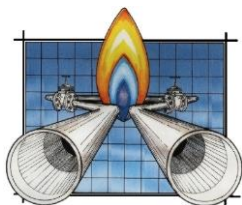


Índice

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO.	3
I.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	3
I.2 BASES DE DISEÑO	11
I.3 HOJAS DE SEGURIDAD	28
I.4 CONDICIONES DE OPERACIÓN	29
I.4.1 OPERACIÓN	29
I.4.2 PRUEBAS DE VERIFICACIÓN	33
I.5 PROCEDIMIENTOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD	35
I.6 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS	38
1.6.1 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES	38
I.6.2 METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN	44

Índice de Tablas

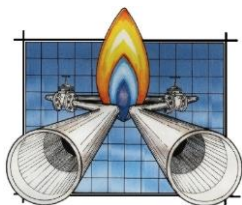
Tabla 1 Gasoductos que conforman la Red de Distribución	3
Tabla 2 Interconexión y City Gate (En Operación)	3
Tabla 3 Estaciones de Regulación y Medición (ERMs)	4
Tabla 4 Estaciones de Regulación (ERs)	6
Tabla 5 Coordenadas de Válvulas de Seccionamiento	7
Tabla 6 Características operativas de las Estaciones de Regulación y Medición (ERMs)	9
Tabla 7 Características operativas de las Estaciones de Regulación (ERs)	9
Tabla 8 Consumos City Gate Texcoco (en operación)	29
Tabla 9 Condiciones de operación de las Estaciones de Regulación y Medición (ERMs)	29
Tabla 10 Condiciones de operación de las Estaciones de Regulación (ERs)	30
Tabla 11 Programa de Actividades de Seguridad	35
Tabla 12 Actividades de mantenimiento	36
Tabla 13 Clasificación de riesgos en ductos terrestres	46
Tabla 14 Tramos de estudio para metodología Muhlbauer	47
Tabla 15 Nivel de Riesgo del Tramo 1	60
Tabla 16 Nivel de Riesgo del Tramo 2	61
Tabla 17 Nivel de Riesgo del Tramo 3	61
Tabla 18 Nivel de Riesgo del Tramo 4	61
Tabla 19 Nivel de Riesgo del Tramo 5	62
Tabla 20 Nivel de Riesgo del Tramo 6	62
Tabla 21 Nivel de Riesgo del Tramo 7	62
Tabla 22 Nivel de Riesgo del Tramo 8	63



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
‘Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco’
Estado de México

I

Tabla 23 Nivel de Riesgo del Tramo 9.	63
Tabla 24 Nivel de Riesgo del Tramo 10.	63
Tabla 25 Nivel de Riesgo del Tramo 11.	64
Tabla 26 Nivel de Riesgo del Tramo 12.	64
Tabla 27 Valor promedio de índices y calificación del Sistema de Distribución.	64
Tabla 28 Diagramas de tubería e instrumentación utilizados.	67
Tabla 29 Nodos Seleccionados en la Red de Distribución de Gas Natural.	69
Tabla 30 Consecuencias (en forma descriptiva).	70
Tabla 31 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.	72
Tabla 32 Matriz de riesgos.	72
Tabla 33 Matriz de Riesgo considerando los resultados del HAZOP.	73
Tabla 34 Descripción de fallas de mayor riesgo en los Nodos del HAZOP.	81
Tabla 35 Fallas con probable fuga de gas natural.	87
Tabla 36 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.	93
Tabla 37 Probabilidades de falla.	93
Tabla 38 Escenarios de Riesgo.	96



I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO.

I.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

A. Características de la Red de Distribución.

El proyecto integral que se incluye en el presente ERA cuenta con las siguientes características:

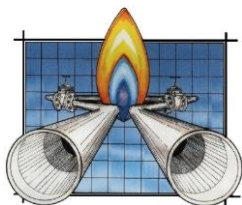
Tabla 1 Gasoductos que conforman la Red de Distribución.

Tipo de tubería	Especificación	Longitud (m)
Gasoducto de A.C. DN 250 mm (10")	API 5L Grado X42 ESP. 7/32	75 727
Gasoducto de A.C. DN 200 mm (8")	API 5L Grado X42 ESP. 7/32	16 641
Gasoducto de A.C. DN 150 mm (6")	API 5L Grado X42 ESP. 7/32	17 477
Gasoducto de A.C. DN 100 mm (4")	API 5L Grado X42 ESP. 7/32	16 646.22
Gasoducto de A.C. DN 75 mm (3")	API 5L Grado X42 Ced. 40	496
Gasoducto de A.C. DN 50 mm (2")	API 5L Grado X42 Ced. 40	676.91
Gasoducto de H.D.P.E. DN 250 mm (10")	HDPE SDR11	765.8
Gasoducto de H.D.P.E. DN 200 mm (8")	HDPE SDR11	40 233
Gasoducto de H.D.P.E. DN 150 mm (6")	HDPE SDR11	104 900.86
Gasoducto de H.D.P.E. DN 100 mm (4")	HDPE SDR11	55 222.7
Gasoducto de H.D.P.E. DN 75 mm (3")	HDPE SDR11	40 039
Gasoducto de H.D.P.E. DN 50 mm (2")	HDPE SDR11	472.41
Total	--	369 297.9

Tabla 2 Interconexión y City Gate (En Operación).

No.	Descripción	Cadenamiento	Coordenadas: UTM	
			Datum: WGS84	
			Región: 14Q	
			X	Y
1	Interconexión	0+000 A		
2	City Gate	0+015 A		

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



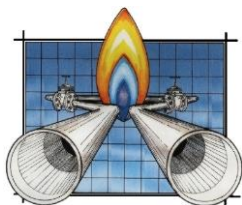
Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

Tabla 3 Estaciones de Regulación y Medición (ERMs).

NO.	DESCRIPCIÓN			COORDENADAS UTM	
				REGIÓN: 14 Q	
				Este	Norte
1	ERM 1	GRAN PATIO TEXCOCO	Tipo 1		
2	ERM 2	HOSPITAL GENERAL	Tipo 2		
3	ERM 3	FABRICAS DE TEXCOCO	Tipo 2		
4	ERM 4	HARINERA TEXCOCO	Tipo 1		
5	ERM 5	CREMERIA COVADONGA	Tipo 1		
6	ERM 6	AG INDUSTRIAS	Tipo 3		
7	ERM 7	PLAZA SAN LORENZO	Tipo 4		
8	ERM 8	VULKAN AN ARRAY	Tipo 5		
9	ERM 9	NUEVO AEROPUERTO DE CDMX	Tipo 6		
10	ERM 10	CERPLASTIC	Tipo 3		
11	ERM 11	MALTA TEXCOCO	Tipo 4		
12	ERM 12	PROFINA	Tipo 4		
13	ERM 13	VITROPAR	Tipo 3		
14	ERM 14	ALFREDO GTZ	Tipo 4		
15	ERM 15	EXTRUSIONES METALICAS	Tipo 2		
16	ERM 16	TORRE DEL VIGIA	Tipo 2		
17	ERM 17	SHERWIN WILLIAMS	Tipo 2		
18	ERM 18	TELAS CATALUÑA	Tipo 2		
19	ERM 19	UNIKE	Tipo 4		
20	ERM 20	ASFARERA CHALCO I	Tipo 3		
21	ERM 21	ALFARERA CHALCO II	Tipo 7		
22	ERM 22	LACTEOS LA CUESTA	Tipo 4		
23	ERM 23	GNV- CHALCO	Tipo 4		
24	ERM 24	GRUPO SOMAR	Tipo 3		
25	ERM 25	GENBIO	Tipo 4		
26	ERM 26	VALSA II	Tipo 3		
27	ERM 27	BOTANA SOL	Tipo 2		
28	ERM 28	EVAFOAM	Tipo 2		
29	ERM 29	MABAM	Tipo 2		
30	ERM 30	VALSA I	Tipo 2		
31	ERM 31	HERTI ALIMENTOS	Tipo 1		
32	ERM 32	FEAZA	Tipo 1		
33	ERM 33	CMJ TECNOLOGIA	Tipo 2		
34	ERM 34	CANFRANC	Tipo 1		

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

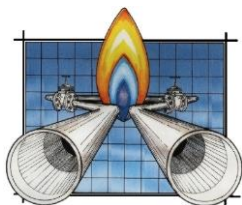


Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

NO.	DESCRIPCIÓN			COORDENADAS UTM	
				REGIÓN: 14 Q	
				Este	Norte
35	ERM 35	AKAI INTERNATIONAL	Tipo 1		
36	ERM 36	ALFHER PORCEWOL	Tipo 2		
37	ERM 37	PROFILALEX	Tipo 2		
38	ERM 38	ALFA ELECTRODOMESTICO	Tipo 1		
39	ERM 39	GRUPO POSEIDON	Tipo 2		
40	ERM 40	GNV LUKSON	Tipo 2		
41	ERM 41	METALES ELECTRICOS	Tipo 2		
42	ERM 42	CORRUGADOS MERCURIO	Tipo 9		
43	ERM 43	LA PILLARCA	Tipo 2		
44	ERM 44	CELLUFIBRA	Tipo 1		
45	ERM 45	PAPELERA RINO	Tipo 8		
46	ERM 46	TEXNOTEJ	Tipo 3		
47	ERM 47	PAPELERA TLAXCALA	Tipo 2		
48	ERM 48	YAKULT	Tipo 3		
49	ERM 49	PINFRA	Tipo 3		
50	ERM 50	PAPELES ULTRA	Tipo 1		
51	ERM 51	SAINT GOBAIN	Tipo 2		
52	ERM 52	LICONSA	Tipo 2		
53	ERM 53	PAPELERIA RAYTER	Tipo 2		
54	ERM 54	CLAVOS NACIONALES	Tipo 1		
55	ERM 55	EPM PLANTA 3	Tipo 4		
56	ERM 56	CELULOSA MARIO	Tipo 4		
57	ERM 57	EPM PLANTA 1 Y 2	Tipo 4		
58	ERM 58	FEDERAL MONGUL	Tipo 3		
59	ERM 59	PEDRO DOMENECQ	Tipo 3		
60	ERM 60	GNV LOS REYES LA PAZ	Tipo 2		
61	ERM 61	PAPELERA SAN JOSE	Tipo 1		
62	ERM 62	PAPELERA LA SOLEDAD	Tipo 2		
63	ERM 63	AKZONOBEL	Tipo 2		
64	ERM 64	COCA COLA	Tipo 1		
65	ERM 65	AOC. MEXICANA	Tipo 1		
66	ERM 66	ALIMENTOS EFA	Tipo 9		
67	ERM 67	ADAMA DE MEXICO	Tipo 9		
68	ERM 68	UNIDAD EMPRESARIAL	Tipo 1		
69	ERM 69	ESPUMADOS ABSA	Tipo 2		
70	ERM 70	LAVANDERIA DE HOTELES	Tipo 1		



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

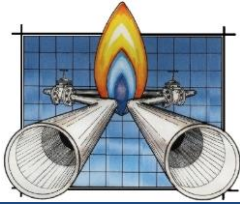
NO.	DESCRIPCIÓN			COORDENADAS UTM	
				REGIÓN: 14 Q	
				Este	Norte
71	ERM 71	EPIMA	Tipo 9		
72	ERM 72	ESPUMADOS CHAVEZ	Tipo 9		
73	ERM 73	SIGMA ALIMENTOS VB3	Tipo 1		
74	ERM 74	ALIMENTOS VB4	Tipo 2		
75	ERM 75	ALIMENTOS PAR	Tipo 1		

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Tabla 4 Estaciones de Regulación (ERs).

NO.	DESCRIPCIÓN			COORDENADAS UTM	
				REGION: 14 Q	
				Este	Norte
1	ER 1	TEXCOCO CENTRO 1	Tipo 1		
2	ER 2	TEXCOCO CENTROII	Tipo 2		
3	ER 3	TEXCOCO CENTROIII	Tipo 2		
4	ER 4	TEXCOCO CENTROIV	Tipo 3		
5	ER 5	SAN BERNANDINO	Tipo 3		
6	ER 6	LOMAS DE CRISTO	Tipo 1		
7	ER 7	JARDINES	Tipo 4		
8	ER 8	MARIANO RUIZ	Tipo 5		
9	ER 9	PUERTA TEXCOCO	Tipo 1		
10	ER 10	LOS JUNCOS	Tipo 5		
11	ER 11	REAL DEL MONTE	Tipo 5		
12	ER 12	SAN FRANCISCO	Tipo 5		
13	ER 13	BUENAVENTURA	Tipo 5		
14	ER 14	CHALCO	Tipo 5		
15	ER 15	PLAZA CORTIJO	Tipo 3		
16	ER 16	PLAZA SENDERO	Tipo 3		
17	ER 17	RESIDENCIAL PALMAS	Tipo 3		
18	ER 18	IXTAPALUCA	Tipo 3		
19	ER 19	PLAZA SANTA BARBARA	Tipo 5		
20	ER 20	ARBOLADA	Tipo 5		
21	ER 21	PLAZA IXTAPALUCA	Tipo 5		
22	ER 22	PATIO AYOTLA	Tipo 5		
23	ER 23	VALLE DE CHALCO	Tipo 5		
24	ER 24	LOS REYES	Tipo 5		
25	ER 25	CONJUNTO LA PAZ	Tipo 3		

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

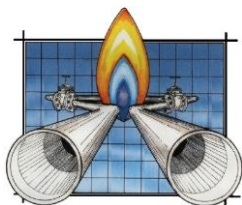
NO.	DESCRIPCIÓN			COORDENADAS UTM	
				REGION: 14 Q	
				Este	Norte
26	ER 26	MORELOS	Tipo 3		
27	ER 27	PIEDRAS NEGRAS	Tipo 3		
28	ER 28	PARQUE INDUSTRIAL NEZA	Tipo 3		
29	ER 29	PLAZA NEZA	Tipo 5		

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

Tabla 5 Coordenadas de Válvulas de Seccionamiento.

NO.	DESCRIPCIÓN	Ø/MATERIAL	CADENAMIENTO	COORDENADAS UTM	
				REGION: 14 Q	
				Este	Norte
1	V.S. 1	10"A.C.	6+698.36		
2	V.S. 2	10"A.C.	8+771.08		
3	V.S. 3	8"P.E.	N/A		
4	V.S. 4	4"A.C.	14+509.66		
5	V.S. 5	4"A.C.	0+048.99		
6	V.S. 6	10"A.C.	0+093.44		
7	V.S. 7	10"A.C.	18+482.64		
8	V.S. 8	4"A.C.	N/A		
9	V.S. 9	10"A.C.	0+000.00		
10	V.S. 10	4"A.C.	0+000.00		
11	V.S. 11	10"A.C.	29+122.30		
12	V.S. 12	10"A.C.	34+361.76		
13	V.S. 13	6"A.C.	0+000.00		
14	V.S. 14	6"A.C.	37+737.81		
15	V.S. 15	8"A.C.	12+832.18		
16	V.S. 16	4"A.C.	0+000.00		
17	V.S. 17	8"A.C.	0+000.00		
18	V.S. 18	10"A.C.	7+660.59		
19	V.S. 19	10"A.C.	13+586.51		
20	V.S. 20	6"A.C.	7+675.47		
21	V.S. 21	8"A.C.	6+127.71		
22	V.S. 22	4"A.C.	0+000.00		
23	V.S. 23	4"A.C.	0+000.00		
24	V.S. 24	8"A.C.	1+300.76		
25	V.S. 25	4"A.C.	N/A		

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

NO.	DESCRIPCIÓN	Ø/MATERIAL	CADENAMIENTO	COORDENADAS UTM
				REGION: 14 Q
26	V.S. 26	4"A.C.	0+000.00	
27	V.S. 27	8"P.E.	0+000.00	
28	V.S. 28	6"A.C.	4+281.94	
29	V.S. 29	6"A.C.	0+820.08	
30	V.S. 30	8"A.C.	0+000.00	
31	V.S. 31	4"A.C.	N/A	
32	V.S. 32	4"A.C.	N/A	
33	V.S. 33	10"A.C.	16+202.18	
34	V.S. 34	4"A.C.	N/A	
35	V.S. 35	3"A.C.	N/A	
36	V.S. 36	10"A.C.	5+819.07	
37	V.S. 37	10"A.C.	N/A	
38	V.S. 38	10"A.C.	12+654.88	
39	V.S. 39	10"A.C.	N/A	
40	V.S. 40	10"A.C.	23+293.97	
41	V.S. 41	8"A.C.	0+000.00	
42	V.S. 42	4"A.C.	0+000.00	
43	V.S. 43	4"A.C.	0+000.00	
44	V.S. 44	4"A.C.	0+000.00	
45	V.S. 45	4"A.C.	1+138.47	
46	V.S. 46	6"P.E.	0+311.73	
47	V.S. 47	6"P.E.	0+000.00	
48	V.S. 48	6"P.E.	0+000.00	
49	V.S. 49	6"P.E.	0+502.66	
50	V.S. 50	6"P.E.	0+000.00	
51	V.S. 51	6"P.E.	0+585.42	
52	V.S. 52	6"P.E.	0+8343.28	

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

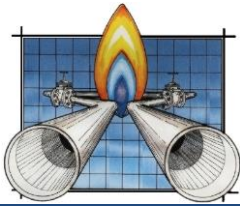


Tabla 6 Características operativas de las Estaciones de Regulación y Medición (ERMs).

ERM Tipo		Presión de diseño (psi (kg/cm ²))	Presiones de entrada (psi (kg/cm ²))		Presiones de salida (psi (kg/cm ²))	
			Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
1	Tipo 1	99.56 (7.00)	71.11 (5.00)	56.89 (4.00)	42.67 (3.00)	28.44(2.00)
2	Tipo 2	99.56 (7.00)	71.11 (5.00)	56.89 (4.00)	42.67 (3.00)	28.44(2.00)
3	Tipo 3	500.00 (35.15)	298.68 (21.00)	199.13 (14.00)	49.78 (3.50)	35.56 (2.50)
4	Tipo 4	500.00 (35.15)	298.68 (21.00)	199.13 (14.00)	42.67 (3.00)	28.44 (2.00)
5	Tipo 5	99.56 (7.00)	71.12 (5.50)	56.89 (5.00)	64.00 (4.50)	56.89 (4.50)
6	Tipo 6	99.56 (7.00)	78.22 (5.50)	56.89 (5.00)	64.00 (4.50)	49.78 (3.50)
7	Tipo 7	500.00 (35.15)	298.68 (21.00)	199.13 (14.00)	56.89 (4.00)	42.67 (3.00)
8	Tipo 8	500.00 (35.15)	298.68 (21.00)	199.13 (14.00)	99.56 (7.00)	56.89 (4.00)
9	Tipo 9	99.56 (7.00)	99.56 (7.00)	56.89 (4.00)	24.18 (1.70)	21.33 (1.50)

Tabla 7 Características operativas de las Estaciones de Regulación (ERs).

