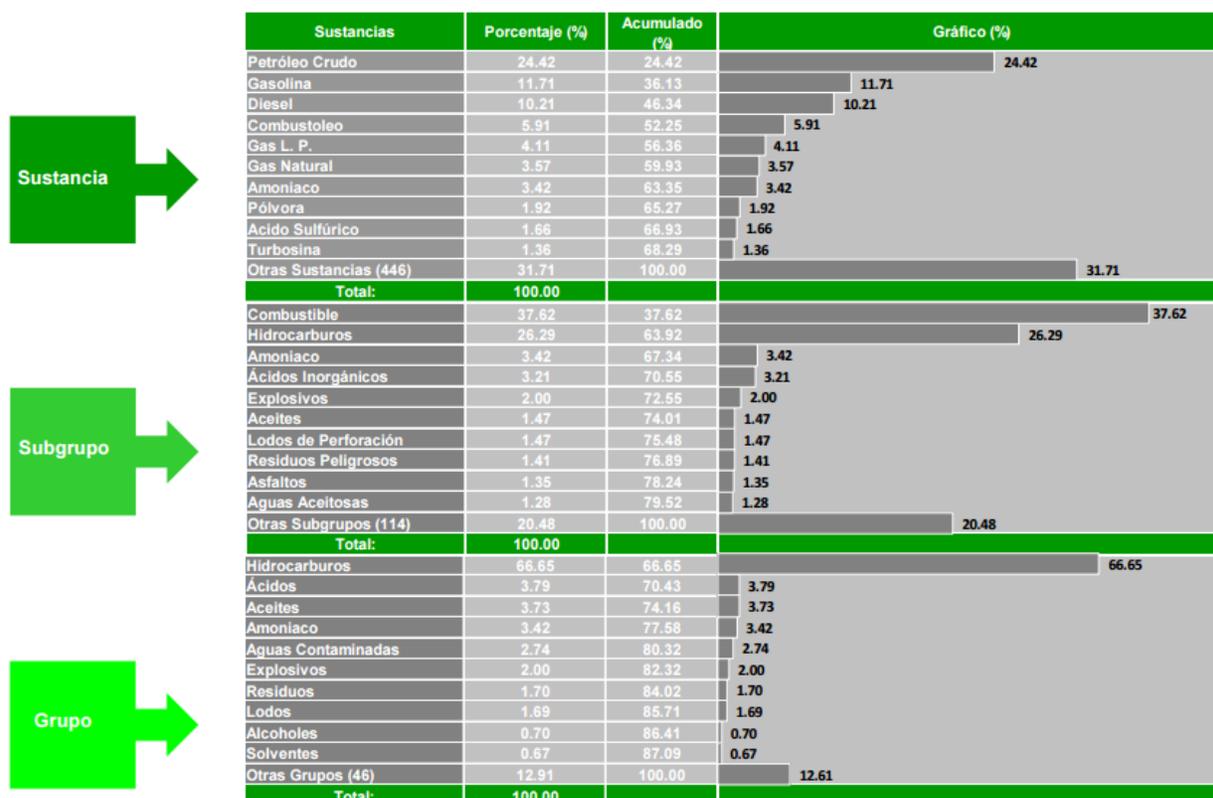


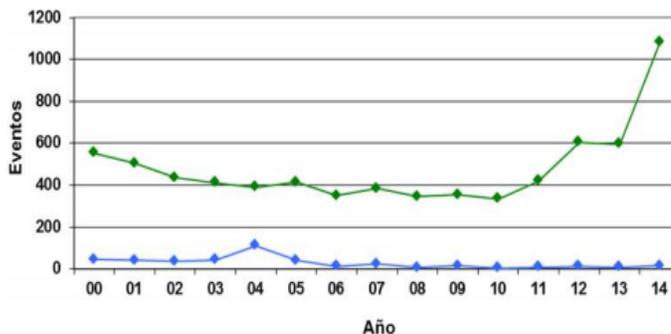
Figura 15 Sustancias involucradas en emergencias

A este respecto, se puede apreciar que el Gas Natural se encuentra situado como una de las sustancias reportadas con menor frecuencia en los accidentes analizados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Esta sustancia se relaciona con un 3.57 % de los accidentes ocurridos en la República Mexicana (para el período 1998 - 2009).

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Por otra parte, para el período señalado entre 2000 y 2014, los accidentes reportados en el país se han presentado mayoritariamente en actividades de transporte, conforme se establece enseguida:

Año	Número de Eventos	Localización			
		Terrestre		Marítima	
		No.	%	No.	%
2000	596	552	92.6	44	7.4
2001	544	503	92.5	41	7.5
2002	470	435	92.6	35	7.4
2003	454	411	90.5	43	9.5
2004	502	390	77.7	112	22.3
2005	455	414	91.0	41	9.0
2006	362	349	96.4	13	3.6
2007	405	383	94.5	22	5.4
2008	350	344	98.3	6	1.7
2009	368	354	96.2	14	3.8
2010	339	335	98.8	4	1.2
2011	426	419	98.4	7	1.6
2012	618	605	97.9	13	2.1
2013	606	597		9	
2014	1095	1080	98.6	15	1.4
Total:	7590	7171	94.5	419	5.5



Año	Número de Eventos	Fuga		Derrame		Explosión		Incendio		Otro	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
		2000	596	46	7.7	483	81.0	26	4.6	35	5.9	6	1.0
2001	544	50	9.2	455	83.6	14	2.6	21	3.9	4	0.7
2002	470	22	4.7	403	85.7	15	3.2	27	5.7	3	0.6
2003	454	22	4.8	385	84.8	18	3.2	21	4.6	8	1.8
2004	502	29	5.8	445	88.6	10	1.8	18	3.6	0	0.0
2005	455	51	11.2	338	74.3	28	4.9	38	8.4	0	0.0
2006	362	51	14.1	251	69.3	31	5.5	29	8.0	0	0.0
2007	405	64	13.3	292	72.1	25	4.4	34	8.4	0	0.0
2008	350	54	15.4	249	71.1	16	2.8	30	8.6	1	0.3
2009	368	67	18.2	245	66.6	22	3.9	34	9.2	0	0.0
2010	339	44	13.0	228	67.3	33	5.8	34	10.0	0	0.0
2011	426	65	15.3	273	64.1	50	8.8	36	8.5	2	0.5
2012	618	87	14.1	408	66.0	66	11.6	51	8.3	6	1.0
2013	606	102	16.8	384	63.4	70	12.3	44	7.3	6	1.0
2014	1095	139	12.7	819	74.8	51	9.0	83	7.6	3	0.3
Total:	7590	883	11.6	5658	74.5	475	6.3	535	7.0	39	0.5

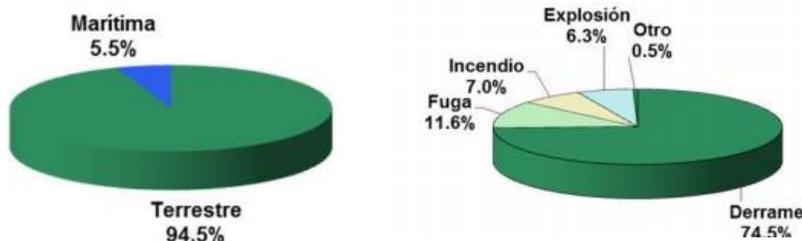


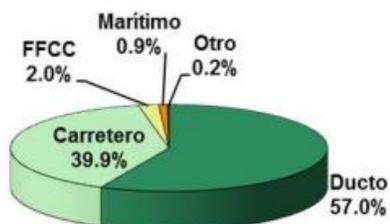
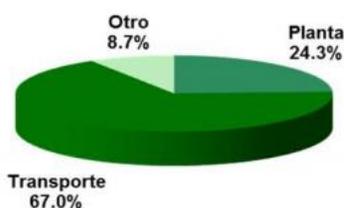
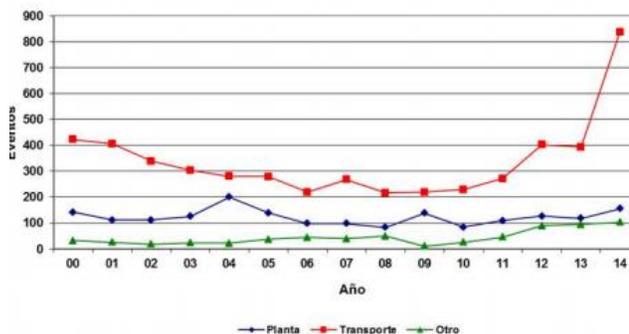
Figura 16 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 – 2014) Número, Localización y Tipo de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA

Observando los datos anteriores, se verifica una amplia preponderancia de accidentes relacionados con el transporte de sustancias peligrosas por medio de ductos, aunque se debe señalar que no necesariamente son por falta de medidas precautorias del responsable de este medio, puesto que es sabido que los ductos son sujetos a allanamientos para el robo de combustibles ó dañados por causa de obras que no respetan los distanciamientos y condiciones de seguridad establecidos por la normatividad correspondiente.

Otro aspecto relacionado con la estadística de accidentes en México, tiene referencia a la localización de los siniestros y el tipo de los mismos, conforme se muestra a continuación:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Año	Número de Eventos	Ubicación					
		Planta		Transporte		Otro	
		No.	%	No.	%	No.	%
2000	596	142	23.8	422	70.8	32	5.4
2001	544	112	20.6	406	74.6	26	4.8
2002	470	112	23.8	339	72.1	19	4.0
2003	454	126	27.8	304	67.0	24	5.3
2004	502	200	39.8	280	55.8	22	4.4
2005	455	139	30.5	279	61.3	37	8.1
2006	362	98	27.1	219	60.5	45	12.4
2007	405	98	24.2	268	66.2	39	9.6
2008	350	83	23.7	217	62.0	50	14.3
2009	368	138	37.5	219	59.5	11	3.0
2010	339	84	24.8	229	67.6	26	7.7
2011	426	109	25.6	271	63.6	46	10.8
2012	618	127	20.6	402	65.0	89	14.4
2013	606	118	19.5	394	65.0	94	15.5
2014	1095	155	14.2	837	76.4	103	9.4
Total:	7590	1841	24.3	5086	67.0	663	8.7



Año	Número de Eventos	Transporte										
		Total	FFCC		Carretero		Marítimo		Ducto		Otro	
			No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
2000	596	422	8	1.9	134	31.8	3	0.7	277	65.6	0	0.0
2001	544	406	10	2.5	149	36.7	4	1.0	243	59.9	0	0.0
2002	470	339	9	2.7	143	42.2	6	1.8	181	53.4	0	0.0
2003	454	304	7	2.3	125	41.1	2	0.7	170	55.9	0	0.0
2004	502	280	4	1.4	99	35.4	2	0.7	175	62.5	0	0.0
2005	455	279	11	3.9	121	43.4	1	0.4	143	51.3	3	1.1
2006	362	219	2	0.9	102	46.6	4	1.8	111	50.7	0	0.0
2007	405	268	8	3.0	118	44.0	2	0.7	140	52.2	0	0.0
2008	350	217	7	3.2	133	61.3	2	0.9	74	34.1	1	0.5
2009	368	219	6	2.7	138	63.0	3	1.4	72	32.9	0	0.0
2010	339	229	5	2.2	143	62.4	2	0.9	78	34.1	1	0.4
2011	426	271	7	2.6	161	59.4	4	1.5	99	36.5	0	0.0
2012	618	402	9	2.2	177	44.0	4	1.0	210	52.2	2	0.5
2013	606	394	4	1.0	148	37.6	6	1.5	236	59.9	0	0.0
2014	1095	837	7	0.8	136	16.2	1	0.1	692	82.7	1	0.1
Total:	7590	5086	104	2.0	2027	39.9	46	0.9	2901	57.0	8	0.2

Figura 17 Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 – 2014) Número, Ubicación y Medio de Transporte de las Emergencias Ambientales Reportadas a la PROFEPA.

De la información anterior, se desprende que la localización de accidentes en la República Mexicana se presenta en número superior en forma terrestre; sin embargo, esto no quiere decir que sean los que mayor daño provoquen al ambiente, dado que gran parte de los siniestros acontecidos en el medio marítimo han tenido consecuencias catastróficas sobre los recursos bióticos, principalmente en los marinos, por tratarse de sistemas muy frágiles.

Así también, se puede apreciar que el mayor número de eventos analizados por la PROFEPA en el período 2000 – 2014, se vincula con fugas o derrames, lo cual tiene relación directa con el tipo

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

de sustancias principales ligadas con accidentes, mencionadas anteriormente, destacando el petróleo, la gasolina, el diesel, el combustóleo, el amoniaco y el Gas L.P.

Estadísticas de fallecimientos relacionados con el manejo, transporte de gas natural.

En 1989, había más de 1.6 millones de millas (2.6. millones de km.) de ductos de gas natural en los E.E.U.U. (Departamento de Transporte de los E.E.U.U., 1989). Este departamento ha mantenido registros de fallas o fugas reportadas que incluyen los cálculos de costos de daños, lesiones y muertos desde 1979 (Asociación Americana de Gas 1990). Debido a que en 1984 se cambiaron los requisitos de dichos informes, haciendo difícil combinar los datos anteriores y posteriores a estas fechas. Se seleccionaron los datos desde 1984 hasta 1989 junto con otras fuentes para realizar el análisis que se presenta en esta sección.

Tal como las estadísticas americanas lo muestran, los gasoductos son una de las modalidades de transporte disponible más seguras (Departamento de Transporte de los E.E. U.U., 1989). Tomando como base el millaje calculado de ductos de gas de 1989 y los datos de desempeño entre 1984 y 1989 mencionados anteriormente, la incidencia anual de fugas de gas de gasoducto es menor de una por cada 6,500 millas y la incidencia anual de ruptura es menor de uno por cada 10,000 millas.

La tabla siguiente enumera las muertes a causa de las diferentes modalidades de transporte en 1989. Tal como se muestra en esta tabla los gasoductos tienen las tasas anuales de muerte más baja (0,08%) de todas las modalidades enumeradas.

Tabla 19 Estadísticas de fallecimientos relacionados con el transporte- 1989

Modalidades de Transporte:	Muerte:
Carros de pasajeros	24,929
Camiones y vagonetas	9,365
Motocicletas y bicicletas	4,147
Peatones	6,525
Otra carretera	668
Aviación	1,158
Marítimo	991
Ferrocarril	601
Recreación	896
Tránsito	801
Otro comercial	95
Gasoductos	39

FUENTE: Compendio NTSB Vol. 9, No.S. Programa de Manejo: Dames& Moore, 1996.

Del 100% de las muertes reportadas en relación con ductos, los gasoductos representaron menos del 0,059% del total de muertes en el transporte.

En el cuadro siguiente, se muestra una comparación de las muertes relacionadas con el transporte de gas y los ductos en general con otras muestras de muertes accidentales.

Comparado con el total de muertes accidentales, el número de muertes con gasoductos desciende a una tasa aún más baja, menor al 0,03% del total nacional.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Tabla 20 Estadísticas de fallecimientos relacionados con accidente en EE. UU 1989.

Tipo de accidente:	Muertes:
Vehículos Motorizados	46,900
Caídas	12,400
Envenenamiento	6,500
Ahogamiento	4,600
Sofocación por ingestión de objeto	3,900
Armas de fuego	1,600
Otro	14,200
Ductos	39
Ductos de Transporte de gas	22

NOTAS

* Todos los datos fuera de lo observado, son estadísticas de 1989 según "Hechos de Accidentes" Edición 1990, Consejo Nacional de Seguridad Chicago, Il.

** Incluyen las Complicaciones Médicas, Transporte Aéreo, Maquinaria, Sofocación Mecánica, Golpe por Caída de Objeto, etc.

*** Departamento de Transporte de los EE.UU., 1989.

Identificación de las Causas de los Accidentes

VI.3.1. Errores humanos.

Los errores humanos se originan por un sin número de causas y que no son necesariamente atribuibles a los operadores, ya que la organización o bien las condiciones del centro de trabajo, influyen en gran medida.

El error humano incluye actitudes o prácticas incorrectas (inseguras) que originan como consecuencia que una persona no logre el objetivo o propósito deseado, esto es, por omisiones, acciones equivocadas o insuficiencia en los requerimientos de ejecución.

El origen de los errores humanos presenta diversas vertientes, destacando:

- Administración inadecuada.
- Distracción o fatiga.
- Falta de concentración o de memoria.
- Negligencia.
- Fallas personales por falta de o entrenamiento inadecuado.
- Secuencia indebida en la operación por deficiencias en el entrenamiento (incluye la falta de evaluación de operarios).
- Interrupción de operaciones en un momento no pertinente, por capacitación deficiente o negligencia.
- Condiciones ambientales relacionadas con la empresa.

De hecho, durante el análisis de los accidentes ocurridos en las diferentes instalaciones, el ambiente de trabajo es, probablemente, el factor que más contribuye a la causa de errores humanos, debido a que si los señalamientos o la presentación de información no resultan claros y evidentes, el acceso a los dispositivos de seguridad es complicado, o si las áreas operativas son reducidas, demasiado calientes o frías, o no existe una disposición ordenada, es muy alta la probabilidad de que los operadores cometan faltas.

Otro factor que es motivo de causa de accidentes por error humano, se refiere a los hábitos de trabajo inadecuados, incluyéndose deficientes prácticas de trabajo para llevar a cabo la producción, suministro o trasiego de combustibles, manejo de vehículos utilitarios (implicando el provocar rotura de tuberías y recipientes de almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, por impacto con vehículos), realización de actividades de mantenimiento (reparaciones

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

improvisadas o mal realizadas) y aplicación de medidas de control y protección de riesgos (instalación y ubicación deficiente de equipos y dispositivos contra incendio).

En cuanto a la administración, una situación de riesgo se induce por acostumbrar operaciones sin tener recordatorios, mediante capacitación o campañas de seguridad continuas, referentes a las condiciones de riesgo específicas en el centro de trabajo.

VI.3.2. Fallo de equipos

Algunas de las fallas más frecuentes, ligadas con la generación de accidentes, son:

- Operación de equipos e instalaciones obsoletas y en malas condiciones.
- Falta de inspección y de mantenimiento de equipos y accesorios, con lo que pueden presentar fracturas u orificios originados por corrosión en elementos metálicos. A este respecto, se incluyen las fallas o accidentes mecánicos producidos en equipos de proceso por desgaste o mala operación, lo cual puede debilitar las instalaciones de ocasionando eventos de riesgo.
- Instalación inadecuada de válvulas y demás accesorios de seguridad en los sistemas operativos, referentes a procedimientos y selección de materiales deficientes.
- Defectuosa calidad en la manufactura de válvulas y accesorios de calidad.
- Fugas y derrames ocasionados por deficientes prácticas de mantenimiento (falta de procedimientos, instrumentos y personal calificado).
- Rotura de tuberías y recipientes de almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, por impacto con vehículos utilitarios o de proveedores.
- Fugas y explosiones provocadas por incendios en áreas contiguas.
- Explosión por sobrepresión en recipientes de almacenamiento, rebasándose su presión de diseño y la de la prueba hidrostática, conjuntándose con la falta de disparo de la respectiva válvula de alivio.
- Reparaciones improvisadas o mal realizadas.

VI.3.3. Fallo de diseño o de proceso

En este rubro, los factores que más inciden en la generación de accidentes, son:

- Incumplimiento a la normatividad referente al diseño y construcción de instalaciones (incluye sistemas hidráulicos, eléctricos, sanitarios, de combustibles y de manejo de insumos).
- Falta de implementación de sistemas de seguridad y de apoyo de las áreas operativas.
- Falta de instrumentación o mal estado de la existente, para medición de condiciones de operación o de detección de condiciones inseguras o de riesgo.
- Falta de sistemas de alarma o de comunicación que ayuden a que se controle oportunamente cualquier riesgo inminente.
- Instalaciones eléctricas no pertinentes para ambientes explosivos, en su caso.
- Consideraciones inadecuadas de la capacidad necesarias para la operación de los equipos de proceso.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
 en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

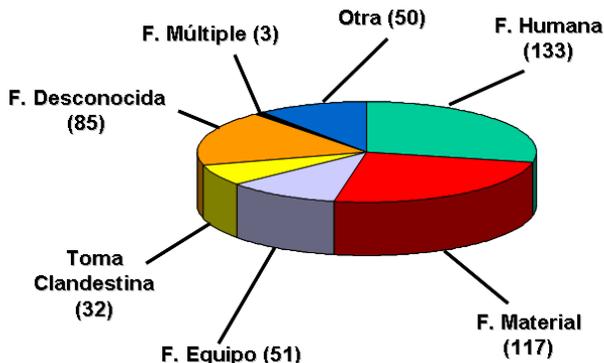


Figura 18 Tipos de falla

Fuente: Página electrónica www.profepa.gob.mx
 Fecha de consulta: Julio 2010.