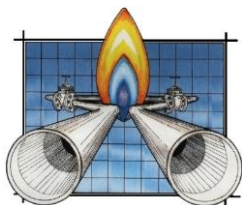
ER Tipo		Presión de diseño (psi (kg/cm ²))	Presiones de entrada (psi (kg/cm ²))		Presiones de salida (psi (kg/cm ²))	
			Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
1	Tipo 1	500.00 (35.15)	298.68 (21.00)	199.13 (14.00)	71.11 (5.00)	56.89 (4.00)
2	Tipo 2	99.56 (7.00)	71.11 (5.00)	56.89 (4.00)	28.44 (2.00)	21.33 (1.50)
3	Tipo 3	500.00 (35.15)	298.68 (21.00)	199.13 (14.00)	71.11 (5.00)	56.89 (4.00)
4	Tipo 4	500.00 (35.15)	298.68 (21.00)	199.13 (14.00)	99.56 (7.00)	56.89 (4.00)
5	Tipo 5	500.00 (35.15)	298.68 (21.00)	199.13 (14.00)	28.44 (2.00)	21.33 (1.50)

Para mayor detalle se incluyen los planos de la distribución de la red de gas natural. **Ver anexo 1.**

Para conocer las coordenadas puntos de inflexión de toda la red de gas natural. **Ver anexo 2.**

B. Vida útil.

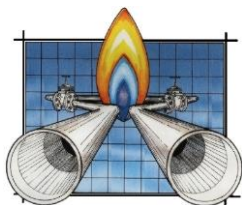
En base a la experiencia acumulada de la empresa Promovente, diseñó el proyecto y realizará la construcción del sistema de distribución de gas natural para una vida útil de al menos 30 años en estado de operación, sin embargo, este periodo de tiempo puede ser modificado hacia una vida mayor considerando el mantenimiento predictivo, preventivo y en su caso correctivo de la infraestructura a instalar.



C. Volumen total empacado en la Red.

De acuerdo a la memoria de cálculo presentada por GNN, el volumen total empacado en la red de distribución de gas natural es de **139 368.99 m³**.

En el **Anexo 3**, se incluye el archivo GNN_TEX_VEM-Sistema de distribución, donde se muestran las memorias de cálculo de para calcular el volumen empacado en la red de distribución de gas natural.



I.2 BASES DE DISEÑO

Para el diseño del sistema de distribución de gas natural, se consideraron las siguientes normas y estándares internacionales.

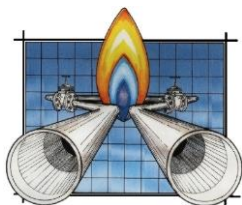
- Servicio de Distribución de Gas Natural de acuerdo a la norma;
 - o NOM-003-ASEA-2016 Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.
- Calidad del Gas Natural de acuerdo a la norma;
 - o NOM-001-SECRE-vigente. Calidad del gas natural.
- Diseño de Estación de Medición, Regulación y Control de acuerdo a la norma;
 - o NOM-003-ASEA-2016 Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.
- Diseño de los gasoductos de acuerdo a las normas;
 - o NOM-003-ASEA-2016 Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.
 - o Código ASME B 31.8 (Sistema de Tuberías de Transporte y Distribución de Gas).
- Unidades de Medición de acuerdo a la norma;
 - o NOM-008-SCFI-2002.
- Accesorios de acuerdo al código;
 - o ASME B16.9 Steel Fitting (Accesorios de Soldaduras a tope).
- Tubería construida bajo los estándares de;
 - o API 5L.

Considerando que las instalaciones de conducción de Gas Natural están regidas por normas, códigos y estándares; la fase de diseño contempla aspectos necesarios para dar seguridad física a los gasoductos troncales y ramales, así como a sus instalaciones tanto de operación como de control.

El diseño de la red de tuberías e instrumentación se encuentra de acuerdo a lo especificado en el código **ASME B 31.8** - Edición 2007 "Sistemas de Transmisión y Distribución de Gas por Tuberías", el cual es un estándar internacional establecido por la industria de los Estados Unidos de América (EUA).

Aunado a lo anterior, el sistema de distribución de Gas Natural está diseñado y será construido con estricto apego a la **NOM-003-ASEA-2016**, principal regulación aplicada en el desarrollo de una red de transporte de hidrocarburos. Cabe mencionar, que para dar cumplimiento a dicha norma, Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V. deberá ser auditada por una Unidad de Verificación en Gas Natural, misma que evaluará las condiciones de operación de la red de distribución y estaciones de regulación, para dar cumplimiento a las normas establecidas por la Comisión Reguladora de Energía.

El diseño bajo el cual será construida la red para distribución de Gas Natural; así como las estaciones de regulación de Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., involucra los siguientes aspectos:



1. Cargas estáticas a las que esté sometida la tubería.

Se considera la no afectación por cargas externas originadas por suelos inestables, vibraciones mecánicas o sónicas y adición de pesos adicionales a la tubería, como lo son estructuras y edificaciones, principalmente.

2. Cargas dinámicas que afectan a la red.

Se consideran a aquellos cruces especiales por donde pasarán los gasoductos, tales como: cruces carreteros y caminos rurales, los cuales no se verán afectados ni tampoco representarán un riesgo para la integridad física del gasoducto.

3. Presión a que están sujetas las tuberías.

El cálculo del espesor necesario para soportar la presión de operación de la red, fue determinado con la fórmula de Barlow, utilizando factores para la clase de localización 4, en el caso de tuberías metálicas.

4. Corrosión.

La tubería que brindará la alimentación de Gas Natural a las Estaciones de Regulación y Medición ubicadas en las instalaciones de los usuarios finales estará cumpliendo con los requisitos de seguridad y operación establecidos en la **NOM-003-ASEA-2016** Apéndice Normativo II, "Control de la corrosión externa en tuberías de acero enterradas y/o sumergidas".

5. Esfuerzos debidos a afectaciones exteriores.

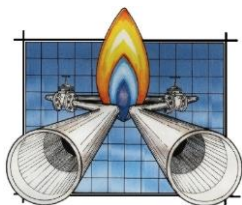
Estos factores están considerados por la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., en los procedimientos de diseño utilizados por la empresa en los ductos de la red de distribución.

Además de lo indicado anteriormente, en el diseño de la construcción de la tubería, fueron considerados factores, tales como expansión y contracción térmica de la tubería, vibración, fatiga, cruzamientos y condiciones de cargas especiales, sismos y efectos provocados por los cambios de estación, lluvias, inundaciones y deslaves, principalmente.

Así mismo, los materiales utilizados en este proyecto, cumplen con las siguientes especificaciones:

- Tubería de acero bajo la especificación **API 5L**,
- Tubería utilizada dentro de las estaciones: **API 5L ó ASTM A53**,
- Válvulas de bloqueo y de operación: **API 6D** y partes 192 y 193 del **DOT 49**,
- Bridas y conexiones: **ASME B16.6 y B16.9**,
- Tubos de polietileno para la conducción de Gas Natural y Gas L.P: **NMX-E-043-SCFI-2002**.

La tubería metálica de las estaciones de regulación, deberán cumplir con los requisitos de la **NOM-003-ASEA-2016**, así mismo concuerda con los estándares **ASME-B 31.8 2007** y **DOT 49 CFR** en su parte 192.



Las instalaciones como casetas de regulación y medición de los asociados estarán debidamente resguardadas de agentes externos, mediante bardas perimetrales y/o cercas metálicas con acceso restringido, permitiendo la entrada sólo al personal de la empresa.

Para el diseño de las Estaciones de Regulación y Medición (ERMs), Estaciones de Regulación (ER) y de los gasoductos de la red de distribución se tomaron en cuenta las condiciones de operación que se indican en las Tablas 10 y 11 del presente capítulo.

En el **Anexo 3** se indica la Filosofía de Operación (FOP) y la Memoria Técnico Descriptiva de cada ER y ERM.

I.2.1 Especificaciones Técnicas y Cálculos del Sistema de distribución de Gas Natural.

1.- CALCULO PARA TUBERÍA DE 10"Ø DE AC

CALCULO DEL ESPESOR DE TUBERÍA (GASODUCTO PRINCIPAL).

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-003-ASEA-2016. Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Dónde:

t = Espesor de pared de la tubería.

P= Presión manométrica de diseño.

D= diámetro exterior de la tubería.

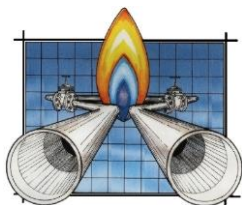
S= Resistencia mínima de cedencia.

F= Factor de diseño por densidad de población.

E= Factor de eficiencia de la junta longitudinal de la tubería.

T= Factor de corrección por temperatura del gas.

Utilizando tubería de acero al carbón con costura especificación **API 5L GRADO X42 ESP. 7/32**, se obtiene el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería. **S=42,000 PSI**



Especificaciones de la tubería del gasoducto principal de 10" Ø de AC.

Presión de diseño:	500.00 Psi (35.15 Kg/cm ²)
Presión de prueba:	448.03 Psi (35.15 Kg/cm ²)
Presión de operación:	298.68 Psi (21.00 Kg/cm ²)
Presión mínima:	284.46 Psi (20.00 Kg/cm ²)
Clase de localización:	Clase 4 en toda su trayectoria

Considerando una presión de diseño de **500.00 PSI** se procede a establecer el espesor mínimo requerido para la tubería de **10" AC API 5L GRADO X42 ESP. 7/32**, cuyo diámetro exterior es de 10.750".

Pipe Data...	
Diameter:	10.750 Inches
Wall Thickness:	0.160 Inches
SMYS:	42000 Psi
Pressure:	500 Psi

Design Factors...	
Class Location:	Class 4
Location Exceptions:	Fabricated assemblies
Longitudinal Joint:	API 5L - Electric Resistance Welded
Operating Temperature:	250 F (121 C) or less

Value...
0.40
1.00
1.000

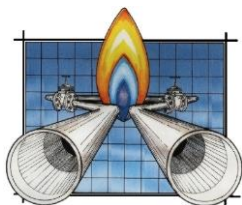
Calculate

Get Save Print Close

De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de 10" de diámetro tenga un espesor mínimo de **0.160"**.

Al espesor calculado se adiciona un 20% por corrosión y 15% por fallas en la construcción dando un total de espesor requerido de **0.216"**.

Con esto se comprueba que la tubería de **10" Ø de AC API 5L GRADO X42 ESP. 7/32** que se empleará para este proyecto cumplirá satisfactoriamente puesto que tendrá un espesor de **0.219"**.



2.- CALCULO PARA TUBERÍA DE 8"Ø de AC

CALCULO DEL ESPESOR DE TUBERÍA (GASODUCTO PRINCIPAL).

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-003-ASEA-2016. Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Dónde:

t = Espesor de pared de la tubería

P= Presión manométrica de diseño

D= diámetro exterior de la tubería.

S= Resistencia mínima de cedencia.

F= Factor de diseño por densidad de población.

E= Eficiencia de la junta longitudinal de la tubería.

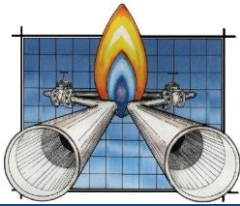
T= Factor de corrección por temperatura del gas.

Utilizando tubería de acero al carbón con costura especificación **API 5L GRADO X42 ESP. 7/32**, se obtiene el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería. **S=42,000 PSI**

Especificaciones de la tubería del gasoducto principal de 8" Ø de AC

Presión de diseño:	500.00 Psi (35.15 Kg/cm ²)
Presión de prueba:	448.03 Psi (35.15 Kg/cm ²)
Presión de operación:	298.68 Psi (21.00 Kg/cm ²)
Presión mínima:	284.46 Psi (20.00 Kg/cm ²)
Clase de localización:	Clase 4 en toda su trayectoria

Considerando una presión de diseño de **500.00 PSI** se procede a establecer el espesor mínimo requerido para la tubería de **8" AC API 5L GRADO X42 ESP. 7/32**, cuyo diámetro exterior es de 8.625".



Steel Pipe Design Formula...

Pipe Data...

Diameter: 8.625 Inches SMYS: 42000 Psi
Wall Thickness: 0.128 Inches Pressure: 500 Psi

Design Factors...

Class Location: Class 4 Value...
Location Exceptions: Fabricated assemblies 0.40
Longitudinal Joint: API 5L - Electric Resistance Welded 1.00
Operating Temperature: 250 F (121 C) or less 1.000

Calculate

Get Save Print Close

De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de 8" de diámetro tenga un espesor mínimo de **0.128"**.

Al espesor calculado se adiciona un 30% por corrosión y 15% por fallas en la construcción dando un total de espesor requerido de **0.1856"**.

Con esto se comprueba que la tubería de **8" Ø de AC API 5L GRADO X42 ESP. 7/32** que se empleará para este proyecto cumplirá satisfactoriamente puesto que tendrá un espesor de **0.219"**.

3.- CALCULO PARA TUBERÍA DE 6"Ø de AC

CALCULO DEL ESPESOR DE TUBERÍA (GASODUCTO PRINCIPAL).

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-003-ASEA-2016. Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$t = \frac{PxD}{2xSxFxE x T}$$

Dónde:

t = Espesor de pared de la tubería

P= Presión manométrica de diseño

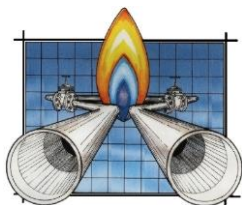
D= diámetro exterior de la tubería.

S= Resistencia mínima de cedencia.

F= Factor de diseño por densidad de población.

E= Eficiencia de la junta longitudinal de la tubería.

T= Factor de corrección por temperatura del gas.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
Estado de México

I

Utilizando tubería de acero al carbón con costura especificación **API 5L GRADO X42 ESP. 7/32**, se obtiene el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería. **S=42,000 PSI**

Especificaciones de la tubería del gasoducto principal de 6" Ø de AC

Presión de diseño:	500.00 Psi (35.15 Kg/cm ²)
Presión de prueba:	448.03 Psi (35.15 Kg/cm ²)
Presión de operación:	298.68 Psi (21.00 Kg/cm ²)
Presión mínima:	284.46 Psi (20.00 Kg/cm ²)
Clase de localización:	Clase 4 en toda su trayectoria

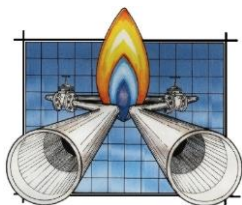
Considerando una presión de diseño de **500.00 PSI** se procede a establecer el espesor mínimo requerido para la tubería de **6" Ø AC API 5L GRADO X42 ESP. 7/32**, cuyo diámetro exterior es de 6.625".

Steel Pipe Design Formula...			
Pipe Data...			
Diameter:	6.625	Inches	
Wall Thickness:	0.099	Inches	
SMYS:	42000	Psi	
Pressure:	500	Psi	
Design Factors...			
Class Location:	Class 4		Value...
Location Exceptions:	Fabricated assemblies		0.40
Longitudinal Joint:	API 5L - Electric Resistance Welded		1.00
Operating Temperature:	250 F (121 C) or less		1.000
Calculate			
Get	Save	Print	Close

De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de 6" de diámetro tenga un espesor mínimo de **0.099"**.

Al espesor calculado se adiciona un 30% por corrosión y 15% por fallas en la construcción dando un total de espesor requerido de **0.1435"**

Con esto se comprueba que la tubería de **6" Ø AC API 5L GRADO X42 ESP. 7/32** que se empleara para este proyecto cumplirá satisfactoriamente puesto que tendrá un espesor de **0.219"**.



4.- CALCULO PARA TUBERÍA DE 4"Ø de AC

CALCULO DEL ESPESOR DE TUBERÍA (RAMAL).

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-003-ASEA-2016. Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$t = \frac{PxD}{2xSxFxExT}$$

Dónde:

t = Espesor de pared de la tubería

P= Presión manométrica de diseño

D= diámetro exterior de la tubería.

S= Resistencia mínima de cedencia.

F= Factor de diseño por densidad de población.

E= Eficiencia de la junta longitudinal de la tubería.

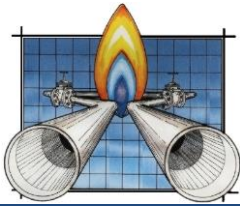
T= Factor de corrección por temperatura del gas.

Utilizando tubería de acero al carbón con costura especificación **API 5L GRADO X42 ESP. 7/32**, se obtiene el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería. **S=42,000 PSI**

Especificaciones de la tubería para ramales de 4" Ø de AC

Presión de diseño:	500.00 Psi (35.15 Kg/cm ²)
Presión de prueba:	448.03 Psi (35.15 Kg/cm ²)
Presión de operación:	298.68 Psi (21.00 Kg/cm ²)
Presión mínima:	284.46 Psi (20.00 Kg/cm ²)
Clase de localización:	Clase 4 en toda su trayectoria

Considerando una presión de diseño de **500.00 PSI** se procede a establecer el espesor mínimo requerido para la tubería de **4" Ø de AC API 5L GRADO X42 ESP. 7/32**, cuyo diámetro exterior es de 4.50".



Steel Pipe Design Formula...

Pipe Data...

Diameter: 4.5 Inches SMYS: 42000 Psi

Wall Thickness: 0.067 Inches Pressure: 500 Psi

Design Factors...

Class Location: Class 4 Value...

Location Exceptions: Fabricated assemblies 0.40

Longitudinal Joint: API 5L - Electric Resistance Welded 1.00

Operating Temperature: 250 F (121 C) or less 1.000

Calculate

Get Save Print Close

De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de 4" de diámetro tenga un espesor mínimo de **0.067"**.

Al espesor calculado se adiciona un 30% por corrosión y 15% por fallas en la construcción dando un total de espesor requerido de **0.0971"**

Con esto se comprueba que la tubería de **4" Ø de AC API 5L GRADO X42 ESP. 7/32** que se empleará para este proyecto cumplirá satisfactoriamente puesto que tendrá un espesor de **0.219"**.

5.- CALCULO PARA TUBERÍA DE 3"Ø de AC

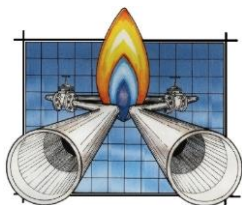
CALCULO DEL ESPESOR DE TUBERÍA (RAMAL).

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-003-ASEA-2016. Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$t = \frac{PxD}{2xSxFxE \times T}$$

Dónde:

- t = Espesor de pared de la tubería
- P= Presión manométrica de diseño
- D= diámetro exterior de la tubería.
- S= Resistencia mínima de cedencia.
- F= Factor de diseño por densidad de población.
- E= Eficiencia de la junta longitudinal de la tubería.
- T= Factor de corrección por temperatura del gas.



Utilizando tubería de acero al carbón con costura especificación **API 5L GRADO X42 CED.40**, se obtiene el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería. **S=42,000 PSI**

Especificaciones de la tubería para ramales de 3"Ø de AC

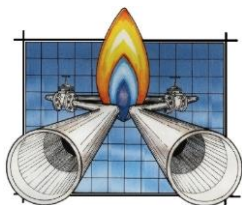
Presión de diseño:	500.00 Psi (31.50 Kg/cm ²)
Presión de prueba:	448.03 Psi (35.15 Kg/cm ²)
Presión de operación:	298.68 Psi (21.00 Kg/cm ²)
Presión mínima:	284.46 Psi (20.00 Kg/cm ²)
Clase de localización:	Clase 4 en toda su trayectoria

Considerando una presión de diseño de **500.00 PSI** se procede a establecer el espesor mínimo requerido para la tubería de **3"Ø de AC API 5L GRADO X42 CED.40**, cuyo diámetro exterior es de 3.50".

De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de 3" de diámetro tenga un espesor mínimo de **0.052"**.

Al espesor calculado se adiciona un 30% por corrosión y 15% por fallas en la construcción dando un total de espesor requerido de **0.0754"**.

Con esto se comprueba que la tubería de **3"Ø de AC API 5L GRADO X42 CED.40** que se empleara para este proyecto cumplirá satisfactoriamente puesto que tendrá un espesor de **0.216"**.



6.- CALCULO PARA TUBERÍA DE 2"Ø de AC

CALCULO DEL ESPESOR DE TUBERÍA (RAMAL).

El espesor mínimo de pared del tubo se calcula de acuerdo a la NOM-003-ASEA-2016. Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$t = \frac{PxD}{2xSxFxExT}$$

Dónde:

t = Espesor de pared de la tubería

P= Presión manométrica de diseño.

D= diámetro exterior de la tubería.

S= Resistencia mínima a la cedencia.

F= Factor de diseño por densidad de población.

E= Eficiencia de la junta longitudinal de la tubería.

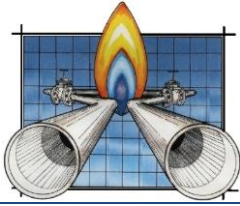
T= Factor de corrección por temperatura del gas.

Utilizando tubería de acero al carbón con costura especificación **API 5L GRADO X42 CED.40**, se obtiene el valor de la resistencia mecánica mínima de la tubería. **S=42,000 PSI**

Especificaciones de la tubería para ramales de 2"Ø de AC

Presión de diseño:	500.00 Psi (35.15 Kg/cm ²)
Presión de prueba:	448.03 Psi (35.15 Kg/cm ²)
Presión de operación:	298.68 Psi (21.00 Kg/cm ²)
Presión mínima:	284.46 Psi (20.00 Kg/cm ²)
Clase de localización:	Clase 4 en toda su trayectoria

Considerando una presión de diseño de **500.00 PSI** se procede a establecer el espesor mínimo requerido para la tubería de **2"Ø de AC API 5L GRADO X42 CED.40**, cuyo diámetro exterior es de 2.375".



Steel Pipe Design Formula...

Pipe Data...

Diameter: 2.375 Inches SMYS: 42000 Psi

Wall Thickness: 0.035 Inches Pressure: 500 Psi

Design Factors...

Class Location: Class 4 Value...

Location Exceptions: Fabricated assemblies 0.40

Longitudinal Joint: API 5L - Electric Resistance Welded 1.00

Operating Temperature: 250 F (121 C) or less 1.000

Calculate

Get Save Print Close

De acuerdo al cálculo anterior se requiere que la tubería de 2" de diámetro tenga un espesor mínimo de **0.035"**.

Al espesor calculado se adiciona un 30% por corrosión y 15% por fallas en la construcción dando un total de espesor requerido de **0.0507"**.

Con esto se comprueba que la tubería de **2" A/C API 5L GRADO X42 CED.40** que se empleara para este proyecto cumplirá satisfactoriamente puesto que tendrá un espesor de **0.154"**.

7.- CALCULO PARA TUBERÍA DE 8" Ø HDPE-4710

CALCULO DE LA PRESIÓN DE DISEÑO.

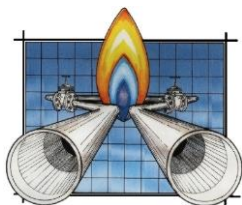
Cuando se utilice tubería de polietileno para la conducción de gas, la máxima presión de operación de la tubería debe ser igual o menor a la presión de diseño, la cual se determina con alguna de las fórmulas siguientes:

$$P = 2Sh \frac{t}{(D - t)} \quad (0.32)$$

$$P = 2Sh \frac{1}{(SDR - 1)} \quad (0.32)$$

Dónde:

- **P**= Presión manométrica de diseño en kPa
- **Sh** = Resistencia hidrostática a largo plazo en kPa determinada a una temperatura de 296°K = 11Mpa (Valor de tablas)
- **SDR** = Relación del diámetro exterior promedio entre el espesor de pared mínimo especificado= 11



A continuación, se presentan las pantallas que justifican la presión de diseño calculada.

Para la tubería de polietileno de 8" de Ø HDPE-4710 SDR11

Utilizando tablas de proveedores de tubería de polietileno, obtenemos el diámetro exterior de la tubería, el HDB y el espesor de pared, al introducir estos datos obtenemos la presión de diseño.

La presión de diseño es igual a **704.84 KPa**, superior a la máxima presión de operación que es igual a **689.69 KPa**, por lo tanto, la presión de diseño es mayor a la MPOP, cumpliendo con los parámetros de diseño.

8.- CALCULO PARA TUBERÍA DE 6" Ø HDPE-4710

CALCULO DE LA PRESIÓN DE DISEÑO.

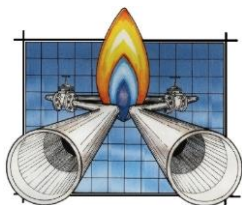
Cuando se utilice tubería de polietileno para la conducción de gas, la máxima presión de operación de la tubería debe ser igual o menor a la presión de diseño, la cual se determina con alguna de las fórmulas siguientes:

$$P = 2Sh \frac{t}{(D - t)} \quad (0.32)$$

$$P = 2Sh \frac{1}{(SDR - 1)} \quad (0.32)$$

Dónde:

- **P**= Presión manométrica de diseño en kPa
- **Sh** = Resistencia hidrostática a largo plazo en kPa determinada a una temperatura de 296°K = 11Mpa (Valor de tablas)
- **SDR** = Relación del diámetro exterior promedio entre el espesor de pared mínimo especificado= 11



A continuación, se presentan las pantallas que justifican la presión de diseño calculada.

Para la tubería de polietileno de 6" de Ø HDPE-4710 SDR11

Utilizando tablas de proveedores de tubería de polietileno, obtenemos el diámetro exterior de la tubería, el HDB y el espesor de pared, al introducir estos datos obtenemos la presión de diseño.

La presión de diseño es igual a **705.57 KPa**, superior a la máxima presión de operación que es igual a **689.69 KPa**, por lo tanto la presión de diseño es mayor a la MPOP, cumpliendo con los parámetros de diseño.

9.- CALCULO PARA TUBERÍA DE 4" Ø HDPE-4710

CALCULO DE LA PRESIÓN DE DISEÑO.

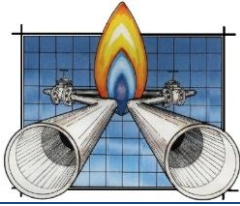
Cuando se utilice tubería de polietileno para la conducción de gas, la máxima presión de operación de la tubería debe ser igual o menor a la presión de diseño, la cual se determina con alguna de las fórmulas siguientes:

$$P = 2Sh \frac{t}{(D - t)} \quad (0.32)$$

$$P = 2Sh \frac{1}{(SDR - 1)} \quad (0.32)$$

Dónde:

- **P**= Presión manométrica de diseño en kPa
- **Sh** = Resistencia hidrostática a largo plazo en kPa determinada a una temperatura de 296°K = 11Mpa (Valor de tablas)
- **SDR** = Relación del diámetro exterior promedio entre el espesor de pared mínimo especificado= 11



A continuación, se presentan las pantallas que justifican la presión de diseño calculada.

Para la tubería de polietileno de 4" de Ø HDPE-4710 SDR11

Utilizando tablas de proveedores de tubería de polietileno, obtenemos el diámetro exterior de la tubería, el HDB y el espesor de pared, al introducir estos datos obtenemos la presión de diseño.

La presión de diseño es igual a **705.75 KPa**, superior a la máxima presión de operación que es igual a **689.69 KPa**, por lo tanto, la presión de diseño es mayor a la MPOP, cumpliendo con los parámetros de diseño.

10.- CALCULO PARA TUBERÍA DE 3" Ø HDPE-4710

CALCULO DE LA PRESIÓN DE DISEÑO.

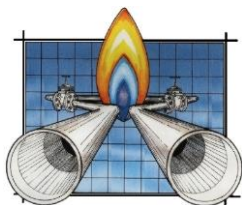
Cuando se utilice tubería de polietileno para la conducción de gas, la máxima presión de operación de la tubería debe ser igual o menor a la presión de diseño, la cual se determina con alguna de las fórmulas siguientes:

$$P = 2Sh \frac{t}{(D - t)} \quad (0.32)$$

$$P = 2Sh \frac{1}{(SDR - 1)} \quad (0.32)$$

Dónde:

- **P**= Presión manométrica de diseño en kPa
- **Sh** = Resistencia hidrostática a largo plazo en kPa determinada a una temperatura de 296°K = 11Mpa (Valor de tablas)
- **SDR** = Relación del diámetro exterior promedio entre el espesor de pared mínimo especificado= 11



A continuación, se presentan las pantallas que justifican la presión de diseño calculada.

Para la tubería de polietileno de 3” de Ø HDPE-4710 SDR11

Utilizando tablas de proveedores de tubería de polietileno, obtenemos el diámetro exterior de la tubería, el HDB y el espesor de pared, al introducir estos datos obtenemos la presión de diseño.

La presión de diseño es igual a **707.92 KPa**, superior a la máxima presión de operación que es igual a **689.69 KPa**, por lo tanto, la presión de diseño es mayor a la MPOP, cumpliendo con los parámetros de diseño.

11.- CALCULO PARA TUBERÍA DE 2” Ø HDPE-4710

CALCULO DE LA PRESIÓN DE DISEÑO.

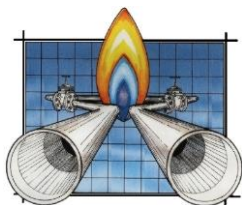
Cuando se utilice tubería de polietileno para la conducción de gas, la máxima presión de operación de la tubería debe ser igual o menor a la presión de diseño, la cual se determina con alguna de las fórmulas siguientes:

$$P = 2Sh \frac{t}{(D - t)} \quad (0.32)$$

$$P = 2Sh \frac{1}{(SDR - 1)} \quad (0.32)$$

Dónde:

- **P**= Presión manométrica de diseño en kPa
- **Sh** = Resistencia hidrostática a largo plazo en kPa determinada a una temperatura de 296°K = 11Mpa (Valor de tablas)
- **SDR** = Relación del diámetro exterior promedio entre el espesor de pared mínimo especificado= 11



A continuación se presentan las pantallas que justifican la presión de diseño calculada.

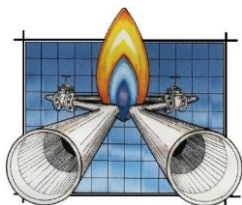
Para la tubería de polietileno de 2" de Ø HDPE-4710 SDR11

Utilizando tablas de proveedores de tubería de polietileno, obtenemos el diámetro exterior de la tubería, el HDB y el espesor de pared, al introducir estos datos obtenemos la presión de diseño.

Pipe Data...			
Diameter:	2.375	Inches	Hydrostatic Strength:
Wall Thickness:	0.216	Inches	Pressure:
Calculate			
Get	Save	Print	Close

La presión de diseño es igual a **706.25 KPa**, superior a la máxima presión de operación que es igual a **689.69 KPa**, por lo tanto la presión de diseño es mayor a la MPOP, cumpliendo con los parámetros de diseño.

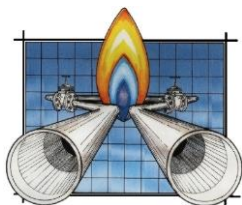
Los planos del trazo y perfil de la red de gas natural se incluyen en el **Anexo 4**.



I.3 HOJAS DE SEGURIDAD

La sustancia principal que se manejará en el proyecto es el Gas Natural, por lo que a continuación se describen sus características físicas y químicas. **Ver Anexo 5. HDS Gas Natural.**

- ✓ **Nombre:** Gas Natural - Gas Metano.
- ✓ **Cantidad de Reporte:** 500 kg. (Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas).
- ✓ **Familia química:** Hidrocarburo parafínico.
- ✓ **Peso molecular:** 18.2.
- ✓ **No. CAS (Chemical Abstract Service):** 8006-14-2.
- ✓ **No. ONU:** 1971.
- ✓ **Estado físico, color y olor:** Gas incoloro, inodoro e insípido.
- ✓ **Punto de fusión (760 mm Hg):** - 182°C.
- ✓ **Punto de ebullición (760 mm Hg):** -160°C.
- ✓ **Temperatura crítica:** -82.50°C.
- ✓ **Densidad del vapor (760 mm Hg):** 0.61.
- ✓ **Densidad específica (aire= 1):** 0.68.
- ✓ **Temperatura de auto ignición:** Entre 5 370 y 6 510°C.
- ✓ **Volumen crítico:** 0.098 m³/kg/mol.
- ✓ **Solubilidad en agua:** 0.4 – 20 microgramos/100 cm³.
- ✓ **Límite inferior de explosividad:** 15% Metano + 85% Aire.
- ✓ **Límite superior de explosividad:** 5% Metano + 95% Aire.
- ✓ **Valor Umbral Límite 15 min. (TLV 15):** No establecida por OSHA. Asfixiante simple.
- ✓ **Valor Umbral Límite 8 min. (TLV 8):** No establecida por OSHA. Asfixiante simple.
- ✓ **IDLH:** 5000 ppm (correspondiente al Metano).



I.4 CONDICIONES DE OPERACIÓN

I.4.1 OPERACIÓN

La sustancia manejada en las tuberías de conducción será el Gas Natural, el cual se distribuirá en estado gaseoso, desde la salida de la Estación de Medición y Regulación City Gate hasta las zonas donde se ubican los socios comerciales a los cuales se les proporcionará el energético.

A continuación, se indican las condiciones de operación de la City Gate actualmente en operación y las Estaciones de Regulación y Medición (ERMs).

- ✓ Presión máxima de entrada a la City Gate = 952 psig
- ✓ Presión mínima de entrada a la City Gate = 853.40 psig
- ✓ Presión de diseño de la City Gate = 1 140 psig

La presión de operación a la salida de la City Gate es de 298.69 psi (21 kg/cm²).

Los flujos que serán manejados en la red de distribución son:

Tabla 8 Consumos City Gate Texcoco (en operación).

CONSUMOS	SCMD ¹	MMSCFD ²	SCMH ³	SCFH ⁴
Consumo mínimo inicial	153 831.00	5.43	6 409.62	226 353.77
Consumo máximo	1 132 444.00	39.99	47 185.16	1 666 328.43

Por otro lado, se establece que la presión de operación a la salida de la City Gate será de 298.69 psi (21 kg/cm²).

Tabla 9 Condiciones de operación de las Estaciones de Regulación y Medición (ERMs).

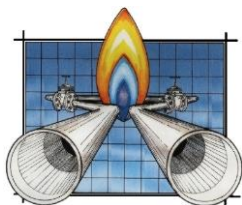
ERM Tipo	Presión de diseño (psi (kg/cm ²))	Presiones de entrada (psi (kg/cm ²))		Presiones de salida (psi (kg/cm ²))	
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
1 Tipo 1	99.56 (7.00)	71.11 (5.00)	56.89 (4.00)	42.67 (3.00)	28.44(2.00)
2 Tipo 2	99.56 (7.00)	71.11 (5.00)	56.89 (4.00)	42.67 (3.00)	28.44(2.00)
3 Tipo 3	500.00 (35.15)	298.68 (21.00)	199.13 (14.00)	49.78 (3.50)	35.56 (2.50)
4 Tipo 4	500.00 (35.15)	298.68 (21.00)	199.13 (14.00)	42.67 (3.00)	28.44 (2.00)
5 Tipo 5	99.56 (7.00)	71.12 (5.50)	56.89 (5.00)	64.00 (4.50)	56.89 (4.50)
6 Tipo 6	99.56 (7.00)	78.22 (5.50)	56.89 (5.00)	64.00 (4.50)	49.78 (3.50)
7 Tipo 7	500.00 (35.15)	298.68 (21.00)	199.13 (14.00)	56.89 (4.00)	42.67 (3.00)

¹ Metros Cúbicos Estándar por Día.

² Millones de Pies Cúbicos Estándar por Día.