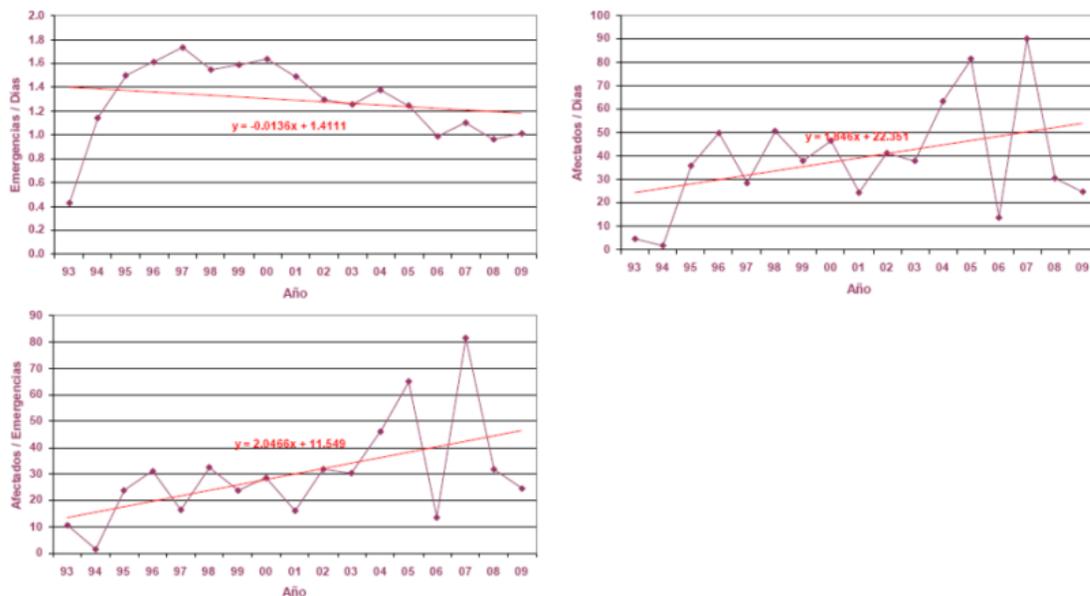
VI.3.4. Alcance de los daños causados

Anteriormente, en el reporte de accidentes relacionados con el manejo de sustancias químicas en la República Mexicana, se establecieron de forma particular los daños provocados por cada uno de los accidentes registrados. De manera complementaria, a continuación, se establece una relación general entre el número de emergencia y personas afectadas en accidentes ocurridos en el país, durante el período 1993 – 2009:

AÑO	NO. DE EMERGENCIAS	AFECTADOS	AFECTADOS/ EMERGENCIA	EMERGENCIAS POR DIA	AFECTADOS POR DIA
1993	157	1,653	10.53	0.43	4.53
1994	416	667	1.60	1.14	1.83
1995	547	13,044	23.85	1.50	35.74
1996	587	18,190	30.99	1.61	49.84
1997	632	10,323	16.33	1.73	28.28
1998	538	7,792	14.48	1.47	21.35
1999	469	12,772	27.23	1.28	34.99
2000	470	16,390	34.87	1.29	44.90
2001	565	7,151	12.66	1.55	19.59
2002	470	13,881	29.53	1.29	38.03
2003	457	13,807	30.21	1.25	37.83
2004	503	23,197	46.12	1.38	63.55
2005	456	26,682	65.09	1.25	81.32
2006	362	4,932	13.62	0.99	13.51
2007	403	32,923	81.69	1.10	90.20
2008	349	11,141	31.92	0.96	30.52
2009	370	9,035	24.42	1.01	24.75
TOTAL	7998	241,785			
PROM.	470.47	14,222.65	30.23	1.29	38.97

Figura 19 Análisis Estadístico de los Daños a la Población Ocasionados por las emergencias Ambientales

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”



Fuente: Página electrónica www.profepa.gob.mx

Figura 20 Reportadas a la PROFEPA Durante el período 1993 – 2009

Algunos de los eventos ocurridos en México referentes al transporte de gas natural se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 21 Eventos ocurridos en México

Lugar	Fecha	Lugar	Sustancia	Evento	Consecuencias
El Pejelagartero Cárdenas, Tabasco	Noviembre 1978	Ducto	Gas Natural	Fuego/ Explosión	Pérdidas Humanas Daños Ecológicos
Villa la Venta Huamanguillo, Tabasco	Enero 1992	Ducto	Gas Natural	Fuego/ Explosión	Pérdidas Humanas Daños Ecológicos Daños Materiales
R/a Acachapan y Colmena 1ª. Sección Centro, Tabasco	Abril 1984	Área de válvulas y ductos	Gas Natural	Fuego/ Explosión	Pérdidas Humanas Daños Ecológicos Daños Materiales
Villa Benito Juárez, Cárdenas, Tabasco	Mayo 1998	Ducto	Gas Natural	Fuga/ incendio	Pérdidas Humanas Daños Ecológicos

Fuente: PROFEPA Tabasco. México 2000.

Históricamente, los ductos o tuberías son una de las formas más seguras para transportar grandes cantidades de hidrocarburos, incluyendo al gas natural. Sin embargo, la posibilidad de fuego o explosión existe aun cuando esto sea un evento extremadamente raro para cualquier tubería.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

La Oficina para la Seguridad de las Tuberías (Office of Pipeline Safety) (OPS) del Departamento de Transporte de los Estados Unidos de Norteamérica (Department of Transport) (DOT), mantiene una de las bases de datos de incidentes en gasoductos más extensa del mundo.

Los datos registrados en dicha base comprenden los incidentes ocurridos en aproximadamente 482,800 km (300,000 millas) de tuberías dedicadas al transporte de gas, en un periodo superior a 30 años. Esta base de datos provee una visión de las causas y consecuencias de fallas en gasoductos.

El análisis de la base de datos revela que las causas de falla pueden ser ampliamente clasificadas en diferentes categorías:

- Defectos de construcción y/o materiales;
- Corrosión (interna y/o externa);
- Daño por fuerzas naturales (temblores, rayos, fuego, etc.);
- Fallas humanas durante la operación;
- Daño por excavaciones por terceras partes;
- Fuerzas externas desconocidas;
- Otras.

El potencial para que ocurra un accidente en gasoductos es relativamente bajo. Utilizando la base de datos OPS para hacer estimaciones, la tasa promedio de falla de ductos de gran diámetro transportando gas natural (por ejemplo, líneas con un diámetro mayor a 28”) es calculada en 7.3×10^{-5} incidentes reportables por milla-año basado en datos históricos para el periodo 1985-1997 (Reporte PRCI).

La línea propuesta es un sistema nuevo que utilizará mejores materiales y avances tecnológicos para su construcción y operación. Por tanto, la probabilidad de falla debería ser mucho menor que la estadística promedio. Aun cuando se presenten fugas accidentales de gas natural, no siempre se presenta fuego ni ocurre una explosión. Dichas categorías fueron compiladas a partir de datos de fallas en ductos de grandes diámetros para la transmisión de gas natural de información obtenida de la OPS. La tabla muestra la probabilidad relativa de diferentes causas respecto a todas las causas identificadas en el Reporte GRI del año 2001.

Tabla 22 Distribución típica de las causas de fallas 1985-1999.

Causas de Falla	Porcentaje
Defectos de construcción y/o materiales	24.0
Corrosión	21.0
Daño por fuerzas naturales	9.0
Daño por excavaciones por terceras partes	30.0
Fuerzas externas desconocidas	1.0
Desconocidas/Otras	16.0
Total	100%

Nota: Se excluyen incidentes asociados con tuberías submarinas, estaciones de compresión y estaciones de regulación/medición.

Fuente: PRCI report, Analysis of DOT Reportable Incidents for Gas Transmission and Gathering System Pipelines 1985 through 1997, PR-218-9801, March 2001

Como se muestra en la tabla anterior, los defectos de construcción y/o materiales, corrosión y el daño por excavaciones por terceras partes son las causas más frecuentes de fallas en ductos,

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

representando el 75% de las fallas. Las causas de falla también se pueden clasificar por la parte del sistema de tubería involucrado tales como: válvulas, estaciones de compresión, estaciones de medición, etc.

La tabla siguiente muestra una clasificación por componente para todos los incidentes de tubería de gas natural interestatal para el periodo 1985-1999 (GRI report, Gas Transmission System Integrity Indicators by Incident Data Análisis, GRI 001/0207, January 2001 and Dot Transmisión IncidentDatabase).

Tabla 23 Clasificación de incidentes en ductos por componentes del sistema

Componente con Falla	Porcentaje
Cuerpo del ducto	54.9
Accesorios	1.9
Juntas Mecánicas	2.5
Válvulas	1.3
Soldadura	10.2
Sin datos	6.9
Otros componentes	7.3
Estaciones de compresión	9.2
Estaciones de medición/regulación	5.9
Total	100%

Fuente: GRI Report, Gas Transmission System Integrity Performance Indicators by Incident Data Análisis, GRI-001/0207, January 2001.

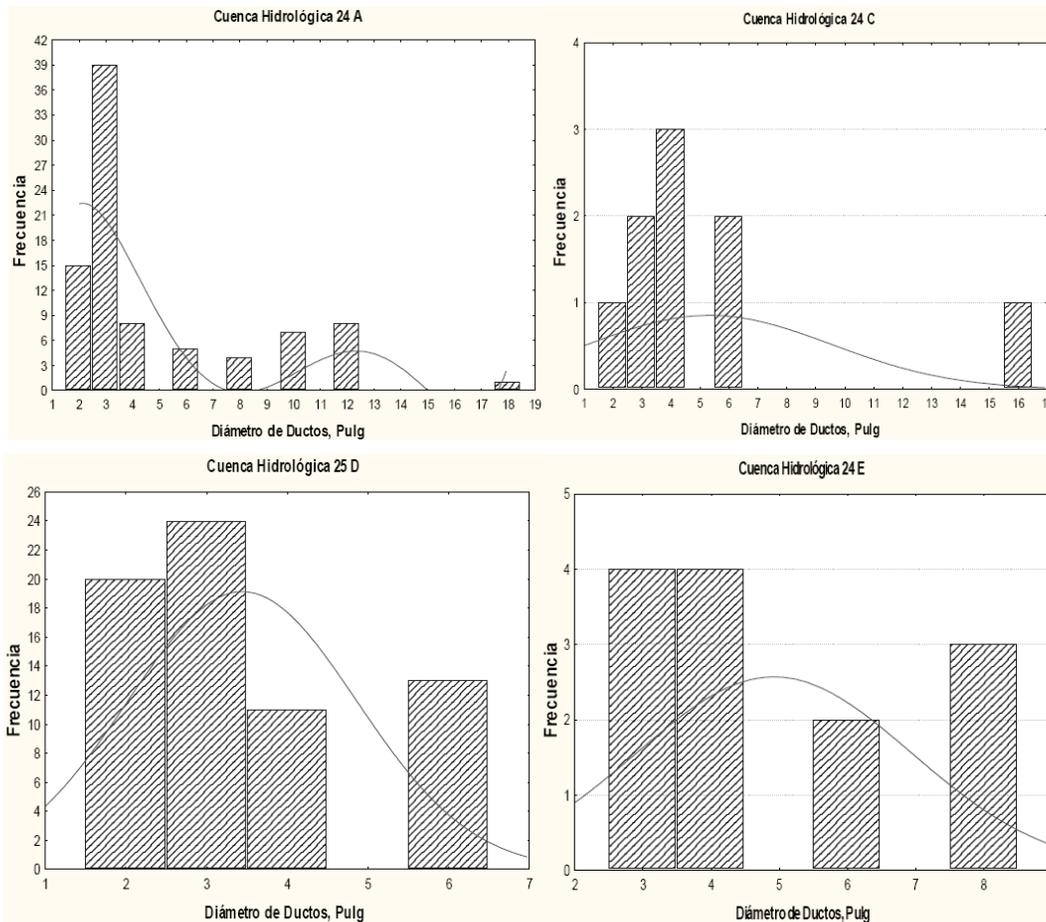
Como se muestra en la tabla anterior, las fallas asociadas con el cuerpo del ducto comprenden casi el 55% de los incidentes reportados. Relacionando lo anterior con la tabla donde la causa más probable de los incidentes mayores en la tubería es el daño causado por terceros mediante el golpe y perforación de los gasoductos durante actividades de excavación, perforación, barrenamiento, u otras actividades cerca del ducto.

El análisis DOT reporta que una ruptura del gasoducto se esperaría que ocurriera en únicamente un tercio de todos los casos. Adicionalmente, la ignición en promedio ocurriría únicamente en el 30% de los casos de fuga (U.S. Federal Emergency Management Agency, Department of Transportation, and Environmental Protection Agency, Handbook of Chemical Hazard Análisis Procedures, 1989). Del porcentaje de gas que puede encenderse, alrededor del 70% permanece como fuego y el 30% puede explotar. La ligereza del gas reduce estos riesgos.

Por otro lado, de la experiencia de la aplicación de los programas de mantenimiento a ductos de PEMEX, de la Cuenca de Burgos se identificaron aquellos que, debido a la mayor frecuencia de fugas, debidas a corrosión externa (CE) y/o a corrosión interna (CO), han incrementado la probabilidad de tener una condición de ruptura en el caso de un represionamiento en el sistema. En la siguiente ilustración se observa la distribución de fugas, de 1/16 a ½ pulg de Φ equivalente, para los diferentes ductos agrupados según su diámetro.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
 en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Tabla 24 Histogramas de frecuencia de localización de fugas en tuberías de diferente diámetro para el sistema de ductos de Cuenca de Burgos



Frecuencia

Para determinar la frecuencia de accidentes en el ducto se consideró que de acuerdo con el Anexo F de U.S. Federal Emergency Management Agency, Department of Transportation, and Environmental Protection Agency, Handbook of Chemical Hazard Analysis Procedures, 1989; se establece un fallo promedio de 1.5×10^{-3} incidentes/ milla-año para líneas con un tamaño menor a 20” de diámetro.

En este caso se determinó para la longitud de un ducto de 2,000 m (1.4 millas) y de diámetro de 12” se tiene que:

$$\text{Frecuencia (fallo en el ducto)} = (1.5 \times 10^{-3}) (1.4 \text{ millas}) = 0.0021 \times 10^{-3} \text{ incidentes/año.}$$

Es decir, de acuerdo con este estimado un ducto de 2,000 m, tiene muy poca probabilidad de falla, adicional a que el material fue seleccionado y probado adecuadamente, y se contó con el uso de tecnología adecuada para su colocación y operación.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Descripción y valoración de las medidas aplicadas y, si es posible, de las estudiadas para evitar la repetición del accidente.

En referencia al reporte de accidentes relacionados con el manejo de sustancias químicas en la República Mexicana, la medida coincidente aplicada por los respectivos involucrados en eventos de derrames fue la aplicación de bloqueo al flujo de la sustancia y limpieza de la zona afectada. En algunos casos fue posible la recuperación del producto.

De cualquier forma, todos los reportes de accidentes incurridos en instalaciones, al ser del conocimiento por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, requieren de una reevaluación de sus Estudios de Riesgo Ambiental, así como sus correspondientes Programas para la Prevención de Accidentes.

Particularmente para el proyecto de estudio, es necesario indicar que, entre las medidas establecidas para evitar la repetición de algunos accidentes registrados en la estadística nacional, se encuentra antes que todo, el hecho de que la ingeniería del ducto para Gas Natural fue diseñada y será construida en estricto apego de las Normas Oficiales Mexicanas. Bajo esta consideración, se determina que el ducto cumplió y cumplirá con los requisitos mínimos técnicos y de seguridad que se deben observar en el territorio nacional para esta clase de instalaciones.

En cuanto a la ejecución de actividades de distribución, se seguirá un conjunto de procedimientos operativos previamente establecidos, encaminados a la prevención de accidentes y promoción de un desarrollo seguro de las labores.

Adicionalmente, se debe señalar que las condiciones de **Construcción y operación del sistema de transporte para suministro de gas natural al Parque Industrial Arco 57, ubicado en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México**, se sujetará a una evaluación del cumplimiento estricto con respecto a las especificaciones marcadas en la normatividad técnica vigente.

Metodologías de Identificación y Jerarquización

VI.4.1. Criterios de selección de las metodologías empleadas para la identificación de riesgos

Dado que el propósito de la evaluación de riesgos es identificar posibles accidentes, determinar su causa y sus consecuencias. Con este fin se define un accidente como la secuencia de sucesos imprevistos que provocan consecuencias no deseadas. Generalmente existe un suceso indicador y otro intermedio entre este y la aparición de la consecuencia.

Estos sucesos intermedios son la respuesta del sistema ante el suceso indicador. Por lo tanto, el mismo suceso indicador puede provocar una consecuencia distinta en función de las intermedias.

Basado en lo anterior los procedimientos de evaluación predicativa de riesgos han sido desarrollados para el análisis de procesos, sistemas y operaciones que difieren de la experiencia previa que ofrecen las técnicas de buena práctica. Estas pueden utilizarse incluso para evaluar accidentes muy poco probables de consecuencias muy grandes para los que no hay experiencias o estas son muy pobres.

Sabemos también que hay esencialmente dos aproximaciones a la evaluación y control de riesgos: la buena práctica y la evaluación predictiva de riesgos.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Durante años la industria química ha aceptado y aprobado normas, códigos, procedimientos y otras formas de buena práctica, suponiendo que estas han sido implementadas correctamente tanto en el diseño como en la construcción, operación, mantenimiento cambios en equipo y diseño es obvio que se alcanzan muy altos niveles de seguridad.

Sin embargo, cuando existen desviaciones en el proceso, procedimientos etc. De los establecidos previamente surge la necesidad de disponer de una herramienta para la identificación de riesgos y determinación de los accidentes susceptibles de aparecer como consecuencias de los mismos, por lo que a continuación se describe de manera general los criterios de selección de la metodología empleada para este estudio.

Su selección se realiza según los siguientes parámetros:

- Objeto. ¿Que buscamos?
- Momento. ¿Cuándo lo vamos a utilizar? (en fase de diseño, operación, etc.)
- Resultados ¿Lista, Ranking de riesgos, etc.)
- Naturaleza de resultados ¿Cuantitativos / cualitativos?
- Información Necesaria ¿Proyectos, operación, procesos, etc.?
- Personal ¿Calificación y número de participantes?
- Tiempo y costo ¿Disponibilidad de recursos?

Los métodos de evaluación de riesgos más utilizados en la industria química para identificar desviaciones de la “buena práctica son: Lista de Chequeo y Revisiones de seguridad” otra aproximación que requiere experiencia previa son los índices Dow/Mond que permiten confeccionar un ranking de riesgo.

Para un análisis predictivo de riesgo se utiliza la técnica HAZOP (estudio de riesgo y operatividad), análisis de modos de fallo efecto y criticidad (FMECA), el método “what if” (que pasa si) y el análisis de árboles de fallo complementado con el análisis de árbol de sucesos.

Considerando además de lo anteriormente expuesto las características particulares del caso estudio como son:

- Las sustancias manejadas en la empresa, consideradas como peligrosas ya sea por su toxicidad, explosividad, reactividad, inflamabilidad y corrosividad que pueden ocasionar un daño a la salud pública o al equilibrio ecológico del sitio.
- Las cantidades manejadas, volúmenes almacenados, procesados y/o los desechos generados
- Las características y complejidad de los procesos en que se utilizan estas sustancias

Basados pues en todos estos factores y aunado al hecho de que **Parque Industrial Arco 57** desarrollará el proyecto para el suministro de gas natural a lo largo de sus instalaciones, el presente estudio se desarrollará bajo las técnicas Lista de Verificación y Hazop.

Las cuales presentan las siguientes características

- Técnica: What if
- Fase de la planta: Diseño / Arranque
- Objetivo: Fallos técnicos
- Procedimientos de operación
- Fallo humano
- Consecuencia
- Resultados: Cuantitativos
- Reducción del riesgo
- Complejidad del sistema Simple / medio

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

- Datos necesarios: Detallados / entrevistas
- Tiempo/costo Relativamente bajo/medio
- Medios humanos Especialista en planta
- Especialista en seguridad.

VI.4.2. Factores de Riesgo.

Para la evaluación de riesgo se consideraron las siguientes etapas del proceso:

- Conexión con ducto;
- Línea de transporte de gas, desde conexión con separador hasta válvula de conexión;
- Estación de medición y regulación de gas natural, principal, secundaria y suaurio

Las variables de proceso que se aplicaron fueron:

- Flujo;
- Presión,
- Temperatura, y
- Nivel.

VI.4.3. Identificación de los Riesgos Potenciales

En el análisis de la estimación de las consecuencias de las emisiones accidentales a la atmósfera de contaminantes o sustancias peligrosas como puede ser el gas natural, uno de los aspectos clave a considerar es su dispersión en el medio ambiente.

Una de las características principales que condiciona la evolución de un gas/vapor en la atmósfera es su densidad, distinguiéndose tres posibilidades:

- Gases ligeros. Densidad inferior a la del aire.
- Gases pasivos o neutros. Densidad similar a la del aire.
- Gases pesados. Densidad mayor que la del aire.

Para efectos prácticos no se puede hablar, en la mayoría de los casos, de un comportamiento puro de gas ligero neutro o pesado, ya que los factores que influyen en él son múltiples y variables en el tiempo y una mezcla gas/aire puede evolucionar como un gas pesado sin serlo debido a:

- Peso molecular del gas.
- Temperatura del gas.
- Temperatura y humedad del aire ambiente.
- Presencia de gotas líquidas arrastradas en la emisión.
- Reacciones químicas en la nube, etc.

Otra característica es la duración de la fuga, que puede dar lugar a:

- Fugas instantáneas formando una bocanada ("puf").
- Fugas continuas sin depender del tiempo, formando un penacho ("plume").
- Fugas continuas dependiendo del tiempo.

La mayoría de los incidentes por fuga empiezan con una descarga de un producto peligroso desde su fuente original. Estos incidentes se pueden originar por orificios o roturas de recipientes de proceso, por juntas de unión en bridas, o por válvulas y venteos de emergencia, por destacar las causas más frecuentes.

Los escapes pueden ser en forma de gas, de líquido o en fase mixta líquido-gas; nosotros trataremos únicamente el primer tipo, si bien debe señalarse que en fase líquida y mixta la aportación másica del escape es muy superior y la velocidad de evaporación determinará la

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

cantidad aportada para la formación de la nube. De ahí la peligrosidad de escapes de gases licuados del petróleo o gasolinas.

Fuga puntual continúa.

El modelo Gaussiano de fuente puntual continua que se va a analizar en este documento supone como hipótesis de partida que las concentraciones del gas natural en cualquier punto considerado viento abajo están estabilizadas y no dependen del tiempo. Este modelo describe el comportamiento de los gases/vapores de fuerza ascensional neutra, que se dispersan en la dirección del viento y son arrastrados a la misma velocidad.

Respecto a los gases pesados una configuración típica de una fuga a nivel del suelo se muestra en la ilustración siguiente.

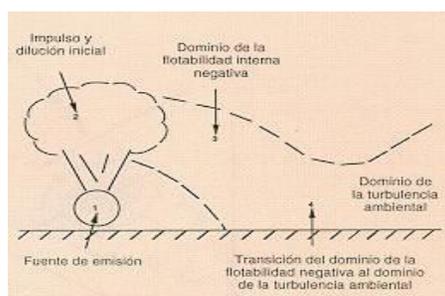


Figura 21 Desarrollo y dispersión de una nube de gas pesado

Los gases pesados muestran una elevación inicial del penacho debido al impulso de salida, como sucede en toda fuga, seguida de una cierta caída en curva por influencia de su densidad. Comparándolos con los gases neutros se ve que los gases pesados presentan en los momentos iniciales un comportamiento distinto. Sin embargo, al cabo de un cierto tiempo y a medida que se diluyen en el aire, las características y el comportamiento se pueden asimilar a los de un gas neutro. Si la fuga de un gas pesado es de una proporción o intensidad de descarga moderadas, se puede tratar aceptablemente con el modelo Gaussiano de gas neutro que es de aplicación mucho más sencilla, especialmente si lo que queremos es estudiar lo que sucede en puntos que no sean excesivamente próximos al punto de emisión.

En resumen, en caso de que se presente una fuga de material inflamable, el mayor peligro proviene del repentino escape masivo de gas, el cual produce una gran nube de vapor inflamable y posiblemente explosiva. Si la nube se llega a incendiar, los efectos de la combustión dependerán de múltiples factores, entre ellos la velocidad del viento y la medida en que la nube este diluida con el aire. Estos riesgos pueden causar un gran número de víctimas y daños al lugar en donde se producen e inclusive más allá de sus fronteras (zona de influencia).

Explosión.

Una explosión de Gas natural se puede presentar de dos formas:

- Por la formación de nubes explosivas en lugares confinados
- Una **nube explosiva** se forma por la acumulación del gas proveniente de una fuga en un área determinada. Al estar mezclada con el aire en las condiciones adecuadas (encontrarse entre el

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

límite superior e inferior de explosividad de la sustancia) y encontrar una fuente de ignición la nube puede deflagrar, liberando una gran cantidad de energía en forma de calor y como ondas de sobrepresión.

Las causas para la formación de una **nube explosiva**, en el sistema de transporte de Gas natural, son las siguientes:

- Fuga en línea de distribución debido a corrosión y falta de mantenimiento conjugados
- Fuga en el cuerpo de equipos de regulación y/o medición debido a corrosión y falta de mantenimiento conjugados
- Fuga en válvulas debido a mal funcionamiento
- Ruptura de tubería por colisión

El **gas natural** forma mezclas inflamables con el aire en concentraciones que oscilan aproximadamente entre el 4.5% y el 14.5%. Por consiguiente, una fuga puede constituir un riesgo de incendio y explosión. Ha habido casos en que escapes de **gas natural** se han inflamado, provocando incendios graves. Si el **gas natural** se escapa en un espacio cerrado y se inflama, se puede producir una explosión. Si la parte aérea de un ducto de **gas natural** está en medio de un incendio, puede calentarse excesivamente y explotar con violencia, proyectando trozos del recipiente a considerables distancias.

En concentraciones muy elevadas, cuando está mezclado con el aire, el vapor de **gas natural** es anestésico y posteriormente asfixiante al desplazar el oxígeno disponible.

Una superficie caliente también es una fuente potencial de ignición.

Aunque es muy difícil de presentarse, las posibles causas de este fenómeno son las siguientes:

- Sobrecalentamiento del ducto por una fuga incendiada no controlada
- Incendio de origen externo que afecta al recipiente
- No tomar las precauciones adecuada al efectuar reparaciones

Incendio.

El incendio tipo “antorcha” se ve relacionado con una fuga localizada del gas a presión, misma que al encontrar de forma casi inmediata una fuente de ignición, produciría la combustión del energético dando lugar a un fuego semejante al dardo de un soplete.

Las dimensiones del incendio se verán directamente relacionadas a la cantidad de material fugado y su tiempo de desarrollo.

Las condiciones meteorológicas y la duración del escape tienen una gran importancia en el alcance de la dispersión del penacho. Los factores principales son: la velocidad del viento y la estabilidad atmosférica.

La estabilidad atmosférica viene definida en función del gradiente vertical de temperatura de las capas del aire. Dado que no siempre es posible disponer de esta información, a través de una tabla establecida por Pasquill (puede obtenerse la categoría de estabilidad atmosférica estimada según las condiciones de insolación y velocidad del viento).

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Tabla 25 Condiciones de estabilidad meteorológica de Pasquill

Velocidad del viento (m/s) a 10 m de altura	Insolación diurna			Condiciones nocturnas	
	Fuerte	Moderada	Ligera	Finamente cubierto ó más de la mitad cubierto	Nubosidad < 3/8
<2	A	A-B	B		
2-3	A-B	B	C	E	F
3-4	B	B-C	C	D	E
4-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Aplicación de las Metodologías de Análisis y Evaluación de Riesgos Potenciales

Las metodologías que se utilizarán para la determinación del riesgo involucrado en el manejo de la sustancia química peligrosa relacionada a la operación del sistema de transporte son los métodos conocidos como **Lista de verificación** y **HAZOP (Hazard and Operability)**.

VI.5.1. Lista de verificación

Se utilizan para determinar la adecuación de los equipos, procedimientos, materiales, etc. a un determinado procedimiento o reglamento establecido por la propia organización industrial basado en experiencia y en los códigos de diseño y operación. Se pueden aplicar en cualquier fase de un proyecto o modificación de una instalación: diseño, construcción, puesta en marcha, operación y paradas.

Permite comprobar con cierto detalle la adecuación de las instalaciones y constituye una buena base de partida para complementarlas con otros métodos de identificación que tienen un alcance superior al cubierto por los reglamentos e instrucciones técnicas.

Para el presente proyecto se tiene una copia de la Lista de Verificación correspondiente en el *Anexo 2* de este documento.

VI.5.2. HAZOP

La metodología HAZOP, es un procedimiento que permite reconocer riesgos difícilmente reconocibles por simple observación o revisiones de seguridad de tipo general. En la aplicación de esta metodología, se cuestiona a cada una de las partes críticas del proceso para descubrir que desviaciones del propósito original pueden ocurrir y determinar cuáles de esas desviaciones pueden dar lugar a riesgos al personal, al proceso o las instalaciones.

De esa forma, a continuación, se muestra el desarrollo de las citadas metodologías, aplicada a la sustancia de interés:

Para su aplicación, se partió de considerar a todo el proyecto como un sistema; el cual se dividió en partes, que fueron analizadas independientemente con la finalidad de detectar las posibles desviaciones que se pudieran presentar; así como sus causas, efectos y alcance; en función de las características de operación, del equipo involucrado, de los posibles factores externos y fenómenos naturales que pudieran influir en la desviación de su funcionamiento o condiciones normales.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Las “Desviaciones” son cambios que se presentan al propósito y puestas al descubierto por la aplicación sistemática de palabras claves (que pasa sí se reduce, sí se aumenta, sí se para, sí se arranca, sí se rompe, sí se descompone, etc.).

Las “Causas” son los motivos por los que se pueden presentar las desviaciones, cuando se demuestra que una desviación tiene una causa real, se considera como una desviación significativa.

Las “Consecuencias” son los resultados que se obtendrían en caso de que se presentaran las desviaciones.

Posteriormente, en función de la cantidad de material peligroso manejado y como consecuencia del alcance de las consecuencias, de cada parte del sistema, se procedió a calificar la magnitud de las consecuencias de las posibles desviaciones de cada parte del sistema, la cual se da con el producto de la Probabilidad (P) por la Exposición (E) por las Consecuencias (C) y se expresa de la siguiente manera:

$$MR = P \times E \times C$$

También se calificó cada parte del sistema en cuanto a la probabilidad de ocurrencia de sus desviaciones, y por consiguiente de sus consecuencias, de acuerdo a los antecedentes de riesgo registrados y de la facilidad con que podrían ocurrir. Mediante los siguientes valores:

Tabla 26 Probabilidad de ocurrencia

	CALIFICACIÓN
PROBABILIDAD DE RIESGO	
Virtualmente imposible (que prácticamente no ocurre)	0.1
Poco probable, pero posible (que puede ocurrir)	3.0
Muy probable (que puede ocurrir frecuentemente)	6.0
Altamente probable (que sí ocurre)	10.0
FRECUENCIA DE EXPOSICIÓN	
Exposición mínima	0.1
Raro (unas pocas veces al año)	1.0
Ocasional (semanalmente)	3.0
Continuo (frecuente, diario)	10.0
DESCRIPCIÓN DE LAS CONSECUENCIAS	
No graves (sin lesión alguna, casi nada de daño material)	0.5
Apenas graves (lesiones tratadas con primeros auxilios)	1.0
Seria (lesión incapacitante y daños materiales por un monto de 365 días de salario mínimo para el D.F.)	7.0
Desastre (de una a cinco defunciones y daños materiales por un monto de hasta 30 veces el salario mínimo anual para el D.F.)	40
Catástrofe (más de cinco defunciones y daños materiales por un monto mayor de 30 veces el salario mínimo anual para el D.F.)	100

Con base a los valores numéricos que arbitrariamente se han fijado para efectos de esta explicación, la interpretación de los resultados puede ser expresada de la manera siguiente:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Tabla 27 Interpretación de resultados

MAGNITUD DEL RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO
Mayor de 400	El riesgo es muy alto, por lo cual se debe considerar que la ejecución de la operación requiere de la aplicación de medidas de seguridad estrictas y particulares.
De 200 a 400	El riesgo es alto y requiere corrección de inmediato
De 70 a 199	El riesgo es sustancial y necesita corrección
De 20 a 69	El riesgo es posible y reclama atención
Menor de 20	El riesgo es aceptable en el estado actual

Para poder cuantificar cada parte del sistema y obtener como conclusión, su jerarquización, no se han considerado las medidas de seguridad que tendrá cada parte del sistema; ya que, para minimizar los riesgos, en la parte correspondiente a medidas de seguridad, se indican todas aquéllas que se han considerado dentro del proyecto y las que se tendrían que implementar para conseguir una instalación y operación segura, se pueden ver con más detalle HAZOP en el Anexo 2 de este documento.

De acuerdo a lo anterior se pueden jerarquizar los riesgos en el presente proyecto de la siguiente manera (resumen de casos más críticos):

Tabla 28 Jerarquización de Riesgos. Resultado HazOp

	EVENTO	MAGNITUD	PROBABILIDAD
I	1.- ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN PRINCIPAL, ASÍ COMO EL TRAMO DE TUBERÍA PREVIO A SU LLEGADA	62.2	30.5
	1.1.- Deterioro de líneas y accesorios de regulación (válvulas) de gas, por falta de recubrimiento u obsolescencia (corrosión).	21.0	3.0
	1.2.- Fuga de gas en línea de llegada a caseta.	2.1	3.0
	1.3.- Fuga de gas en línea de distribución después de la caseta.	21.0	3.0
	1.7.- Falla de supervisión o de instrumentación de detección de fugas (monitoreo de condiciones de operación) o instrumentación en mal estado	3.0	3.0
	1.8.- Falta de mantenimiento (recubrimientos) de pruebas de hermeticidad periódicas, radiografiado, mantenimiento menor (pintura anticorrosiva en instalaciones superficiales en línea de conducción de gas)	3.0	3.0
	1.10.- Falta de sistemas de corte de flujo rápido en el sitio no se tienen válvulas operadas a control remoto	3.0	3.0
	II	2.- GASODUCTO DE ACERO 6" DE DIÁMETRO	95.10	21.7
2.1.- No se tiene un procedimiento ordenado de mantenimiento de tuberías y accesorios.		3.0	3.0
2.2.- No se cuenta con un programa de revisión (fugas, corrosión, debilitamiento) y mantenimiento de tuberías y accesorios.		63.0	3.0
2.5.- Ausencia de flujo de gas natural		0.15	3.0
2.8.- Las temperaturas y presiones de operación exceden las de diseño de tuberías y accesorios		2.1	0.1
2.9.- Sellos de válvulas y bridas en mal estado, falta de apriete o torque inadecuado.		2.1	0.1
2.11.- Falta de precaución en el desalojo de fluidos en el interior de		0.3	3.0

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

	EVENTO	MAGNITUD	PROBABILIDAD
	tuberías para reparación		
III	3.- ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN SECUNDARIA	178.5	18.4
	3.1.- Deterioro de líneas y accesorios de regulación (válvulas) de gas, por falta de recubrimiento u obsolescencia (corrosión).	63.0	3.0
	3.2.- Falta de supervisión o de instrumentación de detección de fugas (monitoreo de condiciones de operación) o instrumentación en mal estado..	63.0	3.0
	3.3.- Falta de mantenimiento (recubrimientos), de pruebas de hermeticidad periódicas, radiografiado, mantenimiento menor (pintura anticorrosivo en instalaciones superficiales en línea (ducto) de conducción de gas.	21.0	3.0
	3.4.- Falta de supervisión de buen estado de abrazaderas y soportes de líneas de conducción.	9.0	3.0
IV	4.- GASODUCTO DE POLIETILENO DE 6” DE DIÁMETRO	137.1	21.7
	4.1.- No se tiene un procedimiento ordenado de mantenimiento de tuberías y accesorios.	3.0	3.0
	4.2.- No se cuenta con un programa de revisión (fugas, corrosión, debilitamiento) y mantenimiento de tuberías y accesorios.	63.0	3.0
	4.5.- Ausencia de flujo de gas natural	0.15	3.0
	4.8.- Las temperaturas y presiones de operación exceden las de diseño de tuberías y accesorios	2.1	0.1
	4.9.- Sellos de válvulas y bridas en mal estado, falta de apriete o torque inadecuado.	2.1	0.1
V	5.- ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN USUARIO	43.5	18.4
	5.1.- Deterioro de líneas y accesorios de regulación (válvulas) de gas, por falta de recubrimiento u obsolescencia (corrosión).	9.0	3.0
	5.2.- Falta de supervisión o de instrumentación de detección de fugas (monitoreo de condiciones de operación) o instrumentación en mal estado..	3.0	3.0
	5.3.- Falta de mantenimiento (recubrimientos), de pruebas de hermeticidad periódicas, radiografiado, mantenimiento menor (pintura anticorrosivo en instalaciones superficiales en línea (ducto) de conducción de gas.	21.0	3.0
	5.4.- Falta de supervisión de buen estado de abrazaderas y soportes de líneas de conducción.	3.0	3.0

Para realizar una mejor Jerarquización de los riesgos involucrados en el Sistema de Transporte de Gas Natural, se llevó a cabo la metodología de evaluación por una Matriz de Jerarquización y como adicional también un índice de Mond, los cuales se definen y determinan en el *Anexo 2* de este documento.

Determinar los Radios Potenciales de Afectación, a través de la Aplicación de Modelos Matemáticos de Simulación, del o los eventos Máximos Probables de Riesgo Identificados en el punto 1.6.1, e Incluir la Memoria de Cálculo para la Determinación de los Gastos, Volúmenes y Tiempos de Fuga Utilizados en las Simulaciones, Debiendo Justificar y Sustentar Todos y Cada Uno de los Datos Empleados en Dichas Determinaciones.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

También como parte de la jerarquización de riesgos, decidió utilizarse de Matriz de Jerarquización de Riesgos y como adicional un Índice de Mond.

VII. Descripción del Proyecto

El proyecto comprende la elaboración de un Estudio de Riesgo que permita identificar los riesgos probables en este proyecto, definiendo solamente el área operativa correspondiente a la:

a) Sistema de Transporte de Gas Natural

En el análisis se incluirán las líneas de servicio involucradas, así como la Estación de Regulación y Medición principal, la ERM secundaria y la ERM del usuario.

El proyecto considera buscar mediante un cumplimiento estricto de la normatividad vigente (tanto técnica como ambiental y de seguridad) un incremento sustancial en la seguridad del sistema.

VII.1.1. Alcance

El presente estudio comprende la aplicación del método de jerarquización “Matriz de Jerarquización de Riesgos” y como adicional un “Índice de Mond” a la sección que comprende el Sistema de Transporte de Gas Natural para el Parque Industrial Arco 57, en Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México.

Desarrollo del estudio

VII.2.1. Jerarquización de Riesgos

Matriz de Jerarquización de Riesgos

Mediante los puntos de riesgos establecidos en el párrafo anterior, se condensó la información de los riesgos en una matriz de jerarquización, la cual permite identificar de manera más visual la clasificación de cada riesgo.

La matriz se clasificará de acuerdo a los siguientes colores (los colores estarán determinados por los valores totales obtenidos):

	POR FALLO	POR NODO
Rojo	Evento que requiere corrección	Nodo más crítico y necesita acción preventiva
Amarillo	Evento que requiere atención	Nodo que requiere procedimiento preventivo
Verde	Evento aceptable, y requiere procedimiento de prevención	Nodo con riesgo aceptable

Nota: Se puede visualizar la presente matriz en el Anexo 2

Justificación de la metodología seleccionada

El número de metodologías para identificar y jerarquizar los riesgos ambientales se ha ido diversificando conforme la tecnología, generación y accesibilidad de información han ido mejorando, es por ello que el primer aspecto a resolver es la elección del enfoque y método adecuados con base a las características particulares del proyecto y a la información base disponible.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

En términos generales, los métodos existentes* varían en nivel de complejidad y requieren de distintos tipos de datos, experiencia y herramientas tecnológicas; por lo tanto, producen diferentes niveles de precisión y certidumbre, sin embargo, en general dependen en buena parte de la experiencia del grupo de expertos quien realiza el estudio.

Con base en lo anterior, se consideró como mejor opción el uso de matrices numéricas de interacción como metodología para la jerarquización de los riesgos debido a que es un procedimiento lógico, objetivo y presenta la información de manera clara y concisa lo que permite jerarquizar los riesgos de acuerdo a las particularidades del proyecto.

Mediante el uso de esta metodología, es posible apreciar la afectación de cada riesgo en su medio ambiente. También, al asignárseles un valor numérico en función de la magnitud del riesgo, se identifica y jerarquiza fácilmente aquellas acciones más relevantes.

Conclusión de la Jerarquización

Al finalizar ambas metodologías para la identificación y jerarquización de riesgos, refiriéndonos al HazOp y jerarquización de riesgos, hablando de la matriz, se puede concluir, que posterior a la interconexión en la Estación de Regulación y Medición Principal, el proceso tiene una mayor magnitud de riesgo, recayendo principalmente en el gasoducto, esto debido a la infraestructura que lo conforma, así como a sus condiciones de operación. Un punto medular también es la Estación de Regulación y Medición Secundaria, esto debido a su ubicación.

Se determinó también que previo a la Estación de Regulación y Medición del Usuario es donde se localiza el menor nivel de riesgo, ya que las condiciones operativas son menos drásticas;

Los escenarios de Riesgo a simular se proponen que sean en los puntos clave a lo largo del sistema, realizando énfasis en el área de mayor riesgo como se observó en el HazOp y la matriz de riesgo, quedando de la siguiente manera:

- Estación de Regulación y Medición Principal (Previo y Posterior a la Regulación) (Escenario que se puede localizar en el NODO 1A y 1B del Anexo 2)
- Gasoducto de Acero de 6” (Ruptura total y 20% del diámetro total) (Escenario que se puede localizar en el NODO 2A y 2B del Anexo 2)
- Estación de Regulación y Medición Secundaria (Posterior a la Regulación) (Escenario que se puede localizar en el NODO 3 del Anexo 2)
- Gasoducto de Polietileno de 6” (Ruptura total y 20% del diámetro total) (Escenario que se puede localizar en el NODO 4A y 4B del Anexo 2)
- Estación de Regulación y Medición del Usuario (Posterior a la Regulación) (Escenario que se puede localizar en el NODO 5 del Anexo 2)

Como metodología adicional y de apoyo se realizó un índice de Mond, describiéndolo a continuación:

Metodología Índice de Mond

* Por mencionar algunos: *Métodos ad hoc*, útiles cuando existen limitantes con respecto al tiempo e información, por lo que la evaluación depende casi en su totalidad en la opinión de los expertos. Los *Checklists* y *matrices* son adecuadas para organizar y presentar información; los *Métodos de Evaluación Rápida* son útiles para evaluar los impactos en sitios donde los cambios en los ecosistemas son acelerados; entre otros.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Para el desarrollo de esta etapa se optó por aplicar una metodología semicuantitativa para la jerarquización de los riesgos, la cual, aunque no llega al detalle y rigor de una evaluación cuantitativa, supone un avance hacia ello desde los métodos cualitativos, dado que el resultado obtenido es una clasificación relativa del riesgo asociado a la planta o a partes de la misma.

Este método conocido como “Índice de Mond” fue desarrollado por técnicos de Imperial Chemical Industries (ICI) a partir del Índice DOW. La primera versión fue publicada en 1979 y la segunda en 1985.

Dicho método se basa en la asignación de penalizaciones y/o bonificaciones a diferentes áreas e instalaciones de una planta química.

Las penalizaciones son asignadas en función de las sustancias presentes y las condiciones de proceso.

Dichas bonificaciones tienen en cuenta las instalaciones de seguridad que pueden mitigar o prevenir efectos adversos a la operación de la instalación.