³ Metros Cúbicos Estándar por Hora.

⁴ Pies Cúbicos Estándar por Hora.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

ERM Tipo		Presión de diseño (psi (kg/cm ²))	Presiones de entrada (psi (kg/cm ²))		Presiones de salida (psi (kg/cm ²))	
			Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
8	Tipo 8	500.00 (35.15)	298.68 (21.00)	199.13 (14.00)	99.56 (7.00)	56.89 (4.00)
9	Tipo 9	99.56 (7.00)	99.56 (7.00)	56.89 (4.00)	24.18 (1.70)	21.33 (1.50)

Tabla 10 Condiciones de operación de las Estaciones de Regulación (ERs).

ERM Tipo		Presión de diseño (psi (kg/cm ²))	Presiones de entrada (psi (kg/cm ²))		Presiones de salida (psi (kg/cm ²))	
			Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
1	Tipo 1	500.00 (35.15)	298.68 (21.00)	199.13 (14.00)	71.11 (5.00)	56.89 (4.00)
2	Tipo 2	99.56 (7.00)	71.11 (5.00)	56.89 (4.00)	28.44 (2.00)	21.33 (1.50)
3	Tipo 3	500.00 (35.15)	298.68 (21.00)	199.13 (14.00)	71.11 (5.00)	56.89 (4.00)
4	Tipo 4	500.00 (35.15)	298.68 (21.00)	199.13 (14.00)	99.56 (7.00)	56.89 (4.00)
5	Tipo 5	500.00 (35.15)	298.68 (21.00)	199.13 (14.00)	28.44 (2.00)	21.33 (1.50)

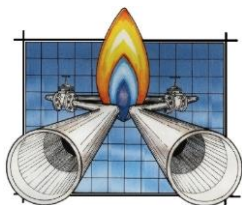
Cabe mencionar, que los gasoductos de acero al carbón operarán a una presión máxima de 21 kg/cm² (300 psi) y las tuberías de polietileno de alta densidad operarán a una máxima presión de 7 kg/cm² (100 psi).

Condiciones Generales de Operación y Mantenimiento

Los manuales de operación y mantenimiento son preparados de acuerdo con los códigos aplicables, estándares como API, ASME B31.8, en base a la parte 192 del título 49 del Código Federal de Regulaciones de los Estados Unidos de América, las leyes y regulaciones mexicanas han sido base para el diseño del sistema para distribución de gas natural propiedad de la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V.. Estos manuales estarán disponibles desde el primer año de operación del sistema para distribución de gas natural. Serán revisados anualmente y modificados y corregidos con base a los principios de ingeniería y experiencia. El conocimiento del sistema permitirá en el futuro, mejorar consideraciones y condiciones de operación en el sistema, avances tecnológicos serán también considerados para su aplicación.

Emergencias en el gasoducto y estación de regulación y medición de gas natural

Los procedimientos de emergencia son establecidos para operación segura del sistema para distribución y paro total del sistema y/o estaciones de regulación y medición de gas natural. También para la seguridad e integridad del personal tanto en el sitio de emergencia como en los alrededores y el entorno ecológico, en caso de falla del sistema o cualquier otra situación de emergencia. Estos procedimientos incluyen:



- Procedimientos de notificación.
- Para movilización de personal que tenga instrucción directa y maneje las situaciones de emergencia. Esto incluye notificación al personal adecuado de la compañía y a las autoridades locales (si procede) como policía, bomberos y hospitales.

Guías de seguridad para el personal

Se incluyen los procedimientos para asegurar el sitio de la emergencia y evaluación, procedimientos para la estación de gas y otros lugares de trabajo o de comunidades cercanas.

Procedimientos de identificación y aislamiento

Para identificar el origen del peligro, aislar la zona lo más pronto posible y minimizar los daños lo más que se pueda.

Procedimientos de restauración y reparación

Para ofrecer guía en la agilización de las reparaciones de las instalaciones, así como los servicios de orden crítico que deberán ser reparados con prioridad, y/o la restitución del entorno que requiera reparación con la mayor rapidez.

Responsabilidad con el gasoducto de interconexión o tuberías adyacentes.

Procedimientos que son establecidos en conjunto con otras tuberías adyacentes o el punto donde se interconectará el sistema de distribución, para aislarlos del peligro y/o para mantenerlos en servicio en caso de emergencia.

Prevención y control de la contaminación

Medidas de control y prevención de la contaminación serán establecidas para minimizar el efecto de la construcción, instalación y operación del sistema para distribución de gas natural. Temas de consideración en estos procedimientos incluirán lo siguiente:

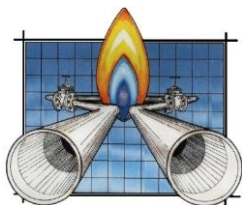
La fase de construcción del sistema es analizada y se establecen los posibles impactos al medio durante el tendido de tuberías, definiendo su magnitud y presencia en cada fase del programa de instalación. Derivado de lo anterior se presentan las medidas preventivas y de mitigación para reducir su magnitud y se declaran los indicadores de seguimiento para asegurar su éxito.

Durante la operación y mantenimiento del proyecto, el posible impacto al medio ambiente es mínimo, resultando ser el más riesgoso las posibles fugas del gas con sus consecuencias de afectación por incendio o explosión.

Detección de fugas

Procedimientos que son incluidos en el manual informan el método de detección por medio de explosímetro, donde personal calificado efectúa recorridos frecuentes sobre el derecho de vía, siguiendo la trayectoria del sistema y usando el equipo de detección, estos procedimientos tienen lo siguiente en consideración:

- Áreas de densa población deben ser inspeccionadas con mayor frecuencia.



- Caminos más frecuentados, cruzamientos y válvulas serán inspeccionadas en forma regular.
- Las Estaciones de Regulación y Medición serán detectadas con mayor frecuencia.
- Otras áreas urbanas y no pobladas pueden ser inspeccionadas con menor frecuencia.

Identificación de instalaciones y señalización

Procedimientos de diseño y adecuación de simbología y señalización que permiten identificar y localizar la tubería, son implementados con la finalidad de reducir la probabilidad de siniestro o daños ocasionados por terceros a las instalaciones del sistema para distribución. Estos procedimientos consideran lo siguiente:

Diseño de letreros de identificación.

Aquí se toma en cuenta el incluir toda la información pertinente que tenga relación con números de emergencia, autoridades o áreas a quien informar, enunciados indicando la presencia de tubería de gas a presión enterrada para evitar excavaciones y alguna otra información relacionada a la seguridad, identificación, información de la presencia del tubo y localización.

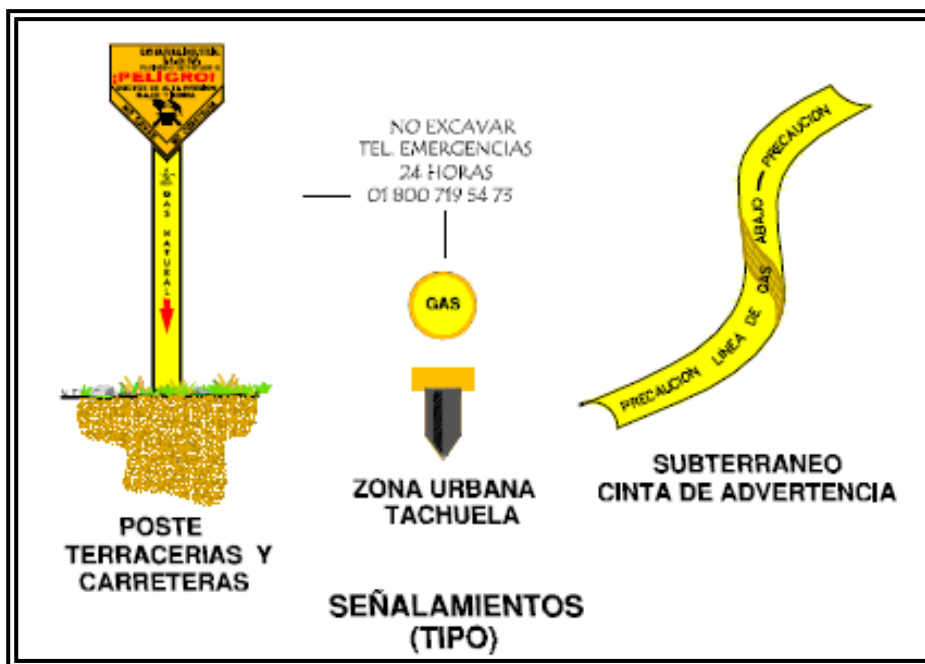
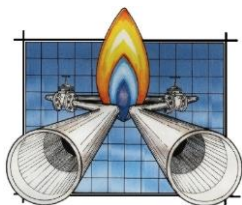


Figura 1 Letreros de señalización a instalar.



Localización de letreros y anuncios

Los avisos son colocados a lo largo de la trayectoria del sistema para distribución, sobre el derecho de vía y lo más visible que sea posible, considerando las zonas estratégicas conforme a continuación se indica:

- Caminos, carreteras y cruzamientos del derecho de vía,
- Corredores de servicio,
- Zonas de urbanización probable,
- Actividades de construcción.
- Sistemas de drenaje,
- Sistemas de irrigación,
- Cruzamientos direccionales,
- Otros de ser necesario.

Montaje de anuncios y letreros

Los postes y signos son inspeccionados periódicamente para asegurar con mantenimiento que sean siempre visibles y legibles, debiendo localizarse conforme a lo establecido en el diseño de colocación.

La operación de los gasoductos es continua y permanente, ajustándose los flujos a los requerimientos del energético de sus asociados en el área.

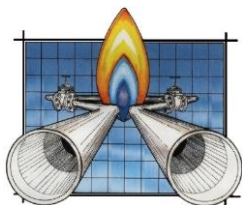
Para el funcionamiento del sistema para distribución de gas natural de la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., no se requieren recursos o materia auxiliar para sus actividades de operación, no genera residuos, ni emisiones contaminantes a la atmósfera y el balance de agua es cero.

I.4.2 PRUEBAS DE VERIFICACIÓN

Las verificaciones realizadas por las Unidades de Verificación, contemplan el diseño, los materiales y equipos, la construcción y pruebas, la operación, el mantenimiento y la seguridad del sistema para distribución.

La obligatoriedad de la realización de verificaciones a cumplimiento de la normatividad que aplica a las redes para transporte de gas natural, emana del título de permiso con que cuenta el transportista otorgado por la Comisión Reguladora de Energía. En dicho título se obliga al transportista a la inspección y verificación de sus actividades de operación y mantenimiento a través de una Unidad de Verificación acreditada y de la misma forma todas las adiciones, cambios o reposiciones de la red deben de contar con un dictamen de una Unidad de Verificación acreditada previo a la puesta en operación de cada modificación a la instalación.

La revisión sobre el diseño abarca la memoria de cálculo del proyecto, la determinación de espesores y diámetros de tubería en función de los niveles de presión de la estación y las caídas de presión a demanda máxima.



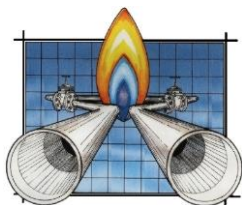
Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
Estado de México

I

La verificación de materiales y equipos utilizados comprueba que éstos sean aprobados por las normas y se ratifica que sus especificaciones concuerden con las condiciones a que estarán sometidos durante la operación del sistema.

Durante la construcción del gasoducto, la verificación abarca la vigilancia de los requisitos estipulados en el diseño, el cumplimiento de profundidades, cruces especiales, y radiografiado de la red, principalmente, y la realización de todas las pruebas que las propias normas aplicables estipulan en esta fase.

En el **Anexo 6**, se incluyen los procedimientos para la realización de pruebas de verificación previo arranque del sistema para distribución.



I.5 PROCEDIMIENTOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

La Promovente cuenta con procedimientos técnicos operativos, mismos que se encuentran actualizados y serán aplicados por parte del personal al momento de presentarse una situación de emergencia. Dichos procedimientos se indican a continuación:

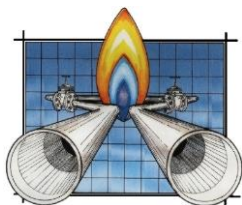
- PR-SYS-SGS-01 Programa Anual de Capacitación de Seguridad.
- PR-SYS-SGS-02 Programa Anual de Simulacros.
- PR-SYS-SGS-04 Comunicación externa por fugas de gas natural.
- PR-SYS-SGS-06 Programa Anual de Pláticas a la Comunidad.
- PO-SYS-SGS-18. Plan Integral de Seguridad (PIS).
- PO-SYS-SGS-19. Programa de Auxilio.
- PO-SYS-SGS-20. Programa de Prevención de Daños.
- PO-SYS-SGS-21. Programa de Recuperación.
- PO-SYS-GEN-01. Plan de Respuesta a Emergencias.
- PO-SYS-GEN-06. Activación del Plan Integral de Seguridad PIS (ITO-000).
- Programa Anual de Capacitación Técnica.
- Programa Anual de Mantenimiento y Operación.

Ver en Anexo 7. Procedimientos y Programas de seguridad

Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V. cuenta con un programa de seguridad, del cual se deriva una serie de actividades preventivas-correctivas para la eficiente operación de la red de gas natural, las cuales se indican en la siguiente tabla:

Tabla 11 Programa de Actividades de Seguridad.

Actividades de Seguridad	Frecuencia
Patrullaje de la franja de desarrollo del sistema.	Diario
Descargo de información en el sistema para promedios de medición de facturación.	Quincenal
Inspección, verificación y prueba de válvula registro de interconexión.	Mensual
Inspección y verificación de equipos e instrumentos de las ERMs.	
Inspección y verificación de equipos e instrumentos de los registros de seccionamiento.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones del cuarto de interconexión.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones de las ERMs.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural en el interior de los registros de	



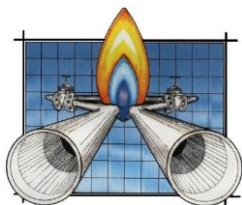
Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

Actividades de Seguridad	Frecuencia
seccionamiento.	
Monitoreo de porcentaje de odorización en el sistema.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural sobre la franja de desarrollo del sistema.	Trimestral
Inspección en el incremento de la clase de localización.	Anual

Tabla 12 Actividades de mantenimiento.

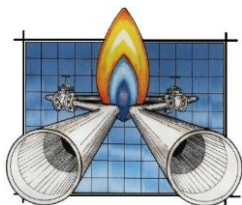
Actividades de Mantenimiento	Frecuencia
Mantenimiento instrumentación.	
Calibración de manómetros en las ERMs.	Semestral
Mantenimiento eléctrico.	
Levantamiento de potenciales del sistema.	Mensual
Toma de resistividad del suelo donde se aloja el gasoducto.	Anual
Medición de tierras físicas.	
Mantenimiento mecánico.	
Mantenimiento y prueba en registros de válvulas de seccionamiento y disparos del sistema.	Bimestral
Mantenimiento preventivo de los filtros en las ERMs.	Semestral
Mantenimiento preventivo, calibración y ajuste a las válvulas reguladoras de las ERMs.	Anual
Mantenimiento preventivo, calibración y ajuste a las válvulas de seguridad de las ERMs.	Semestral
Aplicación de recubrimiento en la interconexión.	
Aplicación de recubrimiento en las ERMs.	
Aplicación de recubrimiento en los registros de seccionamiento.	
Medición de espesores en instalaciones superficiales.	Anual
Mantenimiento al equipo de motorización.	
Servicios generales.	
Limpieza y aseo general de las instalaciones del cuarto de interconexión.	Mensual
Limpieza y aseo general de las instalaciones de las ERMs.	
Limpieza y aseo general de las instalaciones de los registros de seccionamiento.	
Limpieza y desazolve de la señalización tipo "4" y tipo "R".	Trimestral



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
Estado de México

I

Actividades de Mantenimiento	Frecuencia
Aplicación de pintura a la señalización tipo "4" y tipo "R" en el sistema.	
Limpieza y desazolve de la franja de desarrollo del sistema.	Cuatrimestral



I.6 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

1.6.1 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES

En el manejo y operación de gasoductos utilizados para la conducción de gas natural, se propone una metodología de análisis de riesgo operativo, debido a los daños causados por fallas mecánicas y debido a terceras partes originadas por la extracción descontrolada de gas natural en tomas no autorizadas (tomas clandestinas), en los ductos de conducción de gas natural de las diferentes compañías abastecedoras de gas y principalmente, en ductos a cargo de PEMEX-GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA (PGPB).

De los estudios y análisis realizados por dependencias con gran experiencia dentro del ramo (tal es el caso de PEMEX), se concluye que el factor de riesgo con mayor probabilidad de ocurrencia en gasoductos, es debido principalmente por daños de terceras partes, seguido de los daños por corrosión.

En años recientes, algunas causas fundamentales del incremento de accidentes en los gasoductos de PEMEX han sido, la inadecuada evaluación de los mismos y la falta de gestión para erradicar esta problemática, adicionalmente no hay una base de datos histórica de accidentes en ductos de transporte de hidrocarburos disponible de manera oficial en el país, estas circunstancias repercuten negativamente en la funcionalidad de los ductos en México.

**Fuente: Estudio del Riesgo en Ductos de transporte de gasolina y diésel en México.
Instituto Politécnico Nacional.**

Como datos históricos, se presenta a continuación la descripción de casos ocurridos en México, relacionados con fugas de gas natural en gasoductos en diferentes partes del país.

Explosión en gasoducto en San Pedro Garza García, Nuevo León.

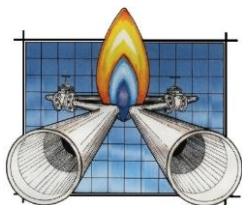
Una explosión e incendio en una tubería de gas natural en una construcción cercana a la zona comercial y hotelera en el municipio de San Pedro Garza García movilizó a elementos de Protección Civil, Bomberos de Nuevo León y unidades de las cruces Roja y Verde.

El incendio se originó luego de una fuga de agua la que reblandeció la tierra, lo que ocasionó la caída de un poste de energía eléctrica sobre un ducto de gas de 12 pulgadas, lo que ocasionó la conflagración.