Esta metodología encuentra su empleo como método de clasificación previa en grandes unidades o complejos como la que estamos estudiando, permitiendo de esta forma identificar y clasificar las áreas con mayor riesgo potencial, a las que se deben aplicar otro tipo de eventos de mayor interés tomando en cuenta los escenarios de incidentes más recurrentes y sus efectos, de una manera objetiva y práctica.

La principal diferencia frente al “Índice DOW” es que se considera la toxicidad de las sustancias presentes como un factor independiente y su efecto en contacto con el ser humano.

VII.2.2 Proceso de Cálculo del Índice de Mond

El proceso de cálculo del Índice Mond puede verificarse en la descripción de las fases siguientes, así como en el Esquema anexo al final:

VII.2.3 Primera Fase de Cálculo

Considera la unidad en su forma más básica con el número mínimo de controles necesarios para su operación normal.

Se mide la energía de la unidad acorde con la magnitud del material que contiene y consiste en determinar.

- Material o mezcla principal
- Factor de Material (B)

VII.2.4 Segunda Fase de Cálculo

Considera los factores que pueden agravar el riesgo y consiste en ponderar cada una de las siguientes variables:

Riesgos Especiales del Material

- Productos Oxidantes
- Da lugar a gas combustible con agua

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

- Características de mezcla y dispersión
- Puede inflamarse espontáneamente
- Puede polimerizar espontáneamente de forma rápida
- Sensibilidad a la ignición
- Puede dar descomposición explosiva
- Puede dar lugar a detonación del gas
- Propiedades de la fase condensada
- Otros

Se obtiene un Factor de Riesgo Especial del Material **(M)**

Riesgos Generales del Proceso

- Manejo y cambios físicos
- Características de la reacción
- Reacciones Batch
- Multiplicidad de reacciones
- Desplazamiento de material
- Contenedores Transportables

Se obtiene un Factor de Riesgo General del Proceso **(P)**

Riesgos Especiales del Proceso

- Baja presión
- Alta presión
- Baja temperatura
- Alta temperatura
- Corrosión y erosión
- Fuga por juntas y cierres
- Vibración, fatiga, etc.
- Reacciones difíciles de contemplar
- Operación cercana al rango de inflamabilidad
- Oxidantes potentes
- Sensibilidad del proceso a la ignición
- Riesgo de electricidad estática

Se obtiene un Factor de Riesgos Especiales del Proceso **(S)**

Riesgos Asociados a las Cantidades

- Cantidad total de material **(K)**
- Factor de cantidad **(Q)**

Riesgos Asociados a la Implantación

Altura en metros **(H)**

Área de Trabajo en m² **(N)**

- Diseño de la estructura
- Efecto dominó
- Bajo tierra
- Superficie de drenaje
- Otros

Se obtiene un Factor de Riesgo de Implantación **(L)**

Riesgos Asociados a Daños Graves a la Salud

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

- Efectos sobre la piel
- Efectos por inhalación

Se obtiene un Factor de Riesgos Graves a la Salud **(T)**

***Tercera Fase de Cálculo.* - Determinación de los Factores de Bonificación**

Considera los factores que pueden abatir el riesgo y consiste en ponderar cada una de las siguientes variables:

Riesgos Asociados a la Contención

- Recipientes a presión
- Tanques verticales atmosféricos
- Tuberías de Transferencia
- Detección y respuestas frente a una fuga o derrame
- Alivio de presión de emergencia

Se obtiene un Factor de Riesgos Asociados a la Contención **(K1)**

Riesgos Asociados al Control del Proceso

- Sistemas de alarma
- Suministros eléctricos de emergencia
- Sistemas de refrigeración
- Sistemas de inertización
- Actividades de estudios de riesgos
- Sistemas de seguridad de paro de la planta
- Control computarizado
- Protección de reactores
- Procedimientos de operación
- Supervisión de la planta

Se obtiene un Factor de Control del Proceso **(K2)**

Actitud con Respecto a la Seguridad

- Implicación por parte de la dirección
- Entrenamiento de seguridad
- Procedimientos y mantenimiento de seguridad

Se obtiene un Factor de Actitud Frente a la Seguridad **(K3)**

Protección Contra Incendio

- Protección Estructural contra el fuego
- Barreras y/o muros contra el fuego
- Equipo de protección Contra incendio

Se obtiene un Factor de Protección Contra Incendio **(K4)**

Aislamiento

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

- Sistemas de válvulas
 - Ventilación
 - Procedimientos y mantenimiento de seguridad
- Se obtiene un Factor de Aislamiento de Fugas **(K5)**

Lucha Contra Incendios

- Alarmas de incendio
 - Extintores manuales
 - Suministro de agua
 - Rociadores de agua o monitores
 - Instalación de espuma o inertización
 - Brigada contra incendio
 - Pactos de ayuda mutua en caso de incendio
 - Ventilación de gases
- Se obtiene un Factor de Lucha Contra Incendios **(K6)**

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

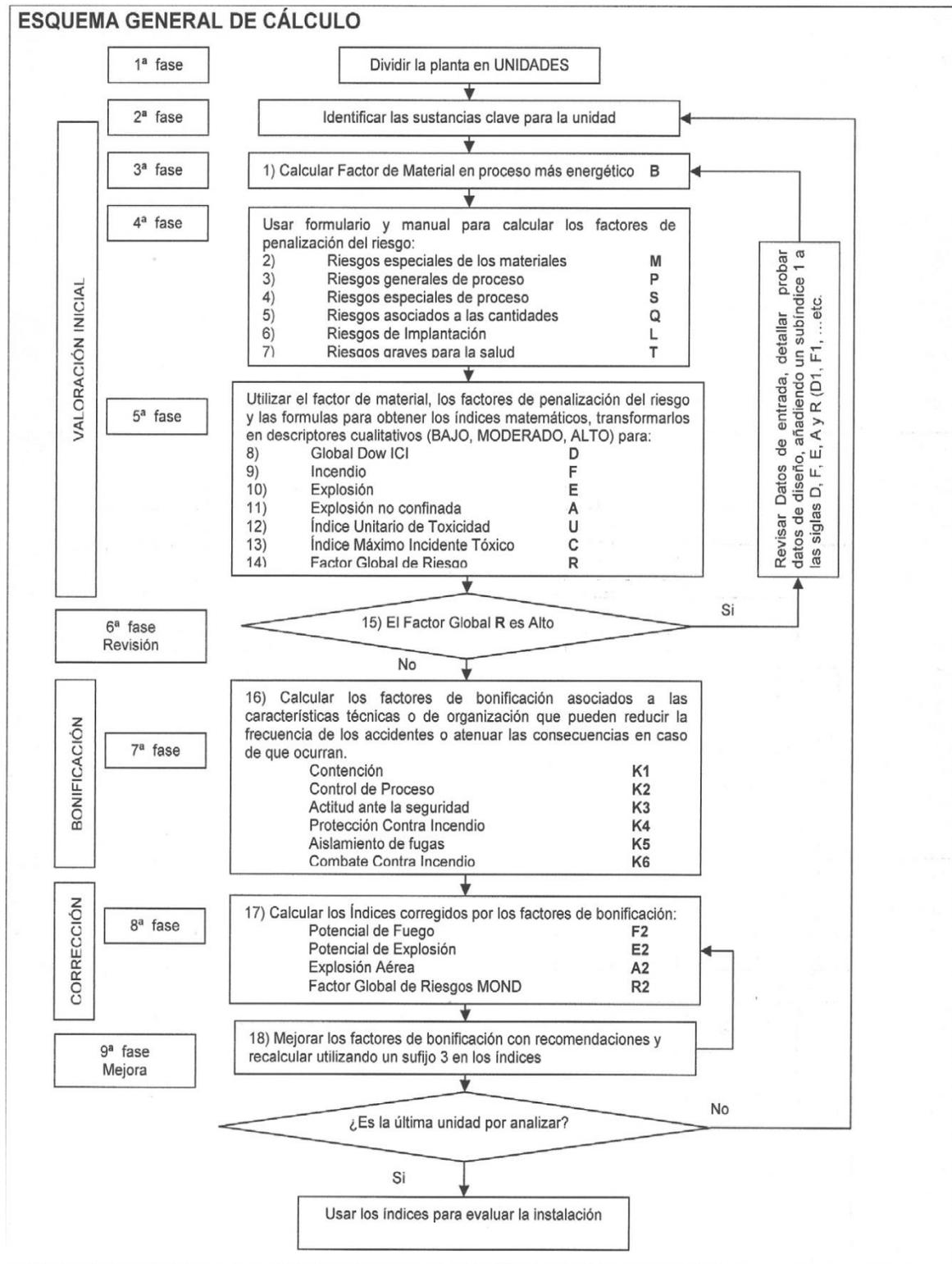


Figura 22 Diagrama de Flujo del Método

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

VII.2.5 Rangos de Clasificación de los Diferentes Índices Calculados

Cálculo del Índice Global DOW/ICI

Los factores individuales incluidos en los diferentes rubros, se totalizan en varios subgrupos que después, se incluyen en el Índice Global DOW/ICI **D**, según las bases establecidas originalmente por DOW.

Las descripciones del grado de riesgo global representado por el Índice Global DOW/ICI se estandarizan como sigue:

Tabla 29 Grado de riesgo

Rango del Índice Global DOW/ICI (D)	Grado Total de Riesgo
0 – 20	Suave
20 – 40	Ligero
40 – 60	Moderado
60 – 75	Moderadamente Alto
75 – 90	Alto
90 – 115	Extremo
115 – 150	Muy Extremo
150 – 200	Potencialmente Catastrófico
Mayor a 200	Muy Catastrófico

Cálculo de Potencial de Fuego

Se considera útil estimar el potencial de fuego de la unidad porque esto da una indicación de la duración del fuego en el caso de un incidente.

Se han dado también categorías para los valores de la cantidad de fuego **F** y se han identificado con duraciones de fuego usando datos y registros de incidentes como sigue:

Tabla 30 Registros de incidentes

Cantidad de Fuego (F) en BTU/ft ² del Área Normal de Trabajo	Categoría	Rango de Duración (Fuego-Horas)	Comentarios
0 – 50,000	Ligero	¼ - ½	
50,000 – 100,000	Bajo	½ - 1	Casas
100,000 – 200,000	Moderado	1 – 2	Fábricas
200,000 – 400,000	Alto	2 – 4	Fábricas
400,000 – 1'000,000	Muy Alto	4 – 10	Edificios ocupados
1'000,000 – 2'000,000	Intenso	10 – 20	Bodegas de Hule
2'000,000 – 5'000,000	Extremo	20 – 50	
5'000,000 – 10'000,000	Muy Extremo	50 -100	

Cálculo de Potencial de Explosión

En determinadas situaciones se observará que un nivel dado de categoría del Índice Global DOW/ICI, se acompañará por una cantidad de Fuego de menor categoría. Esto indica que se deben examinar variaciones en el Riesgo de Explosión, lo que se hace de las dos siguientes formas:

Se calcula un Índice **E** de explosión interna de la planta, como una medida del riesgo de explosión interior. Las categorías asignadas a los valores del Índice son:

Tabla 31 Potencial de explosión

Índice de Explosión Interna de la Sección (E)	Categoría
---	-----------

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

0 – 1	Ligero
1 – 2.5	Bajo
2.5 – 4	Moderado
4 – 6	Alto
Arriba de 6	Muy Alto

Esto no representa el único potencial de explosión de la sección, como lo confirma el consenso general acerca de los riesgos de explosión aérea. De un estudio de un gran número de escapes de sustancias inflamables que han dado lugar ya sea a explosiones aéreas o a nubes que han causado únicamente fuego por ignición, ha sido posible identificar un número de factores incluidos en el Índice de Mond y que pueden usarse para derivar el Índice A de Explosión Aérea.

Las categorías asignadas a varios valores de **A** son:

Tabla 32 Índice de explosión varios valores A

Índice de Explosión Aérea (A)	Categoría
0 – 10	Ligero
10 – 30	Bajo
30 – 100	Moderado
100 – 500	Alto
Arriba de 500	Muy Alto

Cálculo de Riesgos de Toxicidad

Un índice unitario de Toxicidad U se calcula de manera que represente la influencia de la toxicidad y consideraciones afines sobre el control y supervisión de la sección de la planta. Las categorías asignadas a los valores del Índice Unitario de Toxicidad **U** son:

Tabla 33 Categorías de toxicidad (U)

Índice Unitario de Toxicidad (U)	Categoría
0 – 1	Ligero
1 – 3	Bajo
3 – 6	Moderado
6 – 10	Alto
Arriba de 10	Muy Alto

Usando una combinación del Índice Unitario de Toxicidad U y el Factor de Cantidad Q, se obtiene el Índice del Máximo incidente Tóxico C.

Las categorías asignadas a valores del Índice **C** del Máximo incidente Tóxico son:

Tabla 34 Categorías de toxicidad (C)

Índice del Máximo Incidente Tóxico (C)	Categoría
0 – 20	Ligero
20 – 50	Bajo
50 – 200	Moderado
200 – 500	Alto
Arriba de 500	Muy Alto

Cálculo de Factor Global de Riesgos (MOND)

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

En la división MOND se ha visto que la magnitud global de riesgo a usarse cuando se considera el arreglo de equipo de una planta, debe tener mayor influencia de los siguientes factores que lo permitido en el Índice Global DOW/ICI.

De acuerdo a lo anterior, se ha desarrollado una Magnitud Global de Riesgos R , que maneja estos factores de manera más adecuada.

Las categorías asignadas a los valores del Factor Global de Riesgo R son:

Tabla 35 Categorías de toxicidad (R)

Factor Global de Riesgo (R)	Categoría del Riesgo Global
0 – 20	Suave
20 – 100	Bajo
100 – 500	Moderado
500 – 1,100	Alto (Grupo 1) Aceptable
1,100 – 2,500	Alto (Grupo 2) No Aceptable
2,500 – 12,500	Muy Alto
12,500 – 65,000	Extremo
Mayor a 65,000	Muy extremo

Resumen de la aplicación del índice de Mond al proyecto

El Factor R de Riesgo Global (más los otros índices) se pueden considerar aceptables; en caso contrario, se requerirá trabajo posterior para lograr tal objetivo.

El primer paso es revisar los factores individuales y asegurarse si se puede hacer una reducción por cualquiera de las siguientes razones:

- Si se ha sobre enfatizado un riesgo dado en la estimación general.
- Alteraciones hechas a tamaños, condiciones de operación, etc., relativas a las unidades que forman parte de la sección.
- Sustitución por diferentes tipos de equipo de proceso de aquellos seleccionados originalmente.
- Adopción de diseños de equipo que involucren menos riesgo de falla de operación de la unidad o fuga de materiales clave.

En el caso de propuestas para una planta con proceso nuevo, pueden existir pocas posibilidades de efectuar cambios a menos que se efectúe una investigación adecuada de las alternativas. Si un cambio en particular puede reducir en forma considerable el riesgo, se justifica el trabajo de investigación necesario.

Con plantas en operación, los registros y experiencia de accidentes pueden tomarse como guía para mejorar diseños y técnicas de operación. Sin embargo, debe tenerse cuidado al usar las experiencias de operación para disminuir los factores de riesgo en áreas donde no se hayan presentado accidentes.

Si no se cumple con estos requisitos, es fácil concluir que no existe riesgo y por un incidente posterior confirmar que el riesgo existía, pero no se había presentado debido a circunstancias fortuitas. Siempre que los factores de riesgo individual se reduzcan, el nuevo valor debe aparecer en una columna de “valor reducido” en los formatos correspondientes y deberá adicionarse una nota de la razón del cambio. Una vez que los cambios individuales se hayan hecho, los varios índices se deben re-calcular.

VII.3.1 Tabulación de los resultados

A continuación, se presentarán tabulados los resultados obtenidos para cada la sección de estudio, los cuales se estructuraron a partir de los reportes del “Índice de Mond” correspondientes (*Ver tabla anexa*) y podrá de esta manera verse el grado de influencia que tuvieron para considerar y abatir los riesgos involucrados:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Sistema de Transporte de Gas Natural

Tabla 36 Resultado índices del sistema

Índice	Inicial	Valor	Categoría
Índice DOW Equivalente	D	134.10	Muy Extremo
Índice de Riesgo de Incendio	F	0.0045	Ligero
Índice de Riesgo de Explosión Interna	E	3.4	Moderado
Índice de Riesgo de Explosión Aérea	A	3.29	Ligero
Índice Global de Riesgo	R	145.17	Moderado

Tabla 37 Resultado índices con reducción

Índice con Reducción	Inicial	Valor	Categoría
Índice DOW Equivalente Reducido	D_R	75.90	Alto
Índice de Riesgo de Incendio Reducido	F_R	0.00195	Ligero
Índice de Riesgo de Explosión Interna Reducido	E_R	1.84	Bajo
Índice de Riesgo de Explosión Aérea Reducido	A_R	0.02	Ligero
Índice Global de Riesgo Reducido	R_R	19.52	Bajo

Conclusiones

Como resultado de este estudio se puede concluir que el sistema de transporte considerado en el Proyecto, utilizará equipos modernos y contará con las medidas necesarias para aminorar los riesgos que implica la operación de este sistema.

Asimismo, se observa que el diseño actual considera la aplicación de la normatividad y prácticas recomendadas apropiadas como corresponde a este tipo de instalaciones industriales y sus riesgos asociados.

Para el caso de su diseño de detalle y su construcción se ha previsto el cumplimiento de la normatividad y especificaciones más estrictas, mismas que son las requeridas por la industria de distribución de hidrocarburos a nivel internacional y que se le ha dado relevancia a la seguridad y a las previsiones ambientales enfocadas al cuidado de la salud y seguridad de los trabajadores y de la comunidad, así como el cuidado del ambiente.

Sin embargo, se detecta también que se cuenta con un área de oportunidad importante en lo referente a la postura de la seguridad por parte de la administración y sus trabajadores, ya que, al implementar prácticas de capacitación y continuidad en el proceso de seguridad, mejorarán sus prácticas operativas.

De acuerdo con la información técnica del proyecto, se puede observar que se han cubierto adecuadamente los aspectos de la seguridad a través de la integridad mecánica de los equipos y sistemas y que las instalaciones contarán con los medios adecuados para el cuidado del ambiente.

Se advierten también las previsiones apropiadas para evitar y controlar las posibles alteraciones a las condiciones normales de operación que pudieran originar riesgos por fuga de Gas Natural.

Acorde con los resultados del estudio es factible mencionar que el área verificada con la revisión de las políticas, sistemas, características del diseño y compromisos de seguridad involucrados, el nivel de riesgo

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniuilpan de Juárez, Estado de México”

de la instalación es aceptable y sus consecuencias no afectarían a la población aledaña ni a sus bienes alrededor de la instalación.

Por lo anterior, se puede resumir diciendo que el proyecto, tiene un nivel de riesgo aceptable y el control y atención de los mismos se verá centralizado dentro de los límites del área destinada a estas obras de ampliación.

Una vez identificados y jerarquizados estos riesgos, se simulan en forma matemática por medio del software ARCHIE (**Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation**), versión 1.0 de Microsoft Corp. 1982-1986; este Software ha sido aceptado por OSHA y USEPA.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Contenido

I. Descripción de las Zonas de Protección entorno a las Instalaciones.....	2
I.1 Radios Potenciales de Afectación.....	2
I.1.1 Simulación de Eventos de Riesgo.....	3
I.2 Interacciones de Riesgo.....	7
I.3 Efectos sobre el sistema ambiental.....	8
I.3.1 Generalidades.....	8
I.3.2 Desarrollo del Estudio.....	9
I.3.3 Recomendaciones.....	15

Índice de Tablas

Tabla 37 Interacciones de Riesgo resultantes de su identificación, jerarquización y evaluación.	6
Tabla 38 Grado de Riesgo.....	10
Tabla 39 Registro de Incidentes.....	10
Tabla 40 Potencial de explosión.....	11
Tabla 41 Índice de explosión varios valores A.....	12
Tabla 42 Categorías de toxicidad (U).....	12
Tabla 43 Categorías de toxicidad (C).....	12
Tabla 44 Categorías de toxicidad (R).....	13
Tabla 45 Resultado índices del sistema.....	15
Tabla 46 Resultado índices con reducción.....	15

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

I. Descripción de las Zonas de Protección en torno a las Instalaciones

I.1 Radios Potenciales de Afectación

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACION

La emisión de contaminantes a la atmósfera y el importante manejo de sustancias peligrosas debido a las actividades industriales, son actualmente un aspecto de gran atención ambiental, salud y seguridad. Por lo que la siguiente etapa del análisis de riesgo ambiental es determinar cuáles serían las consecuencias de los posibles eventos no deseados, para ello se utilizó un programa electrónico de simulación a manera de poder cuantificar sus efectos.

El aspecto de manejo, transporte o almacenamiento de sustancias peligrosas es de importancia debido a los efectos que se pueden presentar en caso de accidente; de particular interés es el referente a la liberación en la atmósfera de un gas o vapor tóxicos provenientes de una fuga. Al respecto, el factor crítico a considerar es la posible exposición de la gente a concentraciones que puedan afectar severamente su salud o incluso provocar su muerte.

Una situación parecida a la anterior es la relativa a la liberación masiva e instantánea de un gas tóxico el cual forma una nube o "puff" que es transportada por el viento. Aquí es también importante poder prevenir la exposición de la población a niveles peligrosos o letales.

En este proyecto, el manejo de gas natural implica riesgos de fuga y deflagración entre otros. En este caso, es importante estimar los radios de afectación y la magnitud de los daños potenciales por la ocurrencia de un evento explosivo, considerando el personal expuesto y las características de las instalaciones y procesos existentes.

En general, los riesgos potenciales tendrán una probabilidad de ocurrencia dependiendo de los siguientes parámetros:

- Presión
- Corrosión
- Flujo
- Agentes externos
- Errores humanos

La falla se puede detectar por medio de la diferencia entre presiones y cantidades el suministro y el consumo de gas natural, o por un tercero que notifique la fuga. Es importante señalar que las simulaciones que se presentan fueron realizadas observando las condiciones climatológicas y meteorológicas extremas del sitio en estudio (anexo 2 del estudio que se está realizando), así como las propiedades específicas de la sustancia estudiada. La importancia de esta observación radica en el hecho de que, en caso de presentarse alguno de los eventos definidos, no significa que se presentará el comportamiento que se determinó con la simulación, ya que las condiciones pueden ser completamente diferentes y pueden generar situaciones de menor riesgo.

Juegan un papel importante entre los criterios a observar en la evaluación de riesgo ambiental, el establecimiento de parámetros de medición mediante los cuales se fijan valores tope que permitan salvaguardar la salud de quienes se encuentran en los alrededores de instalaciones de alto riesgo, así como proteger sus bienes.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

En lo relativo a afectación por riesgo de actividades en las cuales se utilizan sustancias con características explosivas, tal es el caso del proyecto en comento para la determinación de la **zona de alto riesgo**, se establece como parámetro de afectación las ondas de sobrepresión de 0.070 Kg/cm² (1 PSIG), tomando como zona de afectación, el área de un círculo con un radio que considera la distancia desde el punto donde se puede formar la nube explosiva y cuyo extremo representa la distancia a la cual se tiene una onda con valor equivalente a dicha sobrepresión.

Para el establecimiento de la **zona de amortiguamiento**, se establece como parámetro de afectación 0.035 Kg/cm² (0.5 PSIG), tomando como zona de afectación, el área de un círculo con un radio que considera la distancia desde donde se encuentra el punto de formación de la nube explosiva y cuyo extremo representa la distancia a la cual se tiene la citada onda de sobrepresión.

Para definir y justificar las zonas de seguridad entorno al proyecto, se aplicaron los criterios establecidos por la propia Guía para la presentación del Estudio de Riesgo Ambiental, Modalidad, Ductos Terrestres, expedida por la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, los cuales se muestran en la siguiente Tabla.

Criterios de zonas de seguridad

	ALTO RIESGO	AMORTIGUAMIENTO
Explosividad (sobrepresión)	0.070 Kg/cm ² (1 psig)	0.035 Kg/cm ² (0.5 psig)

I.1.1 Simulación de Eventos de Riesgo

Es relevante señalar el hecho de que los eventos modelados a continuación, se refieren a los posibles escenarios que mayores consecuencias pueden tener en la operación del ducto de Gas natural.

La simulación o modelación de estos eventos se ha realizado con los modelos matemáticos del paquete ARCHIE (**Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation**), el cual está integrado por tres modelos:

- Evaluación del riesgo de chorros de flama o dardos de fuego.
- Evaluación del riesgo de fuego por nube o pluma de vapor.
- Evaluación del riesgo de explosión de nubes de vapor (no confinadas).

Los tres modelos de dispersión son del tipo Gaussiano y permiten obtener estimaciones de concentraciones en el aire, considerando condiciones de emisión y estabilidad atmosférica particulares. Este paquete de simulación debe considerarse primariamente como herramienta de evaluación preliminar para el análisis detallado de posibles situaciones de dispersión de un contaminante a través del cual se pueden simular o representar condiciones específicas de un emisor y su entorno.

Consideraciones primarias

Es muy importante mencionar los siguientes aspectos considerados en la determinación del evento de riesgo:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

- El modelo que se utilizará para simular este escenario es de la una nube de explosiva de vapor sin confinar, mencionado anteriormente. El efecto de explosividad que se puede producir por la ignición de una nube de vapor inflamable sin confinar, es una de las **menos** frecuentes pero con consecuencias más severas.
- Es importante mencionar que, en la mayoría de los programas de simulación, es común expresar la energía liberada de la sustancia explosiva relacionada a una carga equivalente de TNT, así como también se emplean los datos disponibles de sobrepresión producidas en explosiones por TNT.

En el *Anexo 2* se pueden verificar los correspondientes a las modelaciones realizadas para este proyecto.

NODO NO. 1A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1/2” DE DIAMETRO, EN UNA JUNTA O BRIDA EN MAL ESTADO PREVIO A LA REGULACIÓN DE LA ESTACION DE MEDICIÓN Y REGULACION PRINCIPAL (**ERMP**) UBICADA EN LA INTERCONEXION CON EL GASODUCTO TRONCAL PROPIEDAD DEL CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE GAS NATURAL (CENAGAS), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **15 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE ACCESGAS Y DE CENAGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 1B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1/2” DE DIAMETRO, EN UNA JUNTA O BRIDA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DE LA ESTACION DE MEDICIÓN Y REGULACION PRINCIPAL (**ERMP**) UBICADA EN LA INTERCONEXION CON EL GASODUCTO TRONCAL PROPIEDAD DEL CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE GAS NATURAL (CENAGAS), DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **15 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DE ACCESGAS Y DE CENAGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 2A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE AL 20% DEL DIÁMETRO NOMINAL DEL DUCTO (1.2”), EN UN TRAMO DE TUBO DEBIDO A UNA RUPTURA DEL MISMO, ESTO EN UN PUNTO CUALQUIERA DEL TRAYECTO DESDE LA ERMP DEL PUNTO DE INTERCONEXIÓN Y HASTA LA ERM SECUNDARIA, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **15 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE OPERACIÓN DE ACCESGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 2B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL DEBIDO A LA RUPTURA TOTAL DEL DUCTO (6”), ESTO EN UN PUNTO CUALQUIERA DEL TRAYECTO DESDE LA ERMP DEL PUNTO DE INTERCONEXIÓN Y HASTA LA ERM SECUNDARIA, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **4 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE OPERACIÓN DE ACCESGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 3: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1/4” DE DIAMETRO, EN UNA JUNTA O BRIDA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DE LA ESTACION DE MEDICIÓN Y REGULACION SECUNDARIA, UBICADA EN LOS PREDIOS DEL USUARIO, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DEL PARQUE Y DE ACCESGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 4A: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE AL 20% DEL DIÁMETRO NOMINAL DEL DUCTO (1.2”), EN UN TRAMO DE TUBO DEBIDO A UNA RUPTURA DEL MISMO, ESTO EN UN PUNTO CUALQUIERA DEL TRAYECTO DESDE LA ERM SECUNDARIA Y HASTA LA ERM DEL USUARIO ANCLA, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE OPERACIÓN DE ACCESGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

NODO NO. 4B: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL DEBIDO A LA RUPTURA TOTAL DEL DUCTO (6”), ESTO EN UN PUNTO CUALQUIERA DEL TRAYECTO DESDE LA ERM SECUNDARIA Y HASTA LA ERM DEL USUARIO ANCLA, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **4 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE OPERACIÓN DE ACCESGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

NODO NO. 5: FUGA ACCIDENTAL DE GAS NATURAL POR UN ORIFICIO EQUIVALENTE A 1/4” DE DIAMETRO, EN UNA JUNTA O BRIDA EN MAL ESTADO POSTERIOR A LA REGULACIÓN DE LA ESTACION DE MEDICIÓN Y REGULACION DEL USUARIO, UBICADA EN LOS PREDIOS DEL USUARIO, DURANTE UN TIEMPO PROMEDIO DE **10 MINUTOS**, QUE ES EL TIEMPO REQUERIDO ANTES DE QUE SE ACTIVE EL PROGRAMA DE ATENCION DE EMERGENCIAS Y QUE EL PERSONAL DE SEGURIDAD DEL USUARIO Y DE ACCESGAS, CIERRE LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO QUE AISLEN EL SISTEMA.

Los modelos utilizados del menú de opciones del programa de simulación, fueron los siguientes:

- ✓ G) Evaluación del riesgo de chorros de flama o dardos de fuego.
- ✓ H) Evaluación del riesgo de fuego por nube o pluma de vapor.
- ✓ I) Evaluación del riesgo de explosión de nubes de vapor (no confinadas).

El análisis de riesgo se efectuó considerando los siguientes aspectos: la naturaleza del proceso, las características físico-químicas del **gas natural** a utilizar; las características de manejo y las condiciones de operación. Para evaluar la magnitud de las consecuencias o daños que ocasionarían accidentes o eventos relacionados con la liberación o emisión de **gas natural**, se realizó utilizando el programa de simulación conocido como:

Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation (ARCHIE, ver.1.00).
Federal Emergency Management Agency, U.S.A.
U.S. Department of Transportation
U.S. Environmental Protection Agency
Microsoft Corp. 1982-1986

Este programa fue desarrollado por el Gobierno Federal de los Estados Unidos a través de la Administración de Programas Especiales e Investigación de la Oficina de Transporte de Materiales Peligrosos de su Departamento de Transportación. Considerando los criterios del Instituto Americano de Ingenieros Químicos de U.S.A., AIChE y del Banco Mundial.

Este simulador de riesgo es aceptado por la Ocupacional Safety and Health Administration (OSHA) y la United States Environmental Protection Agency (USEPA).

Mediante este paquete se asignan parámetros que caracterizan al evento y se efectúa la modelación de consecuencias considerando dispersión atmosférica, inflamabilidad y toxicidad en su descarga hacia la atmósfera.

Es de suma importancia, se aplique y observe a detalle la descripción y actualización de las especificaciones técnicas de los equipos, materiales, instalaciones y demás dispositivos utilizados en el sistema de transporte a que serán sujetos en el diseño y la construcción del sistema, así como los métodos y procedimientos de seguridad que serán utilizados para la construcción, operación y el mantenimiento del mismo, incluyendo los procedimientos relativos a las pruebas que llevará a cabo para comprobar que el sistema cumple con las especificaciones técnicas, la periodicidad para la realización de dichas pruebas, así como la forma y los plazos para informar a la autoridad sobre los resultados obtenidos.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Cumpliendo siempre con las especificaciones técnicas establecidas por la NOM-007-SECRE-2010 y el Código ASME B31.3 Process Piping Code, API STD 1104 Standard for Welding Pipelines and Related Facilities, los cuales se utilizan internacionalmente en los sistemas de transporte de gas; de manera adicional, se cumplirá con las especificaciones propias de; Nom-009-SECRE-2002, Monitoreo, detección y clasificación de fugas de gas natural y gas L.P. en ductos.

Con lo anterior será suficiente y adecuado para garantizar la seguridad de su sistema de transporte. En caso de modificaciones al sistema de las especificaciones técnicas, los equipos, materiales, instalaciones y demás dispositivos utilizados en la Instalación en estudio y los métodos y procedimientos de seguridad en la medida que las necesidades de seguridad así lo ameriten.

El fundamento matemático y científico del citado simulador, así como las instrucciones para su utilización están contenidos en el Software correspondiente. Ver *Anexo 2* de resultados de este documento.

Adicionalmente se recurrió a la aplicación de ecuaciones utilizadas para estimación de los parámetros de riesgo, ecuaciones citadas en la publicación "Control de Riesgo de Accidentes Mayores" editado por la Organización Internacional del Trabajo OIT, basadas a su vez en datos del Banco Mundial, así mismo también citadas en diversos textos y artículos técnicos de análisis de riesgo.

Debido a que la hoja de datos de seguridad de Pemex del gas natural no reporta valores de TLV y de IDLH, no se corrió el modelo de evaluación del riesgo de dispersión de vapores tóxicos. Sin embargo, para la modelación de eventos de fuga, incendio y explosión, se consideró una fuga inicial de gas natural.

Para realizar la modelación de una fuga de **gas natural**, se consideraron las peores condiciones posibles, es decir el caso de una fuga que no es detectada y atendida a tiempo, fugándose el **gas natural**, con una **estabilidad atmosférica tipo F**, o sea muy estable, de noche, con nubosidad poco densa y sin capa de inversión durante por lo menos 15 minutos.

Tabla 37 Interacciones de Riesgo resultantes de su identificación, jerarquización y evaluación

ANÁLISIS DE LAS ZONAS DE ALTO RIESGO		
EVENTOS	CONSECUENCIAS	RECOMENDACIONES
I. Fractura de la línea de conducción de gas natural (tubería)	a) Fuga de gas en proporción al tamaño de la ruptura y la cantidad de gas existente	<ul style="list-style-type: none"> - Cerrar las válvulas de seccionamiento que se encuentren corriente arriba y abajo de la fuga. - Tratar de controlar la fuga - Dar la voz de alarma. - Informar via telefónica al área de seguridad y medio ambiente de la planta del usuario.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

<p>II. Falla de válvulas conexiones y juntas del sistema de regulación y medición</p>	<p>a) Fuga de gas en proporción a la magnitud del problema</p> <p>b) Una vez que se ha liberado la presión, la válvula no cierra por falta de calibración</p> <p>c) La válvula no abre provocando un incremento de la presión interna, con la posible afectación de alguna unión o junta, con su consecuente fuga de gas descontrolada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cerrar válvulas de seccionamiento que se encuentren corriente arriba y abajo de la fuga. - Controlar la fuga. - Dar la voz de alarma. - Informar via telefónica al área de seguridad y medio ambiente de ACCESGAS - Hacer las reparaciones inherentes al problema. - Mantener todo el sistema de regulación y medición protegidos de la intemperie. - Realizar la calibración de válvulas según programa de mantenimiento y verificar su correcto funcionamiento.
<p>III. Falla de sistema instrumentación medidores del sistema de regulación y de medición</p>	<p>a) Lecturas erróneas de los instrumentos.</p> <p>b) Posible sobre-presión del sistema total de tuberías.</p> <p>c) Una vez que se ha liberado la sobre-presión del sistema, la válvula no cierra por falta de calibración</p> <p>d) La válvula no abre provocando un incremento de la presión interna, con la posible afectación de alguna unión o junta, con la consecuente fuga de gas descontrolada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar rutinariamente la operación y estado de los instrumentos y hacer reemplazo oportuno de los que presenten fallas. - Cerrar válvulas de seccionamiento que se encuentren corriente arriba y debajo de la fuga. - Controlar la fuga. - Dar lá voz de alarma. - Informar via telefónica al área de seguridad y medio ambiente de CENAGAS - Hacer las reparaciones inherentes al problema. - Mantener todo el sistema de regulación y medición protegidos de la intemperie. - Realizar la calibración de válvulas según programa y verificar su funcionamiento correcto.
<p>IV. Se presenta un siniestro fuera de las instalaciones del proyecto pero interaccionan con el mismo (gasoducto principal de distribuidor)</p>	<p>a) El siniestro puede afectar las instalaciones de conducción de gas o sus equipos de regulación</p> <p>b) Suspensión del suministro de gas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Control inmediato de cualquier conato de incendio. - Cerrar válvulas de seccionamiento que se encuentren corriente arriba y debajo del sistema total. - Mantener en buen estado y con carga los extintores de las casetas. - Aplicar plan de contingencias. - Suspender todas las operaciones que conlleven un riesgo de fuego y explosión, cerrar todas las válvulas de seccionamiento. - Dar lá voz de alarma. - Informar via telefónica al área de seguridad y medio ambiente de CENAGAS - Aplicar el plan de contingencias de acuerdo a la magnitud y características del siniestro como medida de protección interna y como apoyo al exterior.

Representar las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento en un Plano a Escala Adecuada donde se Indiquen los Puntos de Interés que Pudieran Verse Afectados (asentamientos humanos, cuerpos de agua, vías de comunicación, caminos, etc.).

El resumen de los radios de afectación podrá verificarse en el plano de conjunto, así como en las fotografías aéreas mostradas en el Anexo 6.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

I.2 Interacciones de Riesgo

Realizar un Análisis y Evaluación de Posibles Interacciones de Riesgo con Otras Áreas, Equipos o Instalaciones Próximas a la Instalación o Proyecto que se Encuentren Dentro de la Zona de Alto Riesgo, Indicando las Medidas Preventivas Orientadas a la Reducción del Riesgo de las Mismas.

INTERACCIONES DE RIESGO

El medio de transporte masivo de hidrocarburos más utilizado en el mundo son los ductos. No obstante el avance tecnológico patente en toda la infraestructura del transporte por ductos, el riesgo está siempre presente en la operación de los mismos.

Los accidentes en tuberías de conducción de hidrocarburos se distribuyen aproximadamente de la siguiente manera: 41% corrosión, falla de material 25%, golpes de maquinaria 13%, toma clandestina 4.5%, fisura en soldaduras 3%, otras causas 13.5%.

Si bien el riesgo existirá siempre, su cuantificación es una parte esencial para su mejor administración y prevención, por lo que se debe contar con herramientas adecuadas para evaluarlo de la mejor manera posible.

Los métodos actuales de diseño toman en cuenta la parte aleatoria de las variables únicamente mediante factores de seguridad. Este nivel de aproximación es muy limitado.

Los análisis de consecuencias y riesgos, consisten en generar situaciones de riesgo o los denominados posibles escenarios de riesgo. En la simulación de los peores escenarios no se consideró intencionalmente ninguna de las medidas de seguridad con que se cuenta (sistemas de control y mecanismos o procedimientos de respuesta) con el fin de visualizar el grado de afectación que tendría lugar en cada uno de los eventos máximos catastróficos considerados durante la modelación.

Como se menciono anteriormente, para evaluar la magnitud de las consecuencias o daños que ocasionarían accidentes o eventos relacionados con la liberación o emisión de **gas natural**, se realizó utilizando el programa de simulación conocido como:

Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation (ARCHIE, ver.1.00).
Federal Emergency Management Agency, U.S.A.
U.S. Department of Transportation
U.S. Environmental Protection Agency
Microsoft Corp. 1982-1986

I.3 Efectos sobre el Sistema Ambiental

I.3.1 GENERALIDADES

Este proyecto de Parque Industrial Arco 57, en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, en el Estado de México, se realizó apegándose a los lineamientos que señala la Norma Oficial Mexicana NOM-007-SECRE-2010 “Sistema de Transporte de Gas Natural”.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Su ubicación geográfica lo sitúa en un lugar cercano a una zona con potencial para crecer industrialmente y vías de comunicación importantes, motivo por el cual es conveniente considerar cualquier interacción que esta unidad pueda tener con sus alrededores. Es importante señalar que se cuenta con espacio suficiente para el proyecto dentro del terreno contemplado que recorrerá el gasoducto.

- **Descripción del Proyecto**

El proyecto comprende la elaboración de un Estudio de Riesgo que permita identificar los riesgos probables en este proyecto, definiendo solamente el área operativa correspondiente a la:

a) Sistema de Transporte de Gas Natural

En el análisis se incluirán las líneas de servicio involucradas, así como la Estación de Regulación y Medición principal, la ERM Secundaria y la ERM del usuario final.

El proyecto considera buscar mediante un cumplimiento estricto de la normatividad vigente (tanto técnica como ambiental y de seguridad) un incremento sustancial en la seguridad del sistema.

- **Alcance**

El presente estudio comprende la aplicación del método de jerarquización “Matriz de Jerarquización de Riesgos” y como apoyo y adicional “Índice de Mond” a la sección que comprende el Sistema de Transporte de Gas Natural del Parque Industrial Arco 57, en Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México.

I.3.2 DESARROLLO DEL ESTUDIO

- **Jerarquización de Riesgos**

Matriz de Jerarquización de Riesgos

Mediante los puntos de riesgos establecidos en el párrafo anterior, se condensó la información de los riesgos en una matriz de jerarquización, la cual permite identificar de manera más visual la clasificación de cada riesgo.

La matriz se clasificará de acuerdo a los siguientes colores (los colores estarán determinados por los valores totales obtenidos):

	POR FALLO	POR NODO
Rojo	Evento que requiere corrección	Nodo más crítico y necesita acción preventiva
Amarillo	Evento que requiere atención	Nodo que requiere procedimiento preventivo
Verde	Evento aceptable, y requiere procedimiento de prevención	Nodo con riesgo aceptable

Nota: Se puede visualizar la presente matriz en el Anexo 2

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Justificación de la metodología seleccionada

El número de metodologías para identificar y jerarquizar los riesgos ambientales se ha ido diversificando conforme la tecnología, generación y accesibilidad de información han ido mejorando, es por ello que el primer aspecto a resolver es la elección del enfoque y método adecuados con base a las características particulares del proyecto y a la información base disponible.

En términos generales, los métodos existentes[†] varían en nivel de complejidad y requieren de distintos tipos de datos, experiencia y herramientas tecnológicas; por lo tanto, producen diferentes niveles de precisión y certidumbre, sin embargo, en general dependen en buena parte de la experiencia del grupo de expertos quien realiza el estudio.

Con base en lo anterior, se consideró como mejor opción el uso de matrices numéricas de interacción como metodología para la jerarquización de los riesgos debido a que es un procedimiento lógico, objetivo y presenta la información de manera clara y concisa lo que permite jerarquizar los riesgos de acuerdo a las particularidades del proyecto.

Mediante el uso de esta metodología, es posible apreciar la afectación de cada riesgo en su medio ambiente. También, al asignárseles un valor numérico en función de la magnitud del riesgo, se identifica y jerarquiza fácilmente aquellas acciones más relevantes.

Conclusión de la Jerarquización

Al finalizar ambas metodologías para la identificación y jerarquización de riesgos, refiriéndonos al HazOp y jerarquización de riesgos, hablando de la matriz, se puede concluir, que posterior a la interconexión en la Estación de Regulación y Medición Principal, el proceso tiene una mayor magnitud de riesgo, recayendo principalmente en el gasoducto, esto debido a la infraestructura que lo conforma, así como a sus condiciones de operación.