El incendio se originó alrededor de las 10:00 horas, a causa del rompimiento de la tubería de gas, lo que ocasionó la explosión e incendio sobre la lateral de la avenida Lázaro Cárdenas y Diego Rivera, en el citado municipio, sin que se presenten personas lesionadas.

Explosión en gasoducto de PEMEX en el estado de Tabasco.

Una explosión se registró el 06 de abril del 2013, en un gasoducto de 16"Ø, a la altura del rancho "Águiles Serdán", en la localidad La Venta, municipio de Huimanguillo, Tabasco, con saldo de tres heridos, reportaron Pemex y autoridades locales.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
Estado de México

I

La paraestatal, precisó que el incendio se presentó en el gasoducto de 16"Ø Cinco Presidentes, del complejo procesador de gas La Venta, a la altura de la carretera vecinal a Villa La Venta, en el municipio referido.

La explosión, fue ocasionada por el golpe de una retroexcavadora de la empresa privada FIRESA.

Como consecuencia de este hecho, resultaron lesionados tres trabajadores de la compañía privada, de los cuales en un principio uno de ellos permanecía desaparecido, pero fue hallado sin mayores consecuencias.

Así mismo, confirmó que una retroexcavadora, una motocicleta y un vehículo resultaron quemados como consecuencia de la explosión.

Por su lado, personal de operación de pozos e instalaciones de Petróleos Mexicanos (PEMEX) procedió a bloquear las válvulas de seccionamiento La Venta 80 y Margen Derecha del Río Chicozapote, y a suspender el bombeo de las Baterías de Separación Cinco Presidentes 1, 2 y Rodador, indicó la empresa petrolera.

Protección Civil evacuó a personas cercanas al lugar de la explosión para trasladarlas a un lugar seguro. El incendio fue controlado totalmente antes del mediodía.

Por separado, autoridades locales de Huimanguillo informaron antes que la paraestatal que el accidente fue causado por una retroexcavadora que realizaba trabajos en el lugar, y que los heridos fueron trasladados por una ambulancia de servicios comunitarios a una clínica de dicho municipio colindante con Veracruz.

El flamazo dañó aproximadamente 80 m² de pastizales y como medida preventiva Pemex acordonó el sitio donde se registró la conflagración, en un operativo en que participaron militares y personal de Seguridad Física de Pemex, Protección Civil y Tránsito Municipal.

Fuente: [La Crónica.com.mx](http://LaCrónica.com.mx). 07 de abril del 2013

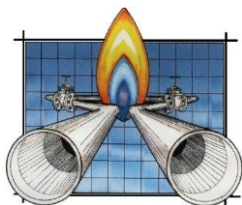
Fuga de Gas e incendio en el municipio de Zapotlanejo, Jalisco.

La fuga de gas natural fue ocasionada por el golpe de una retroexcavadora de la empresa Cobra Construcciones, que realizaba trabajos en el área, sin el permiso de Pemex, indicó la paraestatal en un comunicado emitido posterior al evento.

El funcionario precisó que a poco más de 24 horas del incidente, el riesgo comenzó a ceder, ya que la presión de salida de gas bajó de 36 kg/cm² a 10 kg/cm², mientras que el tamaño de la flama pasó de 30 metros de altura a 4 m.

El incidente, ocurrió alrededor de las 18:30 horas, pero el flamazo se dio a las 23:00 horas. Un bombero y un empleado de la compañía Infraestructura Carretera quedaron con heridas leves.

Luego del estallido, las autoridades evacuaron la comunidad de Corralillos y cerraron la autopista México-Morelia, a la altura del kilómetro 461. Los evacuados fueron llevados a la Casa de la Cultura del municipio de Zapotlanejo.



En tanto, Pemex informó que personal especializado atendió el incendio ocasionado por la ruptura del ducto de 14"Ø (35 cm).

Pemex anunció que el abasto de combustible estuvo garantizado en todo momento, ya que solo se suspendió el flujo en el tramo Abasolo-Guadalajara, mientras que continuó en operación otro gasoducto que va de Cactus, Chiapas, a Abasolo, Guanajuato, ya que la única terminal de distribución de Pemex-Gas afectada fue la de Guadalajara, pero ésta cuenta con suficiente producto almacenado para cumplir con su programa de distribución.

Fuente: CNN México. 19 de octubre del 2012.

Explosión en Gasoductos de PEMEX, en el municipio de Pedro Escobedo, Estado de Querétaro.

Seis trabajadores de PEMEX resultaron heridos al ocurrir una explosión mientras trabajaban controlando la fuga de un gasoducto en el municipio de Pedro Escobedo.

La fuga fue detectada a la altura de la comunidad Las Postas, en un ducto de 14"Ø correspondiente al tramo Cactus-Guadalajara, tras un percance ocasionado por una retroexcavadora que operaba en el lugar instalando equipo de riego.

Unos 200 pobladores de la localidad fueron evacuados y concentrados en un albergue habilitado en el auditorio municipal de Pedro Escobedo, además de que fueron cerradas las Válvulas de Seccionamiento (V.S.), que permiten la circulación del gas por ese tramo y personal del sector Ductos de Salamanca y de Petroquímica acudieron a efectuar las reparaciones necesarias, según informó la paraestatal.

Dos días después se reportó la situación bajo control y la gente volvió a sus actividades normales. Sin embargo, más tarde un grupo de trabajadores permanecía efectuando tareas para concluir con la reparación del gasoducto, cuando se produjo el flamazo, aparentemente por un error de los mismos técnicos.

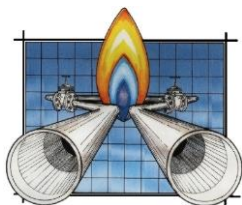
En un comunicado, Pemex confirmó que ya no existe riesgo para la población de la zona según los monitoreos efectuados, pero adjudicó a una falta de seguridad y errores de protocolo el percance ocurrido a los trabajadores.

Fuente: Proceso.com.mx. 28 de marzo del 2013.

Fuga de Gas Natural en Gasoductos de PEMEX, en el Estado de Veracruz.

Petróleos Mexicanos (PEMEX) informó que a las 2:00 a.m. del día 10 de septiembre del 2007, el sistema SCADA detectó una pérdida de presión inusual en seis puntos de diferentes ductos en el estado de Veracruz ocasionados por actos premeditados, por lo que de inmediato suspendió el suministro de gas natural en dichas líneas. La baja de presión fue ocasionada por explosiones en los siguientes puntos:

1. Válvula de Seccionamiento (V.S.), del gasoducto de cuarenta y ocho pulgadas de diámetro (48"Φ), que coincide con Gas Natural de Cactus - San Fernando, a la altura del municipio La Antigua, sin que



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
Estado de México

I

se presentara incendio. Sin embargo, por motivos de seguridad, Protección Civil estatal realizó la evacuación de los habitantes que se encontraban cerca del evento,

2. Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el mismo gasoducto de 48"Φ, a la altura del Río Actopan, en el cual se registró un incendio,
3. Trampa de diablos del gasoducto de 48"Φ, Cempoala - Santa Ana, a la altura de Delicias, Tlaxcala., en la cual no se presentó incendio,
4. Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el gasoducto de 30"Φ, de Minatitlán Veracruz - México D.F. y en el ducto de 24"Φ Cactus, Chiapas – Guadalajara, Jalisco.
5. Válvula de Seccionamiento (V.S.), en el mismo gasoducto de 30" (Minatitlán, Veracruz – México, D.F.), además del ducto de 24"Φ (Cactus – Guadalajara), poliducto de 12"Φ y oleoducto de 24"Φ en el Municipio La Balasterra, donde se presentaron incendios debidos a las fugas.
6. Cruce aéreo Algodonera en el gasoducto de 30"Φ, Minatitlán – México, D.F., poliducto de 12"Φ y Oleoducto de 30"Φ, en los cuales se presentó incendio.

Sin embargo, cabe mencionar que cada una de las situaciones de emergencia fue controlada oportunamente por personal de la paraestatal, además de protección civil estatal y municipal.

Fuente: Frente de Trabajadores de la Energía de México. FTE México Energía.

Fuga de Gas natural en Gasoducto ubicado en Ecatepec, Estado de México.

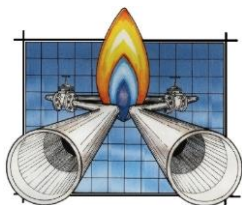
Una fuga de gas natural se registró frente al centro comercial Las Américas el día 05 de septiembre del 2011, por lo que se evacuaron a huéspedes y personal de dicho centro comercial y un hotel ubicado dentro del perímetro de afectación.

De acuerdo con los primeros reportes generados, una de las máquinas que son utilizadas para la construcción de un puente peatonal, ubicado sobre la avenida Central, rompió uno de los ductos que conducen gas natural, propiedad y administrado por la empresa MAXIGAS, así lo indicó el gobierno municipal de Ecatepec, estado de México.

Para evitar riesgos mayores las autoridades cerraron la circulación de la avenida Central frente al centro comercial Las Américas.

Al lugar acudieron de inmediato elementos del cuerpo de bomberos y Protección Civil, así como de la policía estatal y municipal para tratar de reparar la fuga en uno de los tubos de conducción del gas natural.

Fuente: Periódico El Universal, 06 de septiembre del 2011



Fuga en Gasoducto ubicado en el Distrito Federal.

El día 10 de mayo del 2009, elementos del Cuerpo de Bomberos controlaron una fuga de gas natural que se presentó en el perímetro de la colonia CTM Culhuacán sección V, la cual provocó alerta entre los vecinos del lugar.

Reportes de Secretaría de Seguridad Pública del Distrito Federal (SSPDF) indican que los hechos tuvieron lugar en la zona que se ubica sobre la avenida Santa Ana, casi al cruce con Rosa María Sequeira, en la referida colonia de la delegación Coyoacán.

Fueron vecinos y peatones los que reportaron un olor a gas en la zona, por lo que al sitio se movilizaron bomberos y personal de Protección Civil, quienes ubicaron una fisura en un tubo alimentador de gas natural de 4"Φ.

La zona fue acordonada por la policía capitalina mientras se trabajaba para sellar el tubo de gas fracturado. La circulación vehicular se mantuvo abierta y sólo se restringió el paso en el carril de extrema derecha de Santa Ana, con dirección a la Escuela Naval Militar.

Reportes de la Secretaría de Protección Civil capitalina indicaron que como medida preventiva se desalojó a 65 personas de un edificio habitacional cercano y de un plantel de nivel preescolar. La fuga fue controlada y no se reportaron intoxicaciones ni personas afectadas.

Fuente: Noticias Terra TV, 11 de mayo del 2009.

Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en el municipio de Las Choapas, Veracruz.

El 21 de octubre del 2011, personal activo de Pemex Exploración y Producción (PEP), controló una fuga de gas natural que se presentó en el gasoducto de 6" Φ que va de la Estación de Compresoras El Plan, a la Batería Los Soldados, ubicado en el kilómetro 3 dentro del municipio de Las Choapas, Veracruz.

Personal de Mantenimiento a Ductos del Sector Operativo El Plan, procedió a bloquear las válvulas, dejando la línea fuera de operación, y realizar la reparación correspondiente, así como la restauración del área afectada.

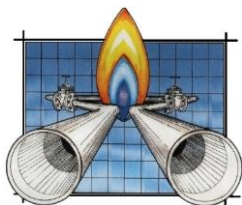
Asimismo, personal de Seguridad Física acordonó el lugar en coordinación con personal militar de la Base de Operación El Plan, como medida preventiva.

PEMEX Exploración y Producción realizó el análisis de integridad mecánica para determinar la causa del incidente, y declaró que no hubo lesiones en el lugar ni afectaciones por intoxicación.

Fuente: Periódico Excelsior, 22 de octubre del 2011.

Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en el municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila.

El día 25 de enero del 2011, personal especializado de Petróleos Mexicanos (PEMEX) controló una fuga de gas natural detectada en el kilómetro 283+007 del gasoducto de 18"Φ Monterrey, N.L. -



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
‘Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco’
Estado de México

I

Chávez, Coahuila ubicado en las inmediaciones del municipio de Francisco I. Madero, en el estado de Coahuila.

Al tenerse conocimiento de los hechos, de inmediato los técnicos de la paraestatal procedieron a sacar de operación el gasoducto para realizar los movimientos operativos e iniciar los trabajos de reparación del ducto. Personal del Sector Torreón de PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB), en coordinación con autoridades de Protección Civil, Bomberos y la Dirección de Seguridad Pública de San Pedro de las Colonias, trabajaron conjuntamente para la atención, control y erradicación del incidente.

Como medida preventiva, se determinó necesaria la evacuación de dos empresas maquiladoras, además de dos instituciones educativas de nivel medio superior y superior.

Fuente: Periódico El Universal, 26 de enero del 2011.

Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en la ciudad de Pachuca, Hidalgo.

El 30 de noviembre del 2010, Petróleos Mexicanos (PEMEX) puso bajo control una fuga de gas natural que se había registrado en un gasoducto de 6"Φ en el tramo que corre de Ranchería - Minera Autlán en el kilómetro 39, dentro del municipio de Villas de Tezontepec en el estado de Hidalgo.

A través del área de comunicación social de la paraestatal, se informó que la fuga fue ocasionada por un acto vandálico y pudo ser detectada durante los trabajos de control que realiza PGPB.

Explicó que la perforación en el ducto y artefactos se dio durante los trabajos que realizaron personas ajenas a la dependencia para la instalación de una toma clandestina. Como medida de seguridad se suspendió de manera momentánea la operación del ducto afectado.

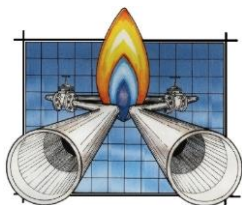
A fin de evitar algún riesgo a la población, se bloquearon las válvulas de bombeo y se disminuyó la presión del fluido para proceder a su reparación. Se destacó la importancia de mantener la vigilancia en la red nacional de ductos a cargo del personal de seguridad de PEMEX-PGPB.

Fuente: Periódico Vanguardia, 01 de diciembre del 2010.

Fuga en gasoducto propiedad de PEMEX en Cosamaloapan, Veracruz.

El 24 de agosto del 2011 se generó una fuga de gas natural en los pozos de PEMEX que atraviesan el ejido Fernando López Arias, ubicado a 15 km de la cabecera municipal de Cosamaloapan, Veracruz.

La fuga se originó en la tarde del miércoles 24 de agosto, en una válvula en el Pozo de PEMEX denominado "CEHUALACA", Protección Civil Municipal recibió el reporte de parte de habitantes que se encontraban muy alarmados, también se informó a Protección Civil del Estado, para que se tomaran las medidas conducentes con dicha paraestatal, ya que el objetivo fundamental de Protección Civil es la salvaguarda de la integridad física de la población, de su patrimonio y el entorno ambiental



Al lugar de la fuga, se presentó el Coordinador regional de protección civil, la unidad Municipal de Protección Civil Cosamaloapan, acudiendo posteriormente personal de PEMEX-PGPB encargado de Producción de Campo Alquimia.

La fuga de gas, se controló por la mañana del jueves siguiente, realizando el personal de PEMEX-PGPB los trabajos de cierre de ductos y mantenimiento pertinentes.

Fuente: Periódico Vanguardia.

I.6.2 METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN

Con el objetivo de evaluar el riesgo de presentarse incidentes en la red para distribución de gas natural, se eligieron los métodos analíticos de Muhlbauer y HAZOP, para identificar peligros y así emitir recomendaciones tendientes a controlar y prevenir incidentes, mitigar las consecuencias para evitar pérdidas humanas, daños a la salud, a la propiedad, instalaciones y medio ambiente.

El HAZOP fue seleccionado porque es un método completo y por lo regular se utiliza en complejos de gas y refinerías para evaluar el riesgo considerando factores como: tipo de proceso y las condiciones de operación, lo anterior únicamente para las Estaciones de Regulación (ER) y Estaciones de Regulación y Medición (ERM).

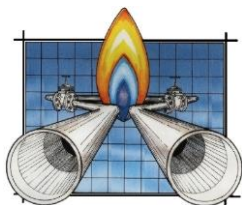
El Muhlbauer, fue seleccionado ya que es una metodología diseñada para evaluar las condiciones de seguridad (por terceros, medio ambiente y operacional) específicamente de sistemas de transporte y distribución de petrolíferos.

Los aspectos complementarios en la identificación de peligros y evaluación de riesgos, utilizados en las metodologías HAZOP y Muhlbauer, se indican a continuación:

1. Aplicación del método Muhlbauer. Se determinaron las áreas de la red de distribución clasificadas como de mayor Riesgo empleando el método cualitativo y cuantitativo denominado Muhlbauer, para tal fin, se dividió la red en tramos considerando para ello los cambios de tuberías y derivaciones. En base a los resultados se indicaron las recomendaciones correspondientes.
2. Si bien, el Muhlbauer es un método que no analiza variables operacionales, si evalúa las condiciones del medio por donde se ubicará el sistema de distribución de gas natural, por lo que, como complemento se aplica la metodología de HAZOP en las instalaciones vulnerables (instalaciones superficiales).

Es importante indicar, que originalmente Kent Muhlbauer elaboró la metodología para sistemas de distribución de gas natural en operación, por lo que ésta fue modificada de acuerdo a las necesidades del presente proyecto, considerando principalmente que éste aún no se encuentra en operación ya que al momento está a nivel de proyecto.

3. HAZOP. Metodología de análisis de riesgos operacionales que complementa al Muhlbauer, ya que analiza las variables operacionales en las instalaciones críticas (instalaciones superficiales), para determinar las posibles fallas en el mismo, mediante la designación de



Nodos y la aplicación de palabras guía. Este método da como resultado la matriz de riesgos.

Es claro resaltar que ambos métodos (Muhlbauer y HAZOP) son diferentes en su aplicación y/o evaluación, un método se complementa con el otro, ya que, mientras con uno se evalúan el medio natural por donde se proyecta la red de distribución, con el segundo método, se analizan las desviaciones propias que pueden presentarse con la operabilidad del proyecto, y ambas metodologías pueden derivar en recomendaciones que al final de cuentas son complementarias para aumentar la seguridad en la operación de la red de distribución por la existencia de riesgos en la trayectoria de la misma.