Se determinó también que previo a la Estación de Regulación y Medición del Usuario es donde se localiza el menor nivel de riesgo, ya que las condiciones operativas son menos drásticas;

Los escenarios de Riesgo a simular se proponen que sean en los puntos clave a lo largo del sistema, realizando énfasis en el área de mayor riesgo como se observó en el HazOp y la matriz de riesgo, quedando de la siguiente manera:

- Estación de Regulación y Medición Principal (Previo y Posterior a la Regulación) (Escenario que se puede localizar en el NODO 1A y 1B del Anexo 2)
- Gasoducto de Acero de 6” (Ruptura total y 20% del diámetro total) (Escenario que se puede localizar en el NODO 2A y 2B del Anexo 2)
- Estación de Regulación y Medición Secundaria (Posterior a la Regulación) (Escenario que se puede localizar en el NODO 3 del Anexo 2)

[†] Por mencionar algunos: *Métodos ad hoc*, útiles cuando existen limitantes con respecto al tiempo e información, por lo que la evaluación depende casi en su totalidad en la opinión de los expertos. Los *Checklists* y *matrices* son adecuadas para organizar y presentar información; los *Métodos de Evaluación Rápida* son útiles para evaluar los impactos en sitios donde los cambios en los ecosistemas son acelerados; entre otros.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

- Gasoducto de Polietileno de 6” (Ruptura total y 20% del diámetro total) (Escenario que se puede localizar en el NODO 4A y 4B del Anexo 2)
- Estación de Regulación y Medición del Usuario (Posterior a la Regulación) (Escenario que se puede localizar en el NODO 5 del Anexo 2)

Como metodología adicional y de apoyo se realizó un índice de Mond, describiéndolo a continuación:

Para el desarrollo de esta etapa se optó por aplicar una metodología semicuantitativa para la jerarquización de los riesgos, la cual aunque no llega al detalle y rigor de una evaluación cuantitativa, supone un avance hacia ello desde los métodos cualitativos, dado que el resultado obtenido es una clasificación relativa del riesgo asociado a la planta o a partes de la misma.

Este método conocido como “Índice de Mond” fue desarrollado por técnicos de Imperial Chemical Industries (ICI) a partir del Índice DOW. La primera versión fue publicada en 1979 y la segunda en 1985. Dicho método se basa en la asignación de penalizaciones y/o bonificaciones a diferentes áreas e instalaciones de una planta química. Las penalizaciones son asignadas en función de las sustancias presentes y las condiciones de proceso. Dichas bonificaciones tienen en cuenta las instalaciones de seguridad que pueden mitigar o prevenir efectos adversos a la operación de la instalación.

Esta metodología encuentra su empleo como método de clasificación previa en grandes unidades o complejos como la que estamos estudiando, permitiendo de esta forma identificar y clasificar las áreas con mayor riesgo potencial, a las que se deben aplicar otro tipo de eventos de mayor interés tomando en cuenta los escenarios de incidentes más recurrentes y sus efectos, de una manera objetiva y práctica.

La principal diferencia frente al “Índice DOW” es que se considera la toxicidad de las sustancias presentes como un factor independiente y su efecto en contacto con el ser humano.

Rangos de Clasificación de los Diferentes Índices Calculados

Cálculo del Índice Global DOW/ICI

Los factores individuales incluidos en los diferentes rubros, se totalizan en varios subgrupos que después, se incluyen en el Índice Global DOW/ICI **D**, según las bases establecidas originalmente por DOW.

Las descripciones del grado de riesgo global representado por el Índice Global DOW/ICI se estandarizan como sigue:

Tabla 38 Grado de riesgo

Rango del Índice Global DOW/ICI (D)	Grado Total de Riesgo
0 – 20	Suave
20 – 40	Ligero
40 – 60	Moderado

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

60 – 75	Moderadamente Alto
75 – 90	Alto
90 – 115	Extremo
115 – 150	Muy Extremo
150 – 200	Potencialmente Catastrófico
Mayor a 200	Muy Catastrófico

Cálculo de Potencial de Fuego

Se considera útil estimar el potencial de fuego de la unidad porque esto da una indicación de la duración del fuego en el caso de un incidente.

Se han dado también categorías para los valores de la cantidad de fuego F y se han identificado con duraciones de fuego usando datos y registros de incidentes como sigue:

Tabla 39 Registros de incidentes

Cantidad de Fuego (F) en BTU/ft ² del Área Normal de Trabajo	Categoría	Rango de Duración (Fuego-Horas)	Comentarios
0 – 50,000	Ligero	¼ - ½	
50,000 – 100,000	Bajo	½ - 1	Casas
100,000 – 200,000	Moderado	1 – 2	Fábricas
200,000 – 400,000	Alto	2 – 4	Fábricas
400,000 – 1'000,000	Muy Alto	4 – 10	Edificios ocupados
1'000,000 – 2'000,000	Intenso	10 – 20	Bodegas de Hule
2'000,000 – 5'000,000	Extremo	20 – 50	
5'000,000 – 10'000,000	Muy Extremo	50 -100	

Cálculo de Potencial de Explosión

En determinadas situaciones se observará que un nivel dado de categoría del Índice Global DOW/ICI, se acompañará por una cantidad de Fuego de menor categoría. Esto indica que se deben examinar variaciones en el Riesgo de Explosión, lo que se hace de las dos siguientes formas:

Se calcula un Índice E de explosión interna de la planta, como una medida del riesgo de explosión interior. Las categorías asignadas a los valores del Índice son:

Tabla 40 Potencial de explosión

Índice de Explosión Interna de la Sección (E)	Categoría
0 – 1	Ligero
1 – 2.5	Bajo
2.5 – 4	Moderado
4 – 6	Alto
Arriba de 6	Muy Alto

Esto no representa el único potencial de explosión de la sección, como lo confirma el consenso general acerca de los riesgos de explosión aérea. De un estudio de un gran número de escapes de sustancias inflamables que han dado lugar ya sea a explosiones aéreas o a nubes que han

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

causado únicamente fuego por ignición, ha sido posible identificar un número de factores incluidos en el Índice de Mond y que pueden usarse para derivar el Índice A de Explosión Aérea.

Las categorías asignadas a varios valores de **A** son:

Tabla 41 Índice de explosión varios valores A

Índice de Explosión Aérea (A)	Categoría
0 – 10	Ligero
10 – 30	Bajo
30 – 100	Moderado
100 – 500	Alto
Arriba de 500	Muy Alto

Cálculo de Riesgos de Toxicidad

Un índice unitario de Toxicidad U se calcula de manera que represente la influencia de la toxicidad y consideraciones afines sobre el control y supervisión de la sección de la planta. Las categorías asignadas a los valores del Índice Unitario de Toxicidad **U** son:

Tabla 42 Categorías de toxicidad (U)

Índice Unitario de Toxicidad (U)	Categoría
0 – 1	Ligero
1 – 3	Bajo
3 – 6	Moderado
6 – 10	Alto
Arriba de 10	Muy Alto

Usando una combinación del Índice Unitario de Toxicidad U y el Factor de Cantidad Q, se obtiene el Índice del Máximo incidente Tóxico C.

Las categorías asignadas a valores del Índice **C** del Máximo incidente Tóxico son:

Tabla 43 Categorías de toxicidad (C)

Índice del Máximo Incidente Tóxico (C)	Categoría
0 – 20	Ligero
20 – 50	Bajo
50 – 200	Moderado
200 – 500	Alto
Arriba de 500	Muy Alto

Cálculo de Factor Global de Riesgos (MOND)

En la división MOND se ha visto que la magnitud global de riesgo a usarse cuando se considera el arreglo de equipo de una planta, debe tener mayor influencia de los siguientes factores que lo permitido en el Índice Global DOW/ICI.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

De acuerdo a lo anterior, se ha desarrollado una Magnitud Global de Riesgos R , que maneja estos factores de manera más adecuada.

Las categorías asignadas a los valores del Factor Global de Riesgo R son:

Tabla 44 Categorías de toxicidad (R)

Factor Global de Riesgo (R)	Categoría del Riesgo Global
0 – 20	Suave
20 – 100	Bajo
100 – 500	Moderado
500 – 1,100	Alto (Grupo 1) Aceptable
1,100 – 2,500	Alto (Grupo 2) No Aceptable
2,500 – 12,500	Muy Alto
12,500 – 65,000	Extremo
Mayor a 65,000	Muy extremo

Resumen de la aplicación del índice de Mond al proyecto

El Factor R de Riesgo Global (más los otros índices) se pueden considerar aceptables; en caso contrario, se requerirá trabajo posterior para lograr tal objetivo.

El primer paso es revisar los factores individuales y asegurarse si se puede hacer una reducción por cualquiera de las siguientes razones:

- e) Si se ha sobre enfatizado un riesgo dado en la estimación general.
- f) Alteraciones hechas a tamaños, condiciones de operación, etc., relativas a las unidades que forman parte de la sección.
- g) Sustitución por diferentes tipos de equipo de proceso de aquellos seleccionados originalmente.
- h) Adopción de diseños de equipo que involucren menos riesgo de falla de operación de la unidad o fuga de materiales clave.

En el caso de propuestas para una planta con proceso nuevo, pueden existir pocas posibilidades de efectuar cambios a menos que se efectúe una investigación adecuada de las alternativas. Si un cambio en particular puede reducir en forma considerable el riesgo, se justifica el trabajo de investigación necesario.

Con plantas en operación, los registros y experiencia de accidentes pueden tomarse como guía para mejorar diseños y técnicas de operación. Sin embargo, debe tenerse cuidado al usar las experiencias de operación para disminuir los factores de riesgo en áreas donde no se hayan presentado accidentes.

Si no se cumple con estos requisitos, es fácil concluir que no existe riesgo y por un incidente posterior confirmar que el riesgo existía, pero no se había presentado debido a circunstancias fortuitas. Siempre que los factores de riesgo individual se reduzcan, el nuevo valor debe aparecer en una columna de “valor reducido” en los formatos correspondientes y deberá adicionarse una nota de la razón del cambio. Una vez que los cambios individuales se hayan hecho, los varios índices se deben re-calcular.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Tabulación de los resultados

A continuación, se presentarán tabulados los resultados obtenidos para cada la sección de estudio, los cuales se estructuraron a partir de los reportes del “Índice de Mond” correspondientes (*Ver tabla anexa*) y podrá de esta manera verse el grado de influencia que tuvieron para considerar y abatir los riesgos involucrados:

Sistema de Transporte de Gas Natural

Tabla 45 Resultado índices del sistema

Índice	Inicial	Valor	Categoría
Índice DOW Equivalente	D	134.10	Muy Extremo
Índice de Riesgo de Incendio	F	0.0045	Ligero
Índice de Riesgo de Explosión Interna	E	3.4	Moderado
Índice de Riesgo de Explosión Aérea	A	3.29	Ligero
Índice Global de Riesgo	R	145.17	Moderado

Tabla 46 Resultado índices con reducción

Índice con Reducción	Inicial	Valor	Categoría
Índice DOW Equivalente Reducido	D_R	75.90	Alto
Índice de Riesgo de Incendio Reducido	F_R	0.00195	Ligero
Índice de Riesgo de Explosión Interna Reducido	E_R	1.84	Bajo
Índice de Riesgo de Explosión Aérea Reducido	A_R	0.02	Ligero
Índice Global de Riesgo Reducido	R_R	19.52	Bajo

Con base en el punto anterior, señalar todas las recomendaciones derivadas del análisis de riesgo efectuado incluidas aquellas determinadas en función de la identificación, evaluación e interacciones de riesgo y las medidas y equipos de seguridad y protección con que contará la instalación para mitigar, eliminar o reducir los riesgos identificados

I.3.3 RECOMENDACIONES

El seguimiento de las siguientes recomendaciones, fomentará tanto en los directivos como encargados de la planta en general una cultura de seguridad, con miras a una mejora continua que dará como resultado una instalación con un menor nivel de riesgo:

Técnicas

- Es muy conveniente que se mantenga la cobertura total de agua contra incendio a suministrar con monitores.
- Contar con un sistema de aspersión de agua contra incendio dirigidos a lo largo de todo el trayecto del gasoducto
- No escatimar en los detectores de explosividad, humo, fuego o tóxicos asociados a sistemas de alarmas sonoras y luminosas en campo y vincularlos con un área de control.
- Mantener en condiciones óptimas los sistemas de contención y drenaje.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

- Ya que se cuenta con válvulas de seccionamiento de equipo y la general, se recomienda darle el mantenimiento correspondiente.

Administrativas

- Contar con un buen control y archivo de los programas de inspección técnica y seguridad (calibración de tuberías, equipos y válvulas de seguridad, pruebas de hermeticidad, etc.).
- Implementar un programa de integridad mecánica basado en el código API-581 (Inspección basada en riesgos).
- Elaborar e implementar un programa de capacitación efectiva teórico-práctica del personal operativo tanto en cuestiones operativas como de atención en caso de emergencia.
- Mantener en las áreas operativas y de mantenimiento los procedimientos de emergencia generales y específicos para cada área.
- Documentar de forma sencilla y ordenada la estructura, organización y responsabilidades definidas, de todos los involucrados con la atención de emergencias en el sistema de transporte.
- Revisión continua del cumplimiento normativo involucrado, así como acceso, difusión y cumplimiento de la normatividad aplicable vigente.
- Administración y documentación adecuada de los cambios durante todas y cada una de las fases del proyecto, acorde a los programas establecidos por el área de seguridad correspondiente
- Planes de respuesta a emergencias para escenarios de riesgo mayor, así como la búsqueda de la conformación y/o participación con algún Comité Local de Ayuda Mutua (CLAM).
- Contar en las instalaciones y gerencias de área con los procedimientos de operación, mantenimiento y seguridad por escrito.
- Realizar reuniones continuas en las que se acuerden con los encargados y supervisores, los pasos a seguir para mantener una cultura de seguridad en el sistema.

Operación y Mantenimiento

- Contar con un programa de mantenimiento predictivo, preventivo y refacciones suficientes para el correctivo.
- Ajustarse a las guías estatales de la Dirección de Ecología para el cumplimiento documental requerido.
- Mantener un programa intenso de capacitación y desarrollo de profesionistas en las áreas de operación, mantenimiento, seguridad y atención a emergencias para atender las instalaciones.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Contenido

<i>I. Señalamiento de las Medidas de Seguridad y Preventivas en Material Ambiental.....</i>	2
I.1 Recomendaciones Técnico-Operativas.....	2
I.1.1 Sistemas de Seguridad.....	3
I.1.2 Medidas Preventivas.....	4

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

I. Señalamiento de las Medidas de Seguridad y Preventivas en Materia Ambiental

I.1 Recomendaciones Técnico-Operativas

Indicar Claramente las Recomendaciones Técnico Operativas Resultantes de la Aplicación de la (s) Metodología (s) para la Identificación de Riesgos, Así como de la Evaluación de los Mismos

Recomendaciones técnico-operativas

Sistemas de Seguridad

El manejo adecuado y seguro del **gas natural** es posible, siempre y cuando se conozcan sus peligros y las diferentes formas en que estos pueden presentarse; esto no quiere decir que no existe riesgo alguno; sí existen, por lo que siempre se tendrán al alcance de todas las personas involucradas en la operación del gasoducto, así como las medidas preventivas para su rápido control, por si llegase a ocurrir algún evento inesperado. Algunas recomendaciones serían las siguientes, algunas de ellas en etapas que serán ejecutadas a la brevedad:

Etapa de Construcción

- Establecer un procedimiento de control de calidad de los equipos a instalar por el responsable de la obra, en él se deberá incluir el número de lote, composición química, propiedades mecánicas, espesores, etc.
- Diseñar y aplicar un procedimiento de soldadura y uno similar para la calificación de los soldadores, de acuerdo a las características de la tubería, accesorios y a los estándares nacionales e internacionales vigentes.
- Aplicar la normatividad vigente para protección de secciones superficiales de tubería con recubrimiento para evitar el inicio de procesos corrosivos por intemperismo.
- Supervisar el proceso de apertura de zanja, alojamiento de tubería y tapado de la misma se haga de acuerdo a la normatividad aplicable, reportando cualquier anomalía o desviación que se presente.
- Supervisar por medio de una unidad verificadora y documentar las pruebas que se realicen al ducto en campo en todas sus fases.
- Los posibles accidentes se pueden dar durante la obra, para lo cual se tomarán las medidas de prevención reglamentarias de construcción, así como las dispuestas por el reglamento de seguridad e higiene en el trabajo. El personal será dotado de equipos protectores tales como cascos, zapatos de seguridad, goggles, arneses y guantes.
- Se colocarán señalizaciones con cinta fluorescente para delimitar las áreas peligrosas o restringidas. Se dotará de un botiquín en obra para accidentes menores y se aseguró la vacunación antitetánica del personal.
- Durante la construcción, como en toda obra, existen riesgos para los trabajadores de caídas, por colapso, por derrumbes, por quemaduras eléctricas o de combustible, en el manejo de la herramienta y equipo, etc., sin embargo todos estos riesgos son comunes en todo proceso de construcción, por lo que existirán residentes y supervisores de la construcción quienes, además de vigilar la calidad y procesos constructivos, vigilaran la seguridad de las operaciones. Se tomarán todas las medidas de seguridad y de prevención de accidentes conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Construcciones y en el Reglamento de Prevención de accidentes en el trabajo.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

- El posible riesgo de incendio estará cubierto con la utilización de materiales incombustibles en la mayoría de las actividades a realizarse, así como con la existencia de las instalaciones contra incendio.
- Deberá de tomar las medidas de seguridad adecuadas para evitar descargas eléctricas en los trabajos de soldadura.
- Se integrara una cuadrilla de limpieza en el entorno del trazo para mantenerlo limpio de tierra.

I.1.1 Sistemas de seguridad

Descripción de las medidas, equipos y dispositivos de seguridad

La reducción de riesgos comienza con el diseño del sistema del gasoducto. Como mínimo, deberán observarse estrictamente todos los códigos, las reglamentaciones y las leyes mexicanas. Durante el proceso del diseño del sistema deben tenerse en cuenta varios factores, entre los cuales se destacan los siguientes:

- Especificaciones para la tubería, tales como la de Resistencia a la Cedencia (SMYS), capacidad de conducción y la de Máxima Presión de Operación (MAOP), inclinación, espesor de las paredes, resistencia a la fractura, recubrimiento, soldabilidad, fatiga y vida útil
- Sobrepresión y control de la velocidad del gas
- Condiciones climáticas y de suelos
- Factor de vientos y actividad sísmica de la zona
- Densidad de la población
- Profundidad a la cual va enterrado el ducto
- Espaciamiento entre válvulas
- Procedimientos e inspecciones de calidad

De acuerdo con la **NOM-007-SECRE-2010** el Sistema de Transporte deberá cumplir con los requisitos siguientes:

Componentes

- Para el seccionamiento o corte de flujo de gas natural en un sistema, se deben utilizar válvulas para gas natural de cierre rápido, que soporten la presión de diseño, de acuerdo con la normatividad aplicable.
- Se deben usar válvulas para gas natural del tipo cierre rápido de un cuarto de vuelta donde se tenga una línea de desvío o puenteo que soporten la presión de diseño.
- Las válvulas para gas natural de cierre rápido de un cuarto de vuelta se deben localizar en lugares de fácil e inmediato acceso que permitan su operación en casos de emergencia.
- Cuando se instalen manómetros, éstos deben ir precedidos de una válvula de bloqueo.
- Las bridas y accesorios bridados que se instalen deben satisfacer los requisitos mínimos de temperatura y presión de diseño del sistema de transporte.

Protección Contra Corrosión

- Los tubos de acero negros, conexiones, accesorios y componentes de la instalación, enterrados, sumergidos y sobre el piso; se deben proteger contra la corrosión con

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

recubrimientos adecuados al medio. Dicho recubrimiento debe cumplir con los requisitos de las normas aplicables, entre otros, los siguientes:

- a) Adherencia con las superficies metálicas y entre las capas intermedias;
 - b) Resistencia al agrietamiento;
 - c) Resistencia mecánica para soportar daños propios de su aplicación, y
 - d) Resistividad eléctrica alta.
- En caso de requerirse, las tuberías de acero enterradas y/o sumergidas deben tener protección catódica de acuerdo con lo establecido, Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas, de la Norma NOM-007-SECRE-2010, Transporte de Gas Natural.

Reguladores de Presión

- Los reguladores de presión deben instalarse precedidos de una válvula de corte de operación manual.
- En instalaciones residenciales, incluidos los edificios, los reguladores con válvula de alivio se deben localizar en el exterior.
- La capacidad y ajuste de cada regulador de presión debe ser la apropiada al servicio que presten.
- Los reguladores instalados en recintos cerrados que operen a una presión mayor a 34 kPa, la ventila de éstos deberá de dirigirse al exterior.
- Se debe llevar a cabo un programa continuo de inspección y reparación de reguladores para garantizar una operación segura y eficiente de estos equipos. La capacidad y el tamaño del regulador son los parámetros que se deben considerar en la frecuencia de las inspecciones y el grado de mantenimiento requerido. El mantenimiento para los reguladores de gran capacidad en instalaciones industriales, se debe hacer en forma permanente, de conformidad con lo establecido en el programa de mantenimiento preventivo de la instalación. La revisión de estos reguladores consiste en verificar si existe alguna fuga en su diafragma y observar si hay escape de gas a través de la ventila.

I.1.2 Medidas Preventivas

Indicar las Medidas Preventivas o Programas de Contingencias que se Aplicarán, Durante la Operación Normal de la Instalación o Proyecto, para Evitar el Deterioro del Medio Ambiente (sistemas anticontaminantes), Incluidas Aquellas Orientadas a la Restauración de la Zona Afectada en Caso de Accidente.

Etapas de Operación

- Se contará con un **Plan de Atención a Emergencias** que se implementará durante la ejecución de los trabajos.
- Supervisar la correcta implementación del sistema de detección de fugas, de tal manera que se minimice el tiempo de respuesta para evitar daño.
- No exceder la presión de operación establecida para evitar fracturas en las líneas que conduzcan a situaciones de peligro al ambiente o a las instalaciones.
- Cumplir cabalmente con las actividades incluidas en el Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema, así como revisarlo anualmente por medio de una Unidad de Verificación acreditada por la Comisión Reguladora de Energía.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

- Iniciar una bitácora de accidentes y/o fugas en caso que se presenten en el gasoducto para aplicar posteriormente un programa específico que ataque, evite eventos y consecuencias no deseadas.
- Monitoreo continuo, inspección y limpieza de las instalaciones exteriores, tales como casetas de regulación y medición, y sus equipos (medidores, reguladores, filtros, etc.)
- Capacitar al personal para que opere en forma correcta los dispositivos manuales de control, conozca los caminos de acceso y los fundamentos básicos de operación de las instalaciones que se encuentran en el área del proyecto y así evitar al máximo errores humanos de operación.
- Será indispensable llevar a cabo supervisión periódica de la trayectoria para evitar invasión al área de alojamiento y evitar también que se realicen trabajos con maquinaria pesada sobre el trayecto del gasoducto.
- Revisión y reposición (en caso de requerirse) de los señalamientos que indican la trayectoria a lo largo del recorrido del gasoducto, contemplando que se mencione el tipo de producto manejado y los teléfonos para comunicarse en caso de emergencia.
- Incluir la instalación y su administración integral al Sistema de Administración Ambiental (SAA) de la planta, el cual es una herramienta que sustenta la gestión ambiental para mejorar el desempeño en el manejo de datos ambientales y la implantación de programas de manejo del ambiente; es capaz de administrar información sobre aspectos productivos, ambientales, socioeconómicos y normativos, en el espacio geográfico del proyecto y en diversos formatos para atender los requerimientos específicos de la empresa.
- La empresa transportista del hidrocarburo, tomara las medidas preventivas y de control para evitar:
 - Incendios, emisiones y/o descargas de cualquier naturaleza, que pudieran
 - Ocasionar daños a los ecosistemas circundantes al sitio de trabajo, así como a la propiedad de terceras personas.
- El transportista será el responsable de los daños que se lleguen a ocasionar como consecuencia de una ejecución mal planeada o derivada de maniobras, descuidos, secuelas o problemas que generan otro tipo de contaminación a la que se pretenda eliminar o que incremente los daños ecológicos ya existentes o que repercutan en daños materiales a instalaciones, áreas superficiales o subterráneas aledañas
- La empresa deberá presentar un plan de contingencias ambientales que se implementará durante la ejecución de los trabajos.

Plan Integral de Seguridad en Instalaciones Industriales

El usuario de una instalación industrial debe tomar las medidas de prevención sobre dicha instalación, para disminuir la probabilidad de ocurrencia de un siniestro. Las medidas deben incluir como mínimo los puntos siguientes:

- f) Actualización de los planos para la localización precisa de la instalación, de las válvulas de seccionamiento, sistemas de regulación y medición, y sus componentes;
- g) Capacitación de los trabajadores en aspectos de seguridad en la operación y mantenimiento del Sistema de Transporte de Gas Natural (STGN);
- h) Mantenimiento preventivo al sistema, incluyendo la protección catódica de las tuberías de acero enterradas (punto de interconexión a estación de regulación y medición principal).
- i) Detección de fugas mediante la revisión detallada del sistema de una manera sistemática y documentada, de conformidad con lo establecido en la NOM-007-SECRE-2010.
- j) Elaboración e instrumentación de procedimientos para el trabajo en líneas vacías y vivas para la supresión y reparación de fugas.

Operación y Mantenimiento de las Instalaciones Industriales

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

- Cuando se operen tuberías que contienen o han contenido gas, se debe observar lo siguiente:
 - f) No se permite fumar, tener flamas abiertas o cualquier otra fuente de ignición. Se deben usar linternas que sean a prueba de explosión;
 - g) En caso de requerirse corte, éste se debe hacer con equipo mecánico y se debe aterrizar la tubería en ambos lados del corte, se debe asegurar que no exista una mezcla explosiva en el área de trabajo utilizando el equipo de detección adecuado;
 - h) Se debe revisar el potencial eléctrico de la tubería de acero y desconectar la fuente de corriente antes de hacer algún trabajo en la línea. Cuando se trate de tubería de polietileno se debe prever la eliminación de corrientes estáticas. En este caso no aplica.
 - i) Antes de proceder a soldar o cortar la tubería se debe cerrar todas las válvulas de suministro, purgar la línea y ventilar el área de trabajo;
 - j) Se puede realizar trabajos en línea viva para la supresión y reparación de fugas, si se cuenta con personal calificado, procedimiento y equipo diseñado para este fin, y
 - f) En caso de requerirse iluminación artificial para realizar trabajos, se deben utilizar lámparas e interruptores a prueba de explosión.
- Descripción del contenido del manual de operación.

El sistema de transporte debe contar con un manual de operación y mantenimiento en el que se describan detalladamente, los procedimientos que se llevan a cabo en el mismo.

El manual de operación y mantenimiento debe estar disponible a la autoridad competente y mantenerse actualizado. El manual debe contener, como mínimo lo siguiente:

- f) Descripción de los procedimientos de operación y mantenimiento del sistema durante la puesta en operación, operación normal y paro;
- g) Identificación de los puntos que presenten el mayor riesgo para la seguridad pública;
- h) Programa de inspecciones periódicas para asegurar que el sistema cumple con las condiciones de diseño;
- i) Programa de mantenimiento preventivo que incluya los procedimientos y los resultados de las pruebas e inspecciones realizadas en el sistema (bitácora de operación y mantenimiento), y
- j) Capacitación al personal que ejecuta las actividades de operación y mantenimiento para reconocer condiciones potencialmente peligrosas que estén sujetas a la presentación de informes a la autoridad competente

Área de Seguridad:

- Será necesario establecer cursos intensivos de capacitación, entrenamiento de personal y elaboración de simulacros.
- Generar las alianzas necesarias con el distribuidor, los operadores del sistema y las autoridades locales de atención a emergencias, así como la promoción de un Comité Local de Ayuda Mutua con las empresas vecinas y localidades cercanas.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

- Cumplir cabalmente con un **Programa de Prevención de Accidentes**, en el que se considere Educación Pública, Capacitación interna y Externa, Simulacros, comunicación con autoridades, etc. Los riesgos en general pueden reducirse aún más mejorando continuamente el mantenimiento, inspección y **auditorías de seguridad y ambiental tanto internas y externas**, lo que es recomendable incluir en los procedimientos normales de la empresa.
- Los riesgos de fugas por rotura o golpe al gasoducto por algún agente externo, se podrían reducir y hasta eliminar si se concientiza a la gente que transite cerca de las instalaciones, sobre los peligros que implica la invasión al Derecho de Vía y a la realización de trabajos en forma irresponsable. Para ello es necesario informar a estas personas mediante pláticas, señalamientos y boletines, sobre que hacer en caso de que se presente un accidente y como actuar con prontitud de acuerdo al Plan de Emergencia del Gasoducto.
- Informar a la comunidad, a las autoridades municipales, estatales y federales sobre los horarios de operación y los riesgos del sistema, así como la coordinación de acciones de emergencia ante un siniestro.
- Implantar rigurosamente los planes y programas de capacitación, seguridad, inspección, controles de operación, vigilancia, etc., de tal forma que se garantice un involucramiento total de los recursos humanos, al esquema de seguridad.
- Contar con un número de atención a emergencias, en un tarjetón protegido por la humedad, el cual deberá colocarse en lugares estratégicos y que se difunda perfectamente bien entre las autoridades locales y estatales, así como las comunidades vecinas del gasoducto.
- Realizar un Programa para la Prevención de Accidentes, de acuerdo con las guías de la ASEA, SEMARNAT y la CRE.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Contenido

I. Resumen.....	2
I.1 Señalar las conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental.....	2
I.2 Resumen de la Situación General que presenta el Proyecto en materia de Riesgo Ambiental.....	3
I.2.1 Desarrollo del Estudio.....	3
I.3 Informe Técnico.....	9

Índice de Tablas

Tabla 47 Grado de Riesgo.....	4	
Tabla 48 Registros de incidentes.....	4	70
Tabla 49 Potencial de explosión.....	5	
Tabla 50 Índice de explosión varios valores A.....	6	
Tabla 51 Categorías de toxicidad (U).....	6	
Tabla 52 Categorías de toxicidad (C).....	7	
Tabla 53 Categorías de toxicidad (R).....	8	
Tabla 54 Resultado índices del sistema.....	9	
Tabla 55 Resultado índices con reducción.....	9	

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

I. Resumen

I.1 Señalar las conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental

CONCLUSIONES

- Como resultado de este estudio se puede concluir que el sistema de transporte considerado en el Proyecto, utilizará equipos modernos y contará con las medidas necesarias para aminorar los riesgos que implica la operación de este sistema.
- Asimismo, el diseño actual considera la aplicación de la normatividad y prácticas recomendadas apropiadas como corresponde a este tipo de instalaciones industriales y sus riesgos asociados.
- Para el caso de su diseño de detalle y su construcción se ha previsto el cumplimiento de la normatividad y especificaciones más estrictas, mismas que son las requeridas por la industria de distribución de hidrocarburos a nivel internacional y que se le ha dado relevancia a la seguridad y a las previsiones ambientales enfocadas al cuidado de la salud y seguridad de los trabajadores y de la comunidad, así como el cuidado del ambiente.
- Sin embargo se detecta también que se cuenta con un área de oportunidad importante en lo referente a la postura de la seguridad por parte de la administración y sus trabajadores, ya que al implementar prácticas de capacitación y continuidad en el proceso de seguridad, mejorarán sus prácticas operativas.
- De acuerdo con la información técnica del proyecto, podemos decir que se cubre adecuadamente los aspectos de la seguridad a través de la integridad mecánica de los equipos y sistemas y que las instalaciones contarán con los medios adecuados para el cuidado del ambiente. Se advierten también las previsiones apropiadas para evitar y controlar las posibles alteraciones a las condiciones normales de operación que pudieran originar riesgos por fuga de Gas Natural.
- Acorde con los resultados del estudio es factible mencionar que el área verificada con la revisión de las políticas, sistemas, características del diseño y compromisos de seguridad involucrados, el nivel de riesgo del sistema de transporte de gas natural es aceptable y sus consecuencias no afectarían a la población aledaña ni a sus bienes alrededor de dicho sistema.
- Por lo anterior, se puede resumir diciendo que el proyecto, tiene un nivel de riesgo aceptable y el control y atención de los mismos se verá centralizado dentro de los límites del área destinada a estas obras de ampliación.

I.2 Resumen de la Situación General que presenta el Proyecto en materia de Riesgo Ambiental

Este proyecto de Parque Industrial Arco 57, en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México, se realizó apegándose a los lineamientos que señala la Norma Oficial Mexicana NOM-007-SECRE-2010 “Sistema de Transporte de Gas Natural”.

Su ubicación geográfica lo sitúa en un lugar cercano a una zona con potencial para crecer industrialmente y vías de comunicación importantes, motivo por el cual es conveniente considerar cualquier interacción que esta unidad pueda tener con sus alrededores.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Es importante señalar que se cuenta con espacio suficiente para el proyecto dentro del terreno contemplado que recorrerá el gasoducto.

- **Descripción del Proyecto**

El proyecto comprende la elaboración de un Estudio de Riesgo que permita identificar los riesgos probables en este proyecto, definiendo solamente el área operativa correspondiente a la:

a) Sistema de Transporte de Gas Natural

En el análisis se incluirán las líneas de servicio involucradas, así como la Estación de Regulación y Medición principal, la ERM Secundaria y la ERM del usuario.

El proyecto considera buscar mediante un cumplimiento estricto de la normatividad vigente (tanto técnica como ambiental y de seguridad) un incremento sustancial en la seguridad del sistema.

- **Alcance**

El presente estudio comprende la aplicación del método de jerarquización de riesgos “Índice de Mond” a la sección que comprende el Sistema de Transporte de Gas Natural para el Parque Industrial Arco 57, en Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México.

I.2.1 DESARROLLO DEL ESTUDIO

- **Jerarquización de Riesgos**

Matriz de Jerarquización de Riesgos

Mediante los puntos de riesgos establecidos en el párrafo anterior, se condensó la información de los riesgos en una matriz de jerarquización, la cual permite identificar de manera más visual la clasificación de cada riesgo.

La matriz se clasificará de acuerdo a los siguientes colores (los colores estarán determinados por los valores totales obtenidos):

	POR FALLO	POR NODO
Rojo	Evento que requiere corrección	Nodo más crítico y necesita acción preventiva
Amarillo	Evento que requiere atención	Nodo que requiere procedimiento preventivo
Verde	Evento aceptable, y requiere procedimiento de prevención	Nodo con riesgo aceptable

Nota: Se puede visualizar la presente matriz en el Anexo 2

Justificación de la metodología seleccionada

El número de metodologías para identificar y jerarquizar los riesgos ambientales se ha ido diversificando conforme la tecnología, generación y accesibilidad de información han ido mejorando, es por ello que el primer aspecto a resolver es la elección del enfoque y método adecuados con base a las características particulares del proyecto y a la información base disponible.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

En términos generales, los métodos existentes[‡] varían en nivel de complejidad y requieren de distintos tipos de datos, experiencia y herramientas tecnológicas; por lo tanto, producen diferentes niveles de precisión y certidumbre, sin embargo, en general dependen en buena parte de la experiencia del grupo de expertos quien realiza el estudio.

Con base en lo anterior, se consideró como mejor opción el uso de matrices numéricas de interacción como metodología para la jerarquización de los riesgos debido a que es un procedimiento lógico, objetivo y presenta la información de manera clara y concisa lo que permite jerarquizar los riesgos de acuerdo a las particularidades del proyecto.

Mediante el uso de esta metodología, es posible apreciar la afectación de cada riesgo en su medio ambiente. También, al asignárseles un valor numérico en función de la magnitud del riesgo, se identifica y jerarquiza fácilmente aquellas acciones más relevantes.

Conclusión de la Jerarquización

Al finalizar ambas metodologías para la identificación y jerarquización de riesgos, refiriéndonos al HazOp y jerarquización de riesgos, hablando de la matriz, se puede concluir, que posterior a la interconexión en la Estación de Regulación y Medición Principal, el proceso tiene una mayor magnitud de riesgo, recayendo principalmente en el gasoducto, esto debido a la infraestructura que lo conforma, así como a sus condiciones de operación. Un punto medular también es la Estación de Regulación y Medición Secundaria, esto debido a su ubicación.

Se determinó también que previo a la Estación de Regulación y Medición del Usuario es donde se localiza el menor nivel de riesgo, ya que las condiciones operativas son menos drásticas;

Los escenarios de Riesgo a simular se proponen que sean en los puntos clave a lo largo del sistema, realizando énfasis en el área de mayor riesgo como se observó en el HazOp y la matriz de riesgo, quedando de la siguiente manera:

- Estación de Regulación y Medición Principal (Previo y Posterior a la Regulación) (Escenario que se puede localizar en el NODO 1A y 1B del Anexo 2)
- Gasoducto de Acero de 6” (Ruptura total y 20% del diámetro total) (Escenario que se puede localizar en el NODO 2A y 2B del Anexo 2)
- Estación de Regulación y Medición Secundaria (Posterior a la Regulación) (Escenario que se puede localizar en el NODO 3 del Anexo 2)
- Gasoducto de Polietileno de 6” (Ruptura total y 20% del diámetro total) (Escenario que se puede localizar en el NODO 4A y 4B del Anexo 2)
- Estación de Regulación y Medición del Usuario (Posterior a la Regulación) (Escenario que se puede localizar en el NODO 5 del Anexo 2)

Como metodología adicional y de apoyo se realizó un índice de Mond, describiéndolo a continuación:

[‡] Por mencionar algunos: *Métodos ad hoc*, útiles cuando existen limitantes con respecto al tiempo e información, por lo que la evaluación depende casi en su totalidad en la opinión de los expertos. Los *Checklists* y *matrices* son adecuadas para organizar y presentar información; los *Métodos de Evaluación Rápida* son útiles para evaluar los impactos en sitios donde los cambios en los ecosistemas son acelerados; entre otros.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Para el desarrollo de esta etapa se optó por aplicar una metodología semicuantitativa para la jerarquización de los riesgos, la cual aunque no llega al detalle y rigor de una evaluación cuantitativa, supone un avance hacia ello desde los métodos cualitativos, dado que el resultado obtenido es una clasificación relativa del riesgo asociado a la planta o a partes de la misma.

Este método conocido como “Índice de Mond” fue desarrollado por técnicos de Imperial Chemical Industries (ICI) a partir del Índice DOW. La primera versión fue publicada en 1979 y la segunda en 1985.

Dicho método se basa en la asignación de penalizaciones y/o bonificaciones a diferentes áreas e instalaciones de una planta química. Las penalizaciones son asignadas en función de las sustancias presentes y las condiciones de proceso. Dichas bonificaciones tienen en cuenta las instalaciones de seguridad que pueden mitigar o prevenir efectos adversos a la operación de la instalación.

Esta metodología encuentra su empleo como método de clasificación previa en grandes unidades o complejos como la que estamos estudiando, permitiendo de esta forma identificar y clasificar las áreas con mayor riesgo potencial, a las que se deben aplicar otro tipo de eventos de mayor interés tomando en cuenta los escenarios de incidentes más recurrentes y sus efectos, de una manera objetiva y práctica.

La principal diferencia frente al “Índice DOW” es que se considera la toxicidad de las sustancias presentes como un factor independiente y su efecto en contacto con el ser humano.

Rangos de Clasificación de los Diferentes Índices Calculados

Cálculo del Índice Global DOW/ICI

Los factores individuales incluidos en los diferentes rubros, se totalizan en varios subgrupos que después, se incluyen en el Índice Global DOW/ICI **D**, según las bases establecidas originalmente por DOW. Las descripciones del grado de riesgo global representado por el Índice Global DOW/ICI se estandarizan como sigue:

Tabla 47 Grado de riesgo

Rango del Índice Global DOW/ICI (D)	Grado Total de Riesgo
0 – 20	Suave
20 – 40	Ligero
40 – 60	Moderado
60 – 75	Moderadamente Alto
75 – 90	Alto
90 – 115	Extremo
115 – 150	Muy Extremo
150 – 200	Potencialmente Catastrófico
Mayor a 200	Muy Catastrófico

Cálculo de Potencial de Fuego

Se considera útil estimar el potencial de fuego de la unidad porque esto da una indicación de la duración del fuego en el caso de un incidente.

Se han dado también categorías para los valores de la cantidad de fuego **F** y se han identificado con duraciones de fuego usando datos y registros de incidentes como sigue:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Tabla 48 Registros de incidentes

Cantidad de Fuego (F) en BTU/ft ² del Área Normal de Trabajo	Categoría	Rango de Duración (Fuego-Horas)	Comentarios
0 – 50,000	Ligero	¼ - ½	
50,000 – 100,000	Bajo	½ - 1	Casas
100,000 – 200,000	Moderado	1 – 2	Fábricas
200,000 – 400,000	Alto	2 – 4	Fábricas
400,000 – 1'000,000	Muy Alto	4 – 10	Edificios ocupados
1'000,000 – 2'000,000	Intenso	10 – 20	Bodegas de Hule
2'000,000 – 5'000,000	Extremo	20 – 50	
5'000,000 – 10'000,000	Muy Extremo	50 -100	

Cálculo de Potencial de Explosión

En determinadas situaciones se observará que un nivel dado de categoría del Índice Global DOW/ICI, se acompañará por una cantidad de Fuego de menor categoría. Esto indica que se deben examinar variaciones en el Riesgo de Explosión, lo que se hace de las dos siguientes formas:

Se calcula un Índice **E** de explosión interna de la planta, como una medida del riesgo de explosión interior. Las categorías asignadas a los valores del Índice son:

Tabla 49 Potencial de explosión

Índice de Explosión Interna de la Sección (E)	Categoría
0 – 1	Ligero
1 – 2.5	Bajo
2.5 – 4	Moderado
4 – 6	Alto
Arriba de 6	Muy Alto

Esto no representa el único potencial de explosión de la sección, como lo confirma el consenso general acerca de los riesgos de explosión aérea. De un estudio de un gran número de escapes de sustancias inflamables que han dado lugar ya sea a explosiones aéreas o a nubes que han causado únicamente fuego por ignición, ha sido posible identificar un número de factores incluidos en el Índice de Mond y que pueden usarse para derivar el Índice A de Explosión Aérea.

Las categorías asignadas a varios valores de **A** son:

Tabla 50 Índice de explosión varios valores A

Índice de Explosión Aérea (A)	Categoría
0 – 10	Ligero
10 – 30	Bajo
30 – 100	Moderado
100 – 500	Alto
Arriba de 500	Muy Alto

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Cálculo de Riesgos de Toxicidad

Un índice unitario de Toxicidad U se calcula de manera que represente la influencia de la toxicidad y consideraciones afines sobre el control y supervisión de la sección de la planta. Las categorías asignadas a los valores del Índice Unitario de Toxicidad U son:

Tabla 51 Categorías de toxicidad (U)

Índice Unitario de Toxicidad (U)	Categoría
0 – 1	Ligero
1 – 3	Bajo
3 – 6	Moderado
6 – 10	Alto
Arriba de 10	Muy Alto

Usando una combinación del Índice Unitario de Toxicidad U y el Factor de Cantidad Q , se obtiene el Índice del Máximo incidente Tóxico C .