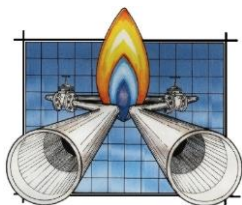
4. Muhlbauer tiene como limitante únicamente centrarse en la evaluación de las condiciones del medio por donde se encuentran instalados los gasoductos, así como los criterios de diseño del proyecto, y una vez evaluado esto solo queda emitir las recomendaciones en base a las ponderaciones más bajas resultantes de cada índice, puesto que serían las más vulnerables; es por eso que, dada la posibilidad del HAZOP para continuar analizando las desviaciones encontradas en cada uno de los nodos, una vez determinado el nivel de riesgo de cada desviación (bajo, medio, alto y muy alto) se seleccionaron todas aquellas desviaciones con mayor nivel de riesgo (en este caso, nivel medio) para centrarse en las fallas que tienen mayor frecuencia de presentarse y que sus consecuencias son significativas.
5. Una vez identificadas las desviaciones (fallas) que resultaron de mayor riesgo (riesgo medio) en el HAZOP, a **Juicio de Expertos**⁵ se descartaron aquellas fallas que no repercutían en fugas de gas natural, considerando que su formación o presentación no tenían ningún efecto directo al medio ambiente y como tal no representan un riesgo ambiental.
6. Para el nuevo conjunto de fallas, se determinó la probabilidad de ocurrencia con la metodología árbol de fallas.
7. Tomando en cuenta las fallas resultantes de mayor probabilidad y en base a los resultados de Muhlbauer, se procedió a proponer los escenarios de simulación.

A manera de abstract, en el presente Estudio de Riesgo se emplearon las siguientes metodologías:

- a) Muhlbauer, para determinar la vulnerabilidad del ducto por la existencia de afectaciones por terceras partes y del medio donde se ubica la red de distribución, y en base a los resultados proponer los escenarios de riesgos.
- b) HAZOP como complemento del Muhlbauer, para determinar las desviaciones (fallas) de mayor riesgo en las instalaciones superficiales, mismas que pueden repercutir en eventos de riesgo ambiental.
- c) Árbol de Fallas, para determinar la probabilidad de ocurrencia de desviaciones de mayor riesgo ambiental identificadas en el HAZOP y proponer los escenarios de simulación.

A continuación, se describen brevemente cada una de las metodologías utilizadas:

⁵ La técnica del juicio de expertos se basó en la experiencia y en el conocimiento del personal multidisciplinario que aplicó el método del consenso grupal en el cual se aplicaron filtros que dicho personal aceptó como representación o un cierto porcentaje de opiniones concordantes.



I.6.2.1 METODOLOGÍA MUHLBAUER.

El índice Muhlbauer es un método poco conocido, pero aplicable a ductos el cual clasifica los riesgos en base a índices, los cuales dan valores dependiendo de la calificación asignada; el método se utiliza en este trabajo para realizar el análisis de riesgo en el gasoducto, mismo que es el descrito en el manual para el manejo de riesgos en ductos (Pipeline Risk Management Manual) desarrollado por W. Kent Muhlbauer, director de WKM Consulting y líder en este campo desde 1982 (Muhlbauer, 1997).

Es una técnica específica para tuberías de conducción de petrolíferos; se trata de un método cualitativo y cuantitativo, que califica el estatus de la tubería y accesorios tramo a tramo. Considera aspectos como la interacción poblacional o daños de terceras partes, operación errónea, vida remanente y características mecánicas, principalmente. Numéricamente se califican diversos aspectos de diseño, construcción y operación del ducto, la evaluación final define el grado de riesgo del sistema según las consideraciones para los siguientes índices.

1. Índice de afectación por terceras partes⁶,
2. Índice de corrosión,
3. Ingeniería de diseño,
4. Índice de funcionamiento.

Cada uno de los aspectos incluidos en estos cuatro índices, se analizaron indicando el valor máximo de los criterios que propone Muhlbauer; los puntajes dependen de las características del ducto terrestre que se evalúe (para una descripción detallada consultar el manual de Muhlbauer, 1997).

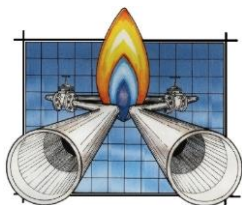
Para cada uno de ellos, se establecen una serie de criterios a los que se les designa una ponderación variable e independiente para cada índice, sin embargo, la sumatoria de los mismos arroja un valor que es el definitivo para realizar la jerarquización de riesgos en base a lo que indica la siguiente tabla:

Tabla 13 Clasificación de riesgos en ductos terrestres.

Valor total de índices	Grado de riesgo	Aceptabilidad
350 – 400	Mínimo	Aceptable
300 – 349	Ligero	
250 – 299	Moderado	
200 – 249	Crítico	No aceptable
Menor a 200	Máximo	

- **Riesgo aceptable:** Nivel de riesgo donde la probabilidad de falla en las tuberías de conducción por efectos de terceras partes y de operabilidad, es baja; además, su funcionamiento es óptimo y de manera confiable manteniendo los sistemas de seguridad en óptimas condiciones.

⁶ Afectaciones por actos socio-organizativos y/o fenómenos naturales.



- **Riesgo no aceptable:** Nivel de riesgo que indica la presencia de agentes externos que pueden causar afectación directa a las tuberías de conducción, además indica la existencia de infraestructura vulnerable en donde la falla de sus sistemas de seguridad, pueden causar afectaciones significativas al medio ambiente y a la población.

A. Descripción de la técnica Rubro I análisis Muhlbauer a las áreas de estudio definidas.

La técnica Muhlbauer por ser específica para tuberías de conducción de petrolíferos requiere que la trayectoria total de ésta se divida en tramos parciales, mismos que permiten un estudio preciso de la zona donde incide el proyecto.

Muhlbauer plantea dos formas para la selección del número de tramos de estudio en un ducto.

- CRITERIO A**
1. Un tramo por cada cambio en la densidad de la población.
 2. Un tramo por cada cambio en la corrosividad del suelo.
 3. Un tramo por cada cambio significativo en las condiciones del recubrimiento.
 4. Un tramo por cada cambio en la edad del ducto.

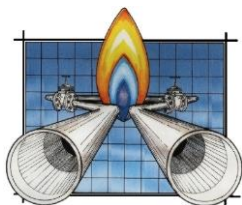
CRITERIO B Un tramo por cada cambio punto donde existan instalaciones superficiales, derivaciones o por tipo de tubería.

De acuerdo a las características de la Red de Distribución de Gas Natural, se tomó la decisión de seleccionar el criterio B (un tramo por tipo de tubería), ya que en el caso de los Criterios del grupo A, la densidad de población es la misma en toda la red de distribución, al igual que la corrosividad del suelo y al ser un proyecto nuevo las condiciones del recubrimiento del proyecto y la edad de los ductos no aplican.

Los tramos seleccionados corresponden a las trayectorias de la red de gas natural por tipo de tubería para Acero al Carbón (10", 8", 6", 4", 3" y 2") y de Polietileno (10", 8", 6", 4", 3" y 2"), mismos que se indican a continuación.

Tabla 14 Tramos de estudio para metodología Muhlbauer.

No.	Descripción
1	Tramo 1. Tubería en acero al carbón de 10" D.N.
2	Tramo 2. Tubería en acero al carbón de 8" D.N.
3	Tramo 3. Tubería en acero al carbón de 6" D.N.
4	Tramo 4. Tubería en acero al carbón de 4" D.N.
5	Tramo 5. Tubería en acero al carbón de 3" D.N.
6	Tramo 6. Tubería en acero al carbón de 2" D.N.
7	Tramo 7. Tubería en polietileno de alta densidad de 10" D.N.
8	Tramo 8. Tubería en polietileno de alta densidad de 8" D.N.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
Estado de México

I

No.	Descripción
9	Tramo 9. Tubería en polietileno der alta densidad de 6" D.N.
10	Tramo 10. Tubería en polietileno der alta densidad de 4" D.N.
11	Tramo 11. Tubería en polietileno der alta densidad de 3" D.N.
12	Tramo 12. Tubería en polietileno der alta densidad de 2" D.N.

Una vez que se han determinado los tramos de tubería bajo estudio, se procede a definir en cada tramo los valores individuales para cada factor de los cuatro índices señalados por la Metodología Muhlbauer.

Ver Anexo 8. Muhlbauer.

A continuación, se indican las imágenes representativas de la localización de cada tubería indicada en la **Tabla 14**.

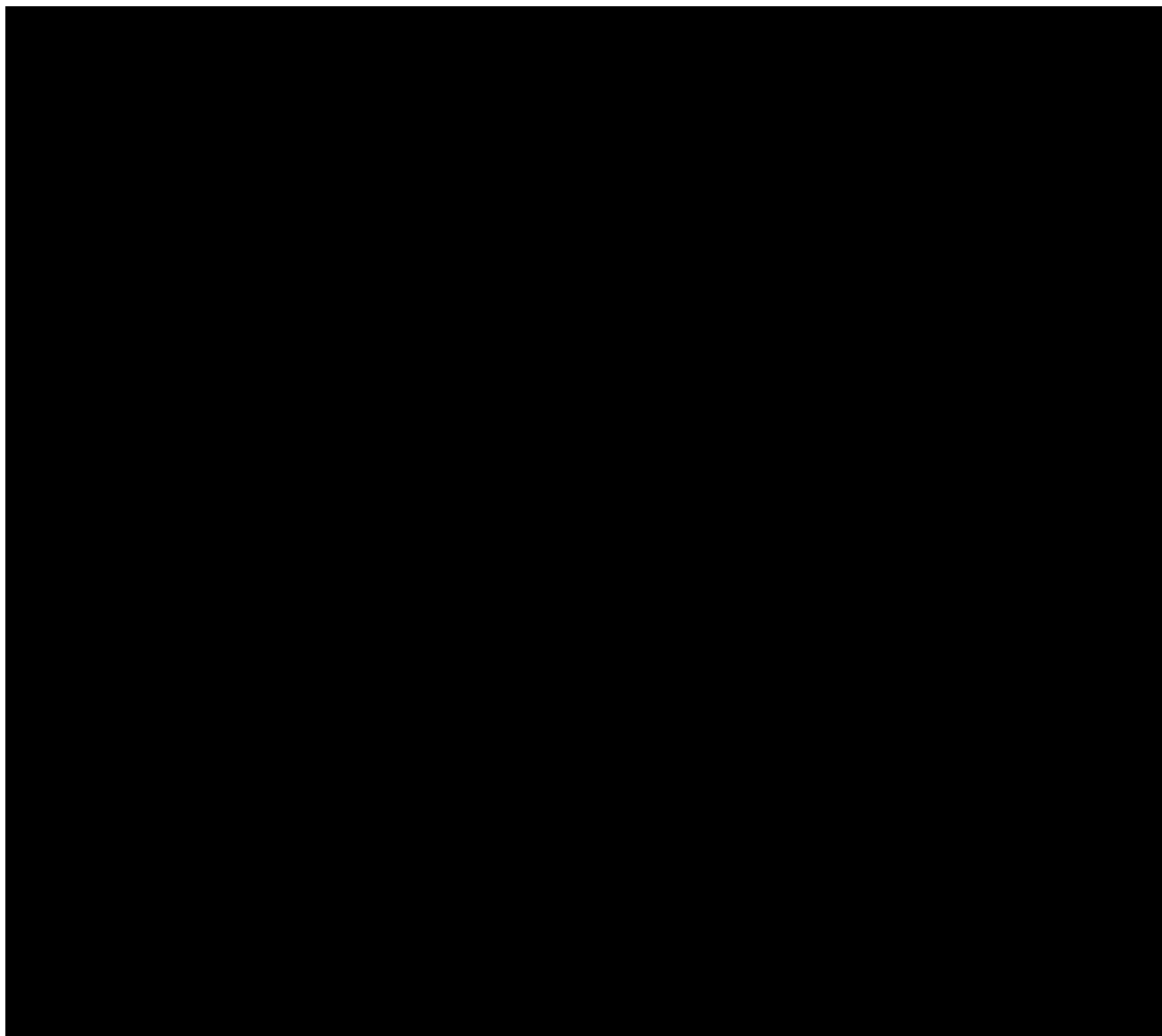
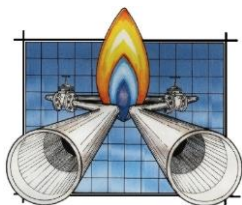


Figura 1 Vista satelital de la localización de la Tubería de 10” AC.

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

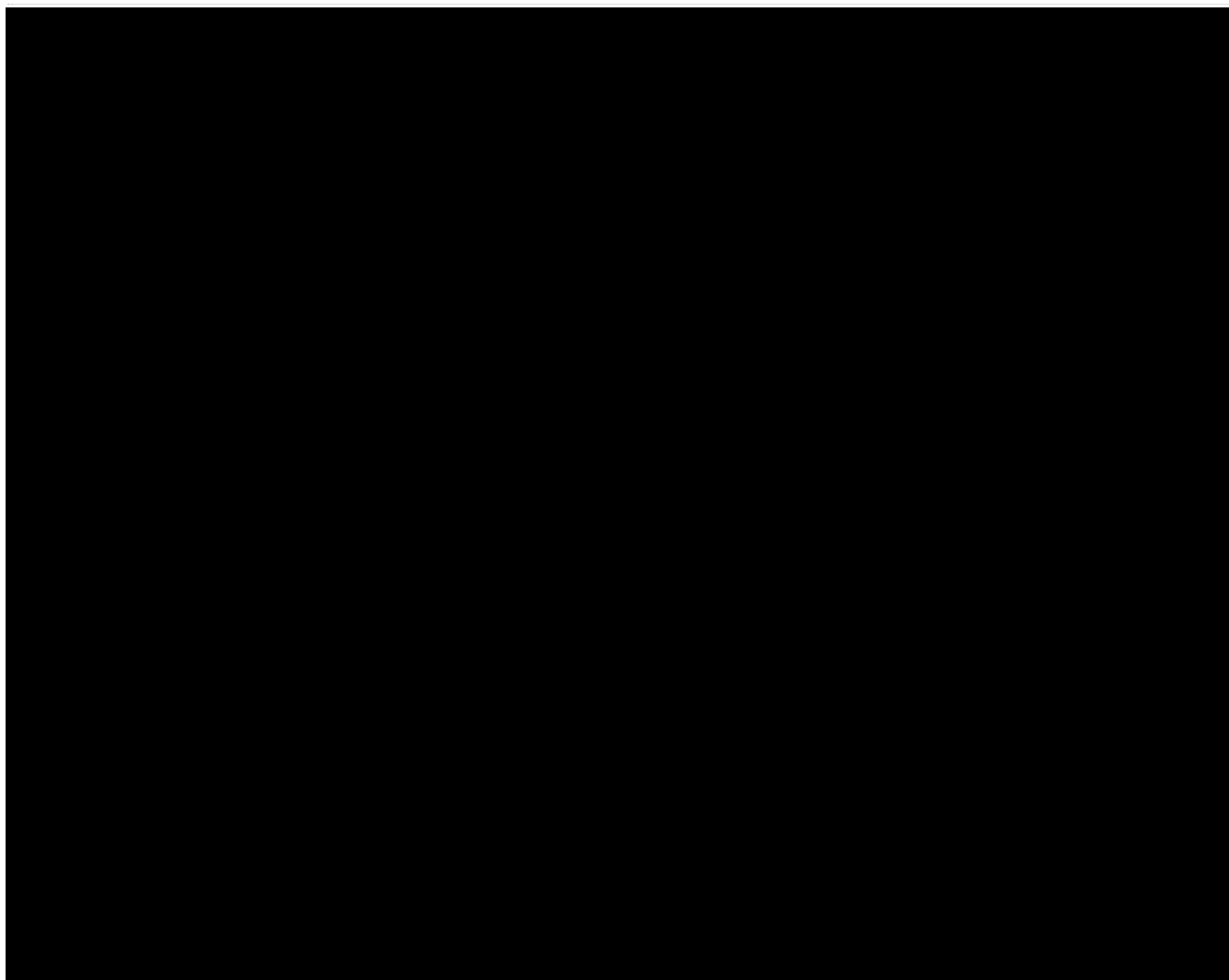
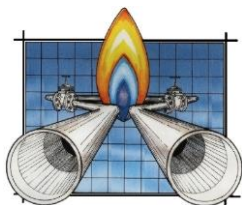


Figura 2 Vista satelital de la localización de la Tubería de 8” AC.