Las categorías asignadas a valores del Índice C del Máximo incidente Tóxico son:

Tabla 52 Categorías de toxicidad (C)

Índice del Máximo Incidente Tóxico (C)	Categoría
0 – 20	Ligero
20 – 50	Bajo
50 – 200	Moderado
200 – 500	Alto
Arriba de 500	Muy Alto

Cálculo de Factor Global de Riesgos (MOND)

En la división MOND se ha visto que la magnitud global de riesgo a usarse cuando se considera el arreglo de equipo de una planta, debe tener mayor influencia de los siguientes factores que lo permitido en el Índice Global DOW/ICI.

De acuerdo a lo anterior, se ha desarrollado una Magnitud Global de Riesgos R , que maneja estos factores de manera más adecuada.

Las categorías asignadas a los valores del Factor Global de Riesgo R son:

Tabla 53 Categorías de toxicidad (R)

Factor Global de Riesgo (R)	Categoría del Riesgo Global
0 – 20	Suave
20 – 100	Bajo
100 – 500	Moderado
500 – 1,100	Alto (Grupo 1) Aceptable
1,100 – 2,500	Alto (Grupo 2) No Aceptable
2,500 – 12,500	Muy Alto
12,500 – 65,000	Extremo
Mayor a 65,000	Muy extremo

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Resumen de la aplicación del índice de Mond al proyecto

El Factor **R** de Riesgo Global (más los otros índices) se pueden considerar aceptables; en caso contrario, se requerirá trabajo posterior para lograr tal objetivo.

El primer paso es revisar los factores individuales y asegurarse si se puede hacer una reducción por cualquiera de las siguientes razones:

- i) Si se ha sobre enfatizado un riesgo dado en la estimación general.
- j) Alteraciones hechas a tamaños, condiciones de operación, etc., relativas a las unidades que forman parte de la sección.
- k) Sustitución por diferentes tipos de equipo de proceso de aquellos seleccionados originalmente.
- l) Adopción de diseños de equipo que involucren menos riesgo de falla de operación de la unidad o fuga de materiales clave.

En el caso de propuestas para una planta con proceso nuevo, pueden existir pocas posibilidades de efectuar cambios a menos que se efectúe una investigación adecuada de las alternativas. Si un cambio en particular puede reducir en forma considerable el riesgo, se justifica el trabajo de investigación necesario.

Con plantas en operación, los registros y experiencia de accidentes pueden tomarse como guía para mejorar diseños y técnicas de operación. Sin embargo, debe tenerse cuidado al usar las experiencias de operación para disminuir los factores de riesgo en áreas donde no se hayan presentado accidentes.

Si no se cumple con estos requisitos, es fácil concluir que no existe riesgo y por un incidente posterior confirmar que el riesgo existía, pero no se había presentado debido a circunstancias fortuitas. Siempre que los factores de riesgo individual se reduzcan, el nuevo valor debe aparecer en una columna de “valor reducido” en los formatos correspondientes y deberá adicionarse una nota de la razón del cambio. Una vez que los cambios individuales se hayan hecho, los varios índices se deben re-calcular.

Tabulación de los resultados

A continuación, se presentarán tabulados los resultados obtenidos para cada la sección de estudio, los cuales se estructuraron a partir de los reportes del “Índice de Mond” correspondientes (*Ver tabla anexa*) y podrá de esta manera verse el grado de influencia que tuvieron para considerar y abatir los riesgos involucrados:

Sistema de Transporte de Gas Natural

Tabla 54 Resultado índices del sistema

Índice	Inicial	Valor	Categoría
Índice DOW Equivalente	D	134.10	Muy Extremo
Índice de Riesgo de Incendio	F	0.0045	Ligero
Índice de Riesgo de Explosión Interna	E	3.4	Moderado
Índice de Riesgo de Explosión Aérea	A	3.29	Ligero
Índice Global de Riesgo	R	145.17	Moderado

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Tabla 55 Resultado índices con reducción

Índice con Reducción	Inicial	Valor	Categoría
Índice DOW Equivalente Reducido	<i>D_R</i>	75.90	Alto
Índice de Riesgo de Incendio Reducido	<i>F_R</i>	0.00195	Ligero
Índice de Riesgo de Explosión Interna Reducido	<i>E_R</i>	1.84	Bajo
Índice de Riesgo de Explosión Aérea Reducido	<i>A_R</i>	0.02	Ligero
Índice Global de Riesgo Reducido	<i>R_R</i>	19.52	Bajo

I.3 Informe Técnico

El informe técnico del estudio de riesgo, se encuentra formando parte del presente documento como inciso a) del *Anexo 7*.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Contenido

<i>I. Identificación de los Instrumentos Metodológicos y Elementos Técnicos que sustentan la información señalada en el Estudio de Riesgo Ambiental.....</i>	<i>2</i>
I.1 Formatos de Presentación.....	2
I.1.1 Planos de localización.....	2
I.1.2 Fotografías.....	3
I.2 Otros anexos.....	3

Índice de Tablas

Tabla 56 Información Vectorial y Raster utilizada en el trabajo.....	2
--	---

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

I. Identificación de los Instrumentos Metodológicos y Elementos Técnicos que sustentan la información señalada en el Estudio de Riesgo Ambiental

I.1 Formatos de Presentación

De acuerdo al artículo 19 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, se entregará un (1) ejemplare impresos de la Manifestación de Impacto Ambiental (por un uso responsable del papel); y dos CD's con el respaldo magnético de la ERA en formato Word y sus anexos (planos e información que complementa el estudio) de los cuales uno será utilizado para consulta pública.

1.1.1. Planos de Localización

El Diagrama de Flujo de Proceso y los planos de localización, se podrán observar en el anexo 2 y 3 de forma correspondiente, al final del documento.

La información vectorial y raster utilizada en éste trabajo se describe a continuación:

Tabla 56 Información Vectorial y Raster utilizada en el trabajo

RASTER		
Insumo	Descripción	Fuente
Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) V 2.0 escala 1:50,000	Son archivos que almacenan datos de elevación (MDE) del terreno los cuales se pueden procesar posteriormente para obtener diversos productos.	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/continuo_Elevaciones.aspx
Cuencas Visuales	Se obtienen mediante ArcMap, empleando una herramienta llamada Viewshed y el MDE del CEM	ESRI Inc. ArcGis Desktop 9.3 Service Pack 1
Fallas y Fracturas. Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000.	Representa las estructuras geológicas originadas por los eventos tectónicos. Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000.	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx
Climas	Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI.	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx
Suelos	Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI.	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx
Vías de comunicación	Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

RASTER		
Insumo	Descripción	Fuente
Rasgos hidrográficos	Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI.	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx
Localidades	Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx
Datos del relieve	Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 y 1:50 000 de INEGI.	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx
Zonas de protección de la naturaleza	Estos conjuntos de datos vectoriales compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 de INEGI.	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/InfoEscala.aspx
Áreas de Interés para las Aves (AICAS)	Datos Vectoriales de Áreas de Interés para las Aves en México.	http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/aica250kgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
Regiones Terrestres Prioritarias	Datos Vectoriales de regiones prioritarias terrestres para la conservación de la biodiversidad en México	http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/rtp1mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
Regiones Hidrológicas Prioritarias	Datos Vectoriales de regiones hidrológicas prioritarias por su biodiversidad	http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/rhpri4mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
Áreas Naturales Protegidas (ANP)	Datos Vectoriales de las áreas declaradas como Áreas Naturales Protegidas	http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/

I.1.2 Fotografías

Las fotografías están integradas en cada uno de los capítulos correspondientes, ya que aún no se ha realizado la obra no se tiene un anexo fotográfico como tal.

Se referencian algunos croquis en los que se utilizaron fotografías aéreas del área a partir del uso del Google Earth



I.2 Otros Anexos

En cada capítulo vienen indicados sus propios anexos

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

Bibliografía Consultada

AGUILERA, H.N., 1989 Tratado de Edafología de México. Tomo I. Facultad de Ciencias, UNAM, México: 222 pp.

ARANDA, 1981. Identificación de mamíferos: Guía de Campo. Limusa, México, 80 pp.

ARELLANO, M., y P. ROJAS, 1956 Aves acuáticas migratorias en México I. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C., México: 270 pp.

ARRIAGA C. L., V. S. AGUILAR y ALCOCER, D. J. 2000. Aguas continentales y Diversidad Biológica de México. Pág. 118-119. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

ARRIAGA, L, J. M. ESPINOZA et al (Coord.). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

BLAK, E.R. 1969 Bird of Mexico, The University of Chicago of Press, Chicago, USA.

BOJORQUES TAPIA, L. y ORTEGA RUBIO, A. 1989 Análisis de Técnicas de Simulación Cualitativa para la Predicción del Impacto Ecológico, Ciencias 40:71-78.

BOOTH, S.C. 1971 How to Know the mammals, WM.C. Brown Con. Publishers, Iowa, USA.

BOUL S.W.-HOLE F.D.-MCCRACKEN R.J., 1983.Génesis y Clasificación de Suelos. Editorial Trillas, pp 35-58.

CANTER, W. L., 1977 Environmental Impact Assessment. Ed. McGraw-Hill, U.S.A.

CANTER, W. L., 1979 Handbook of Variables for Environmental Impact Assessment. Ann Arbor Science, U.S.A.

CANTER, W. L., et al, 1991 Identification and Evaluation of Biological Impact Mitigation Measures. Journal of Environmental Management U.S.A. 33:35-50 p.

CANTER W. L. 1998 Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: segunda edición. Mc Graw Hill Interamericana de España, S.A.U. Pág. 71-121.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

CHERMISINOFF, P.N. AND MORRESI, A.C., 1979 Environmental Assessment and Impact Statement Handbook, Ed. Ann Arbor Science, U.S.A.

CHERMISINOFF, N. PAUL. Environmental Assessment & Impact Statement Handbook. Ann Arbor Science. U.S.A.

CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Versión preliminar.

CONZATTI, C., 1988 Flora Taxonómica Mexicana Vol. I, CONACyT, México.

D.A.E.U., 1973 Manual de Conservación de suelos. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Ed. Limusa, México, 327pp.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION, 1994 Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. 16 de mayo de 1994. 2-59 p.

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION, 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, miércoles 6 de marzo del 2002.

ENKERLI, E. CANO, G. GARZA R. y VOGEL E. 1997 Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. Thomas editores.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1992 Environmental Impact Assessments. U.S.A.

ESPÍNDOLA, C. J. M., 1990. Las catástrofes geológicas. Cuaderno 3 del Instituto de Geofísica de la U. N. A. M. México, D. F.

ESPÍNDOLA, C. J. M., 1999. La actividad volcánica. Cuaderno 12 del Instituto de Geofísica de la U. N. A. M. México, D. F.

ESPÍNDOLA, J. M. y JIMÉNEZ, Z., 1994. Terremotos y ondas sísmicas, una breve introducción. Cuaderno 1 del Instituto de Geofísica de la U. N. A. M. México, D. F.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

ESPITIA, C. ALFONSO. Las Evaluaciones de Impacto Ambiental. U.A.M. Azcapotzalco.

ESTEVA, M. LUIS, 1970. Regionalización Sísmica de México para fines de Ingeniería. Revista del Instituto de Ingeniería, No. 246, abril de 1970, UNAM.: 229-246 P.

ESTEVAN, B. MA. TERESA. Las Evaluaciones de Impacto Ambiental. Cuadernos del CIFCA.

FLORES-VILLELA, O. y NAVARRO, S. A. G., 1993. Un análisis de los vertebrados terrestres endémicos de Mesoamérica en México. Vol. Esp. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. (XLIV): 387-395.

FLORES-VILLELA, O. y GEREZ, P., 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. CONABIO – U. N. A. M., México, D. F.

FOSTER ALBERT B, 1981. Métodos aprobados de conservación de suelos. Editorial Trillas, pp 393, 397-399, 403, 406.

GARCIA, E. 1988 Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köopen para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía UNAM, 4a. ed. Ed. SIGSA, México, 217pp.

GOLDEN, J., OVELLETTE, R.P., SAARI, S. y CHEREMISINOFF P.N., Environmental Impact, Data Book Arun Arbor Science.

GOLDMAN, E. and MORE, R.T., 1946 The biotic provinces of Mexico. Journ. Mam. vol. 26 No. 4 347-360.

GRANADOS, S.D. y R. TAPIA, 1990 Comunidades Vegetales. Colección de Cuadernos Universitarios, Universidad Autónoma de Chapingo, México, 162p.

GUIA ROJI, 2008 Atlas de carreteras de México.

Hazardous Chemical Data. NFPA 49, 1975

HENRY, J. GLYNN y HEINKE, GARY W., 1999. Ingeniería Ambiental, Prentice Hall, México, 800 pp.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

HORBERRY, JOHN. 1984 Status and Application of Environmental Impact Assessment for Development. DSE/UNEP International Seminar on Environmental Impact Assessment for Development, U.S.A.

Índice de Incendio y Explosión “Guía para la Clasificación de Riesgos” 5ª Edición, 1980

INE – CONABIO, 1997. Guía de aves canoras y de ornato. Instituto Nacional de Ecología – Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.

INEGI, 1981 Guías para la Interpretación Cartográfica: Climatología. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. México, 2ª. Reimpresión. 50p.

INEGI, 1981 Guías para la Interpretación Cartográfica: Edafología. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, México, 2ª. Reimpresión. 41p.

INEGI, 1981 Guías para la Interpretación cartográfica: Geología. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. México, 2ª. Reimpresión. 32p.

INEGI, 1981 Guías para la Interpretación Cartográfica: Topografía. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. México, 2ª. Reimpresión. 30p.

INEGI, 1981 Guías para la Interpretación Cartográfica: Uso del Suelo. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. México, 2ª. Reimpresión. 49p.

INEGI, 1989 Guías para la Interpretación Cartográfica: Hidrología. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. México, 2ª. Reimpresión. 33p.

INEGI, 1994 Estadísticas del Medio Ambiente, México 1994: 447 pp.

INEGI, 2000. Herbario INEGI. Sistema de Consulta. CD. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

INEGI, 2001. Síntesis de información geográfica del Estado de México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Estado de México.

INEGI, 2009. INEGI. Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico Estado de México. CD. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

INEGI. Carta Topográfica de La Paz 1:50,000, edición 2010

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

KREBS, CH., 1985 Ecología. Estudio de la Distribución y Abundancia. Ed. Harla, 2a. ed. México.

LEIN, K. JAMES, 1991-92 On the Application of Expert System in Environmental Performance Assessment. J. Environmental Systems. Vol. 21 (2) 167-183.

LEOPOLD, L.B. et al, 1971 A Procedure for Evaluating Environmental Impact. Geological Survey Circular, U.S.A. Departament of Interior, Washington D.C., 654pp.

LEOPOLD, A.S., 1950 Vegetation Zones of México. Ecology 31:507-518.

LEOPOLD, A.S., 1977 Fauna Silvestre de México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. PAX-MEX. México. 467pp.

MARIN CORDOVA, S., y J. EDUARDO AGUAYO C., 1989 Evolución geológica de la Cuenca de México e importancia de sus rasgos estructurales. Ecología Urbana volumen especial. Sociedad Mexicana de Historia Natural A.C., México, D.F.:61-65 p.

MEDINA, M. F., 1997. Sismicidad y volcanismo en México. La ciencia / 151 para todos. SEP-FCE-CONACYT. México, D. F.

MEXICO DESCONOCIDO, 1995 Parques Nacionales. Edición Especial No. 2, Revista México Desconocido, Editorial Jilguero, S.A. de C.V., México: 95 pp.

MIRANDA, F. y HERNANDEZ X., 1963 Los Tipos de Vegetación de México y su Clasificación. Bol.Soc. Bot., México. 28:29-179.

Nacional Electric Code, Última Edición

NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY, 1987 A Field Guide to the Birds of North America. National Geographic Society, U.S.A.

NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY, 1987. Métodos para la identificación de aves. NGS, EU, 50 pp.

NIEMBRO, R. A., 1990. Árboles y arbustos útiles de México. LIMUSA-NORIEGA - Universidad Autónoma de Chapingo. México, D. F.

ORDÓÑEZ, M. J. y O. FLORES. 1995. Áreas naturales protegidas en México. Pronatura. México.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

ORTIZ-VILLANUEVA, B. y ORTIS SOLORIO, C. 1990 Edafología, Universidad Autónoma de Chapingo. México.

PENNINGTON, T.D. y SARUKHAN, J., 1998. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. UNAM-FCE, México.

PETERSON, R. T. y CHALIF, E. L., 1989. Aves de México, Guía de Campo. Ed. DIANA, México, D. F. 473 pp.

Properties of Flammable Liquids, Gases and Volatiles Solides. NFPA 325 M, 1984

RAMIREZ-PULIDO, J. y Col. 1986 Guía de los mamíferos de México, UAM-Iztapalapa, México.

RAU, G. JOHN AND D.C. WOOTEN N., 1985 Environmental Impact Analysis Handbook. Ed. McGraw-Hill, Book Company, U.S.A.

ROBBINS, S. C., BRUUN, B. y ZIM. S. H., 1983. A guide to field identification birds of North America. Golden Press, N. Y.

ROMERO A. H. 1991 Impacto ambiental: Cuadernos técnicos de Ingeniería y medio Ambiente N° 1. 1ª reimpression. Pág. 174.

RZEDOWSKI, J., 1981 Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. 432 pp.

SANCHEZ VICENTE, et al, 1982 Glosario de Términos sobre Medio Ambiente. El Colegio de México. México.

SECRETARIA DE GOBERNACION, 1991 Atlas Nacional de Riesgos. 121 pp.

SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, 1981. INEGI Atlas Nacional del Medio Físico. México.

SEDUE, 1987 Información Básica sobre Areas Protegidas de México. Dirección General de Conservación Ecológica de los Recursos Naturales. México.

SEDUE, 1987 Sistema Nacional de Areas Naturales Protegidas. Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Parques, Reservas y Areas Ecológicas Protegidas. México, D.F.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

SEDUE, 1989 Información Básica sobre las áreas Naturales Protegidas de México. Dirección General de Parques. Reservas y Areas Ecológicas Protegidas, México, D.F.

SEDUE, 1988 Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio. Subsecretaría de Ecología. Dirección de Normatividad y Regulación Ecológica. México, DF.

SEDUE, 1988 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación, 28 de enero de 1988.

SEMARNAP-INE. Ordenamiento Ecológico General del Territorio, Memoria Técnica 1995-2000, 540 pp.

SEMARNAP-INE. Ordenamiento Ecológico General del Territorio 2000, 36 pp.

SEMARNAP, 1998. Calendario cinegético temporada agosto 1998 – mayo 1999. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL. Consulta de las normales climatológicas del Municipio de Ixtapaluca, Estado de Estado de México. CNA, Observatorio Tacubaya, México, D.F.

SMITH, H.M. AND TAYLOR E.H., 1945 An Annotated Checklist and Key to the Reptiles and Amphibians of México. Nat. Mus. Bull 199. 230pp. Washington, D.C.

SMITH, M. H. y TAYLOR, H. E., 1945. An annotated checklist and key to the snakes of México. Smithsonian Institution United States National Museum. Bulletin 187.

SMITH, M. H. y TAYLOR, H. E., 1948. An annotated checklist and key to the amphibia of México. Smithsonian Institution United States National Museum. Bulletin 194.

SMITH, M. H. y TAYLOR, H. E., 1950. An annotated checklist and key to the reptiles of México exclusive of the snakes. Smithsonian Institution United States National Museum. Bulletin 199.

SZÉKELY, A. 1994. Protección legal a la biodiversidad en México. Informe de trabajo. Conabio. México.

TAMAYO L. J., 1985 Geografía Moderna de México, Ed. Trillas, 9a edición, México.

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

TOLEDO, V. M., 1988. La diversidad biológica en México. Ciencia y Desarrollo XIV (81):17 –30.

The Application of the Mond FIRE, Explosion & Toxicity Index to Plant Layout and Spacing Distances. Paper for presentation at the AICHE Loss Prevention Symposium, Texas on April 1-5, 1979, Lewis, D.J.

UNAM, INSTITUTO DE GEOGRAFIA, 1990 Atlas Nacional de México. Vol. I-III

VALDEZ E.C. y VÁZQUEZ GONZÁLEZ E., 1994. Impacto ambiental 1a Edición UNAM – IMTA.

VARGAS, F. 1984. Parques nacionales de México y reservas equivalentes. Instituto de Investigaciones Económicas/UNAM. México.

WARK K. y. WARNER, C. 1990, Contaminación del aire. Origen y Control, 1ª Edición, editorial Limusa. 650 p.

Páginas de Internet:

Petróleos Mexicanos: www.pemex.com

Instituto Mexicano de Petróleo: www.imp.gob.mx

Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática: www.inegi.gob.mx

Secretaría de Energía: www.energia.gob.mx

Secretaría de Economía: www.economia.gob.mx

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: www.semarnat.gob.mx

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas: <http://www.conanp.gob.mx/anp>

Comisión Nacional del Agua: www.cna.gob.mx

Servicio Meteorológico Nacional: <http://smn.cna.gob.mx>

Normales Climatológicas del Estado de México
<http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica>

INEGI: <http://www.inegi.org.mx/>

Anuario Estadístico INEGI México:

“Sistema de Transporte de Gas Natural para suministro al Parque Industrial Arco 57”,
en el municipio de Soyaniquilpan de Juárez, Estado de México”

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/productos/>

Portal del Estado de México

<http://edomex.gob.mx/>

Climatología Estado de México- Enciclopedia de los Municipios

<http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM15mexico/index.html>

INEGI Climatología Estado de México:

[http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mex/default.aspx?tema=me
&e=15](http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mex/default.aspx?tema=me&e=15)

Enciclopedia de los Municipios, Soyaniquilpan de Juárez

<http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM15mexico/index.html>

Programa Estatal de Desarrollo Estado de México

http://edomex.gob.mx/sites/edomex.gob.mx/files/files/plandedesarrollo11-17_1.pdf