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

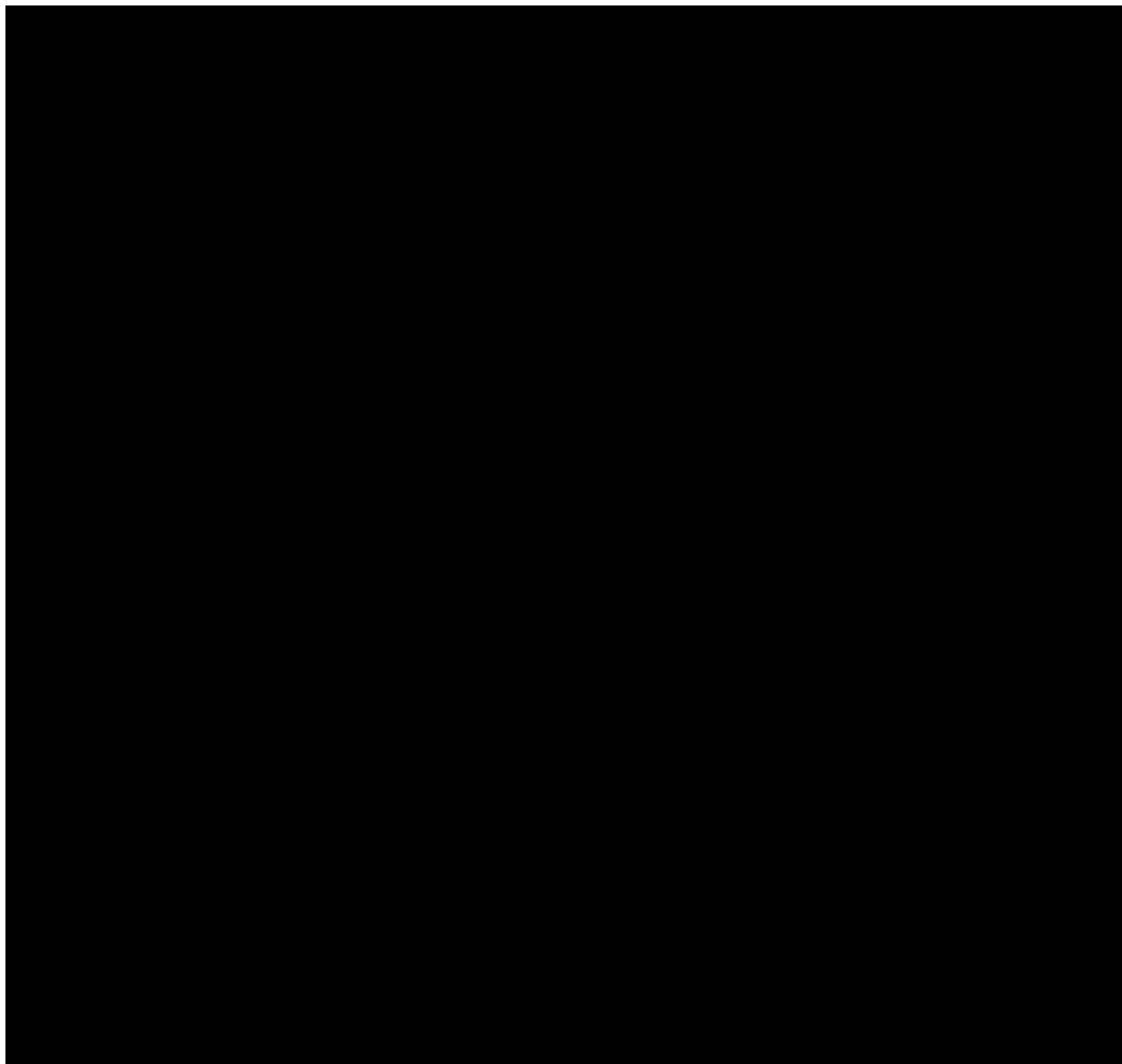
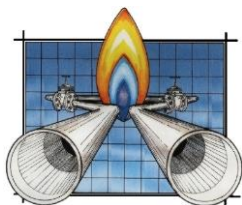


Figura 3 Vista satelital de la localización de la Tubería de 6" AC.

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

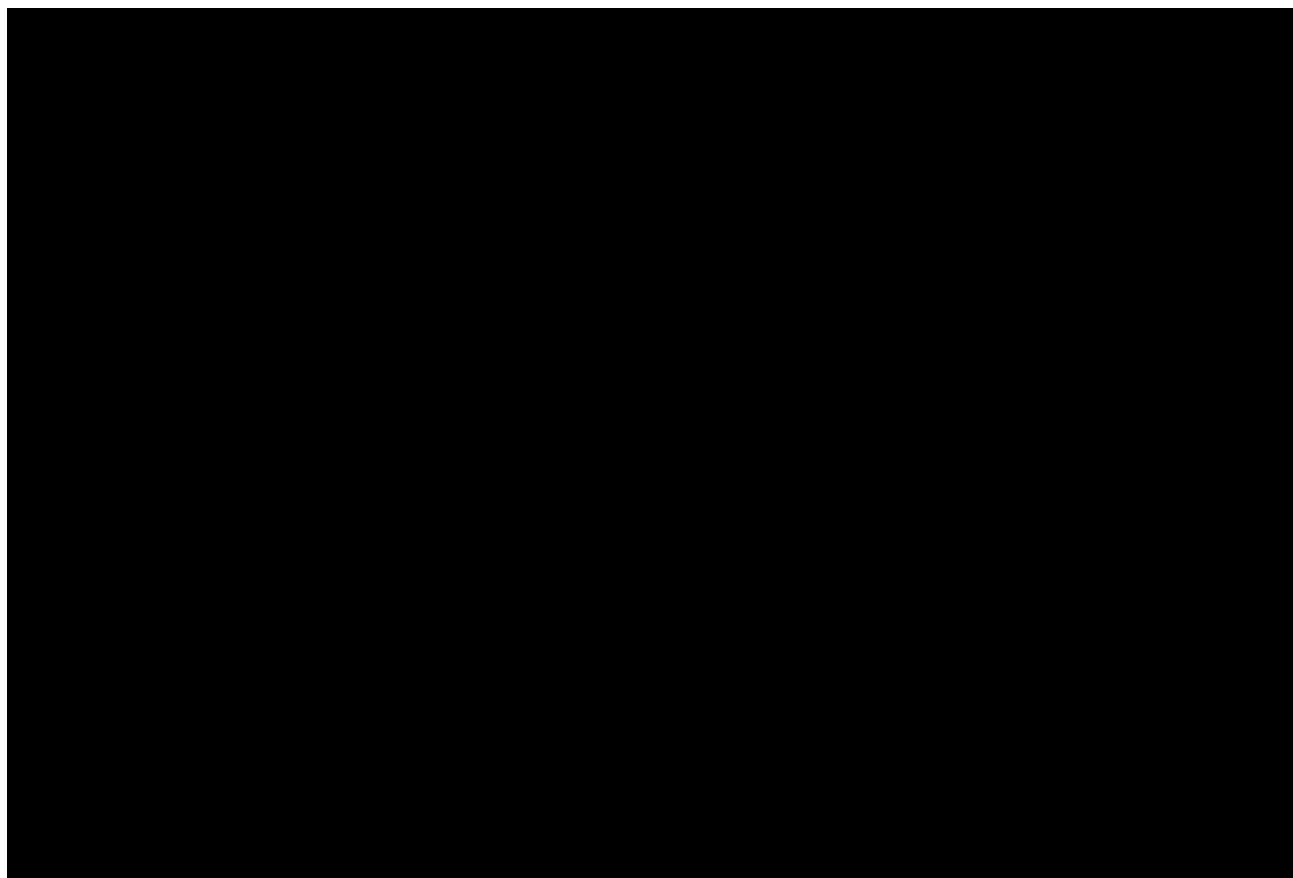
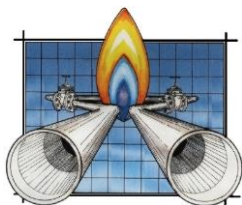


Figura 4 Vista satelital de la localización de la Tubería de 4” AC.

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

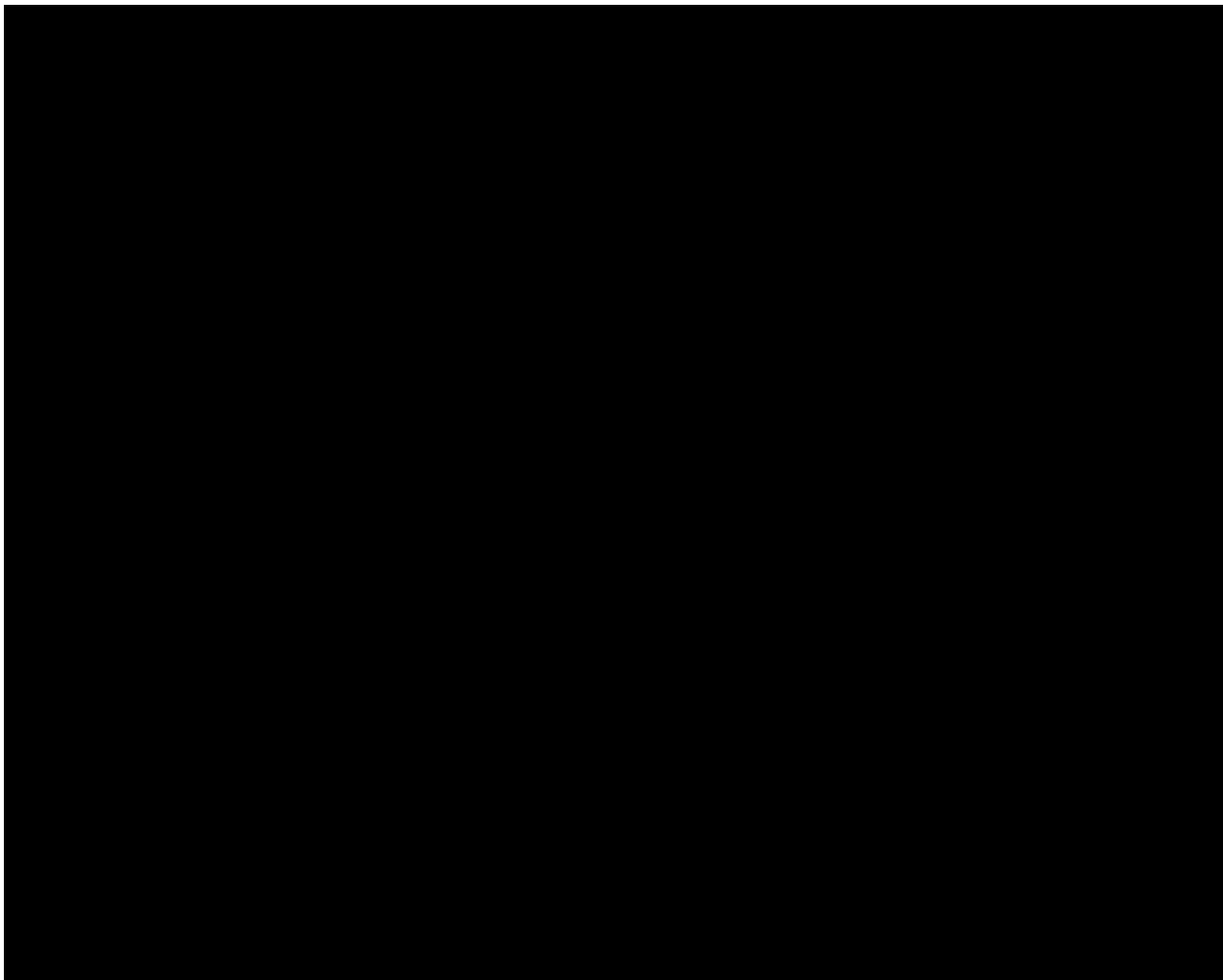
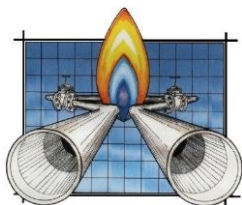


Figura 5 Vista satelital de la localización de la Tubería de 3” AC.

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

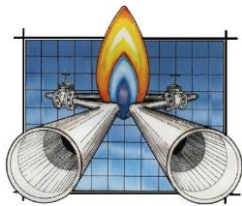


Figura 6 Vista satelital de la localización de la Tubería de 2” AC.

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

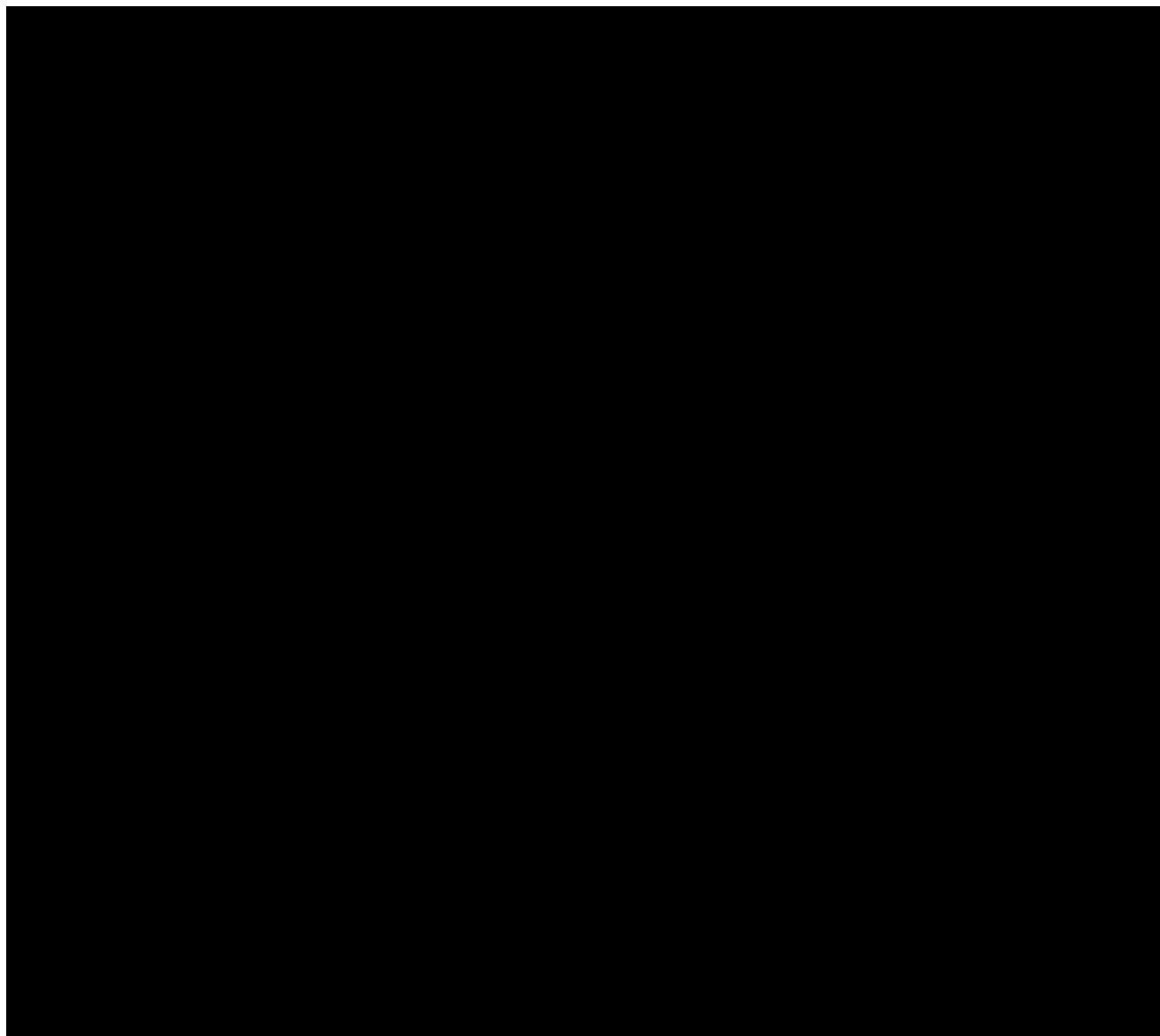
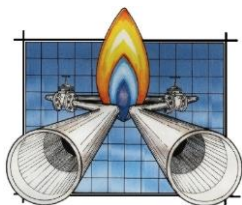


Figura 7 Vista satelital de la localización de la Tubería de 10" HDPE.

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

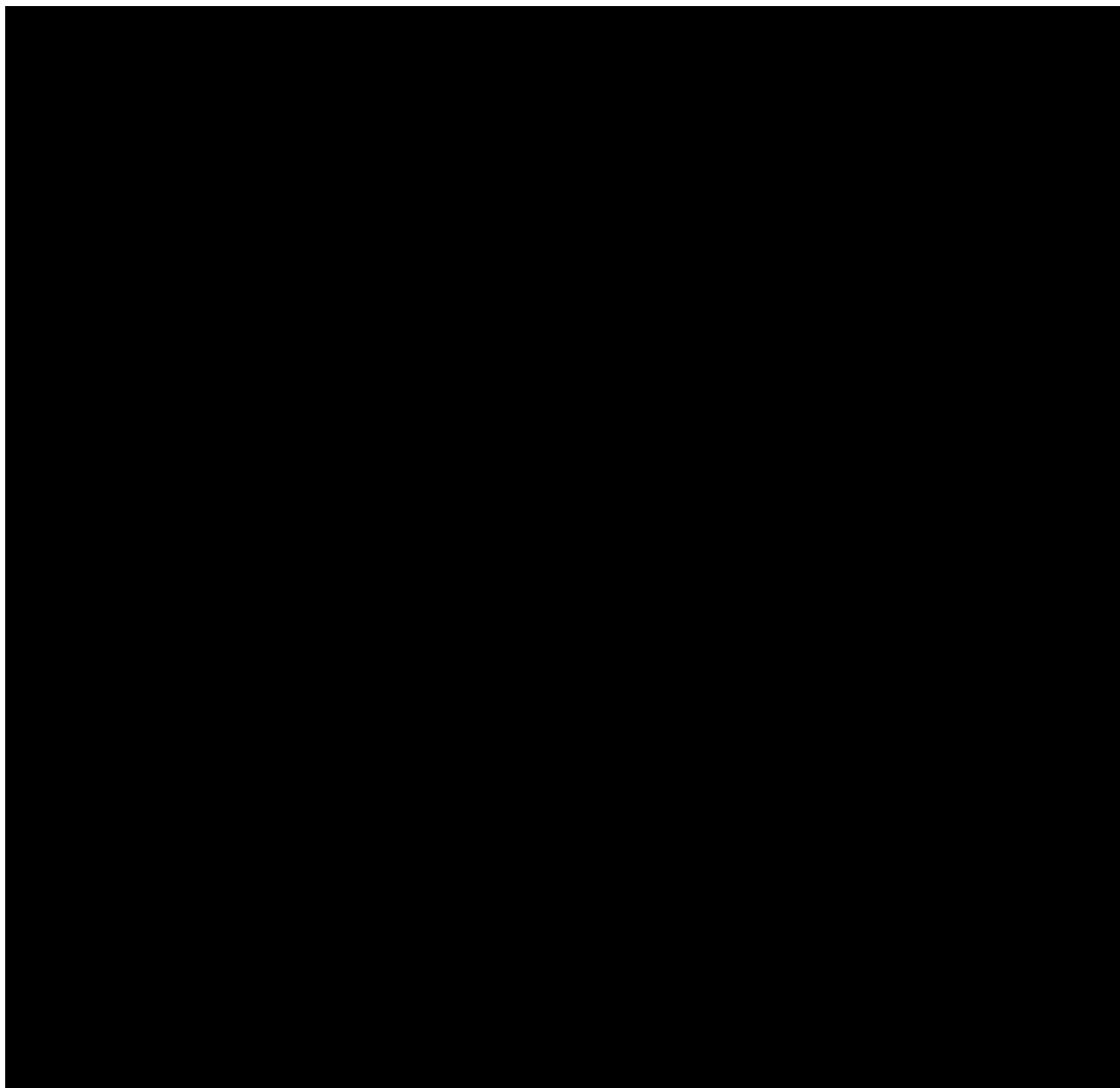
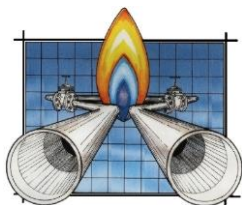


Figura 8 Vista satelital de la localización de la Tubería de 8” HDPE.

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

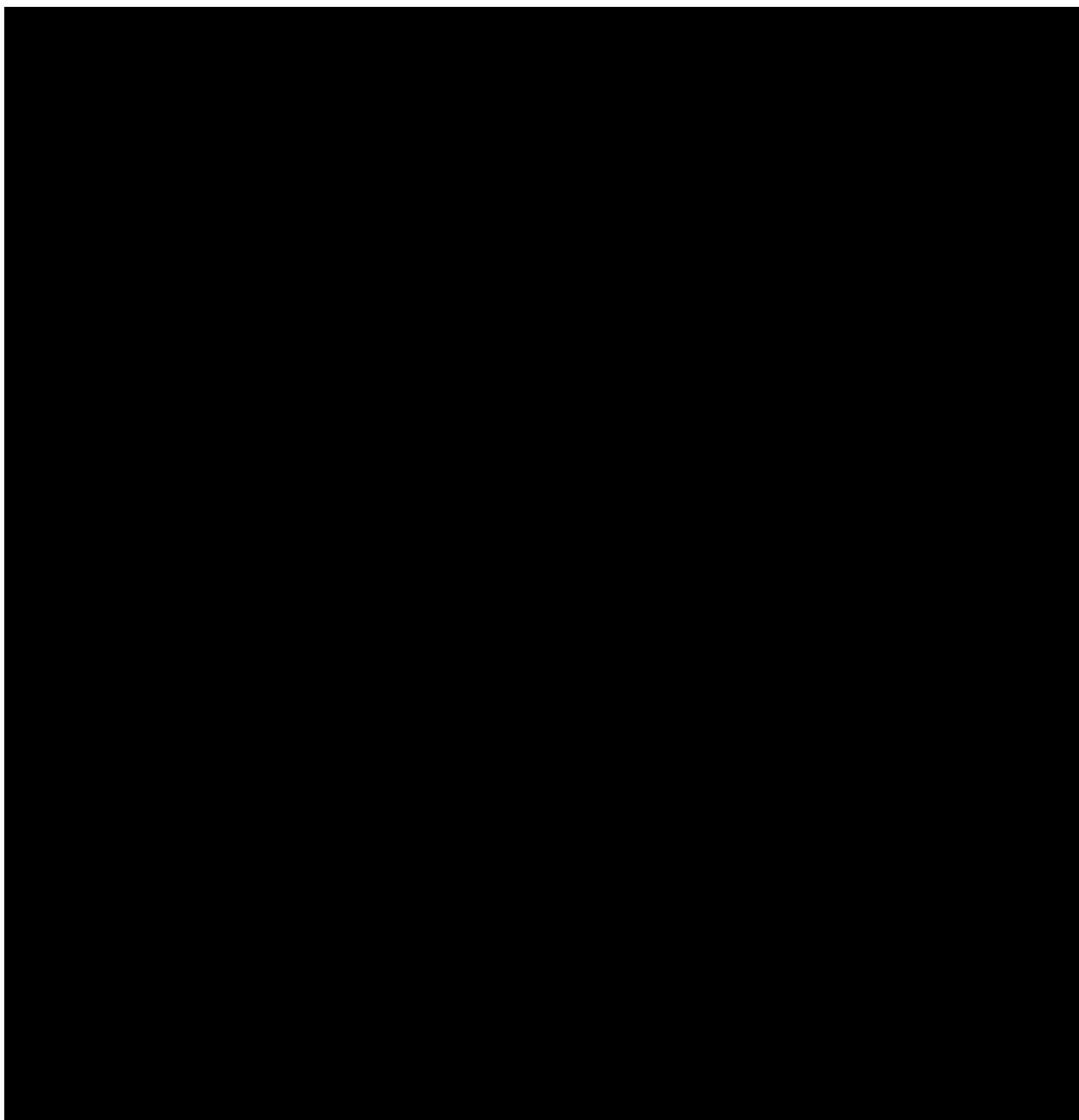
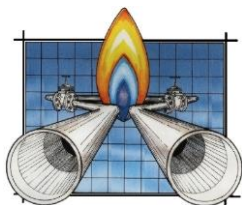


Figura 9 Vista satelital de la localización de la Tubería de 6” HDPE.

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

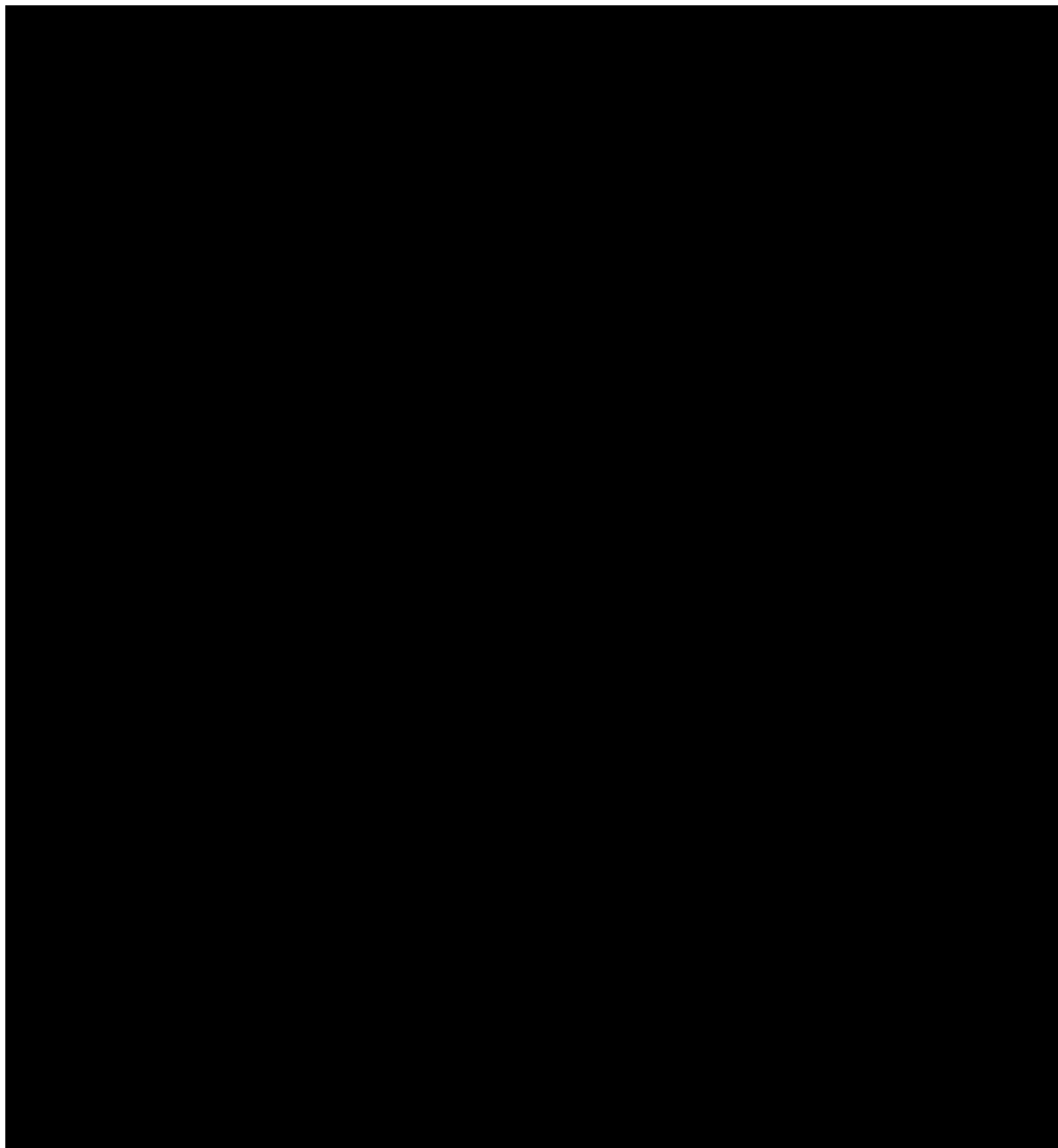
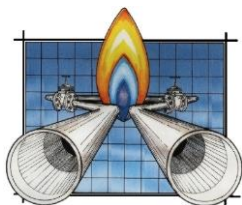


Figura 10 Vista satelital de la localización de la Tubería de 4” HDPE.

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

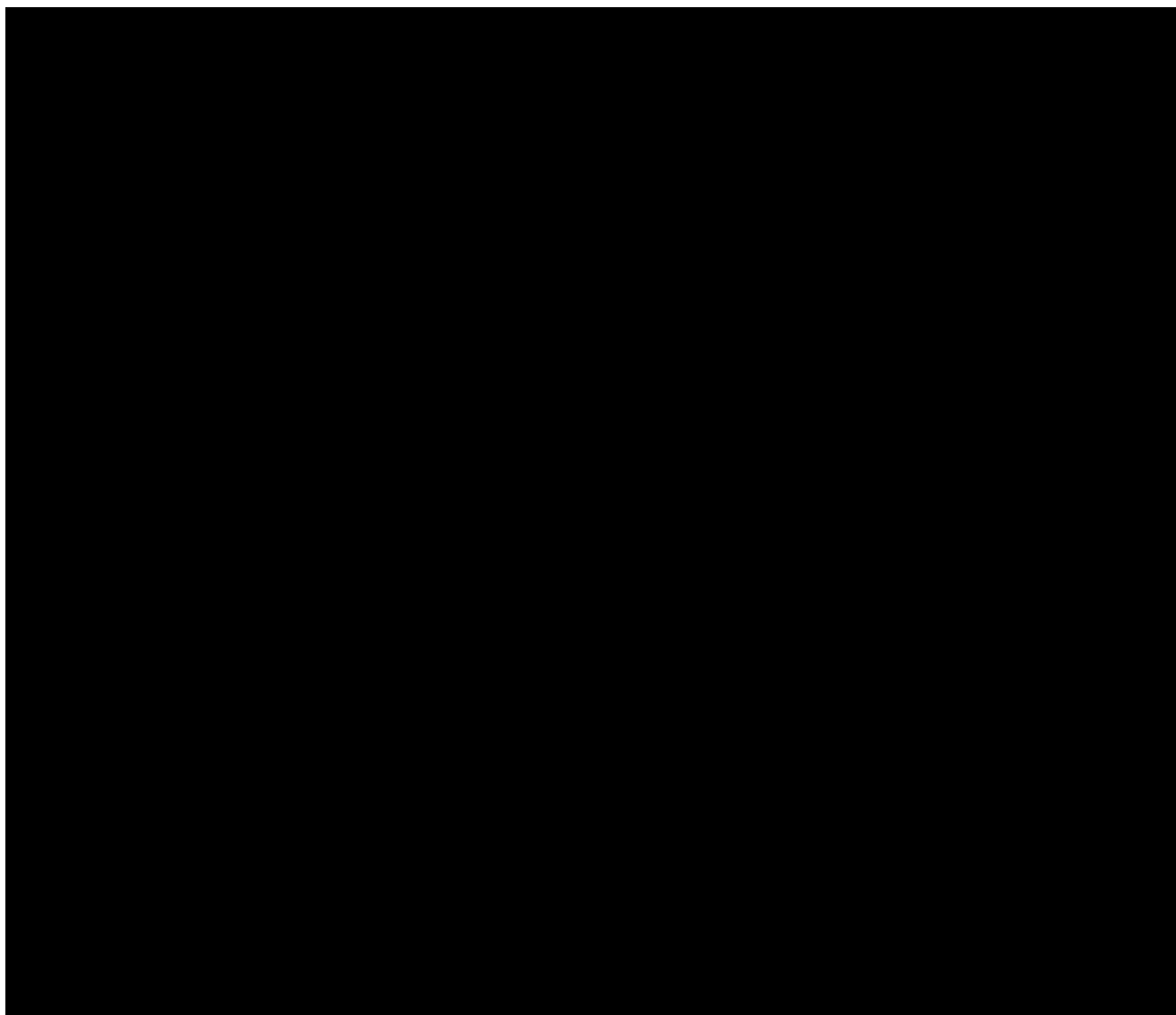
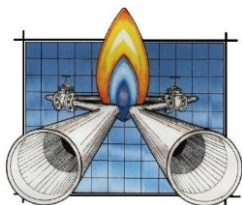


Figura 11 Vista satelital de la localización de la Tubería de 3” HDPE.

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

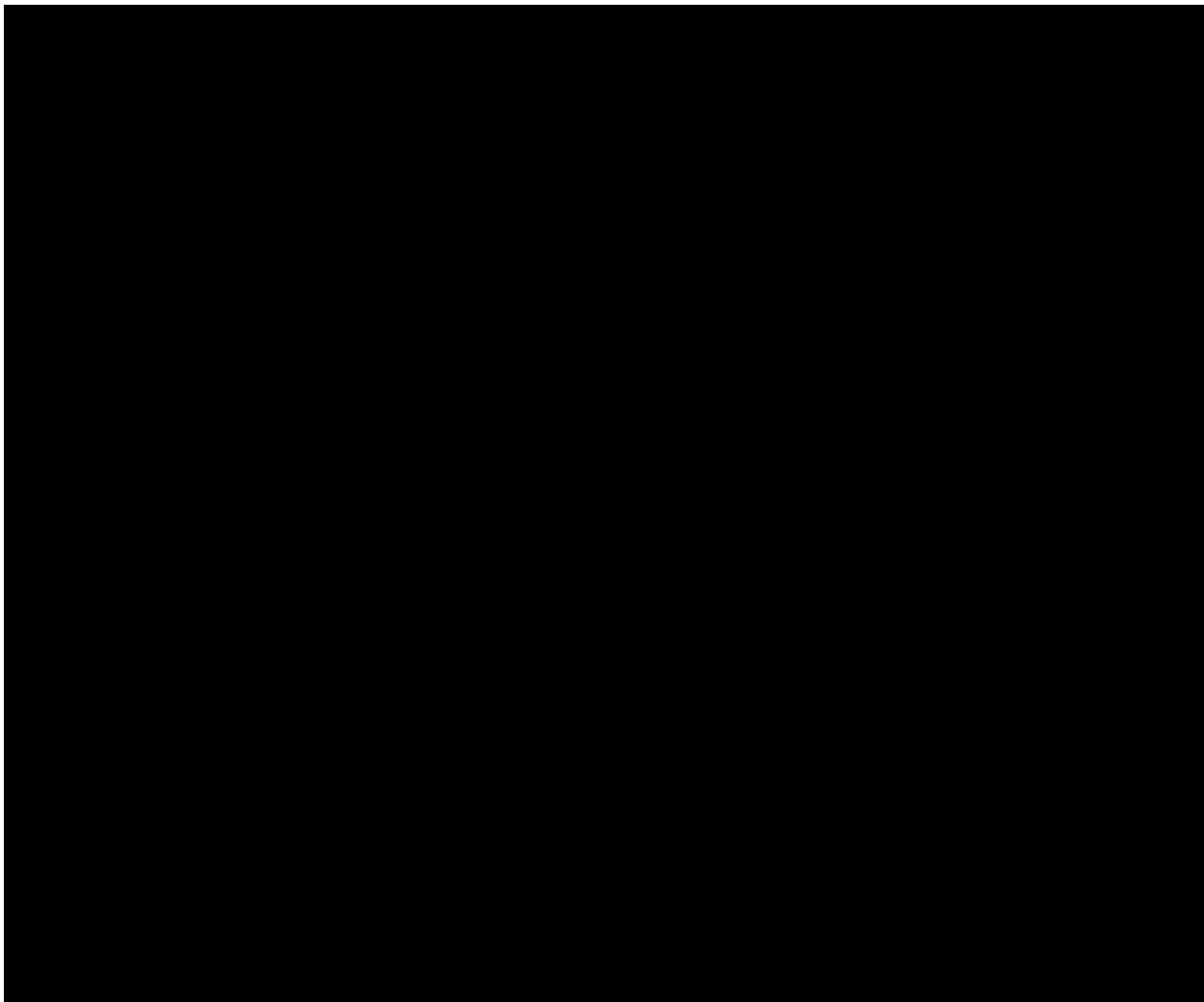
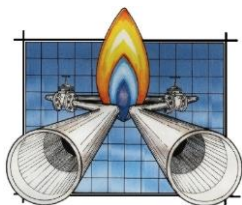


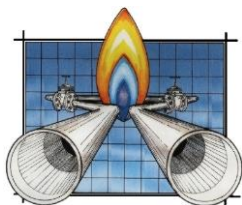
Figura 12 Vista satelital de la localización de la Tubería de 2” HDPE.

UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

A continuación, se presentan los resultados concluyentes de la técnica Muhlbauer:

Tabla 15 Nivel de Riesgo del Tramo 1.

Índice	Valor Máximo	Valor Obtenido	Grado de Riesgo
Terceras Partes	100	70	Aceptable
Corrosión	100	69	
Ingeniería de Diseño	100	57	
Funcionamiento	100	85	
Total del tramo	400	281	Moderado



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

Tabla 16 Nivel de Riesgo del Tramo 2.

Índice	Valor Máximo	Valor Obtenido	Grado de Riesgo
Terceras Partes	100	70	Aceptable
Corrosión	100	69	
Ingeniería de Diseño	100	53	
Funcionamiento	100	85	
Total del tramo	400	277	Moderado

Tabla 17 Nivel de Riesgo del Tramo 3.

Índice	Valor Máximo	Valor Obtenido	Grado de Riesgo
Terceras Partes	100	70	Aceptable
Corrosión	100	69	
Ingeniería de Diseño	100	64	
Funcionamiento	100	85	
Total del tramo	400	277	Moderado

Tabla 18 Nivel de Riesgo del Tramo 4.

Índice	Valor Máximo	Valor Obtenido	Grado de Riesgo
Terceras Partes	100	70	Aceptable
Corrosión	100	69	
Ingeniería de Diseño	100	68	
Funcionamiento	100	85	
Total del tramo	400	292	Moderado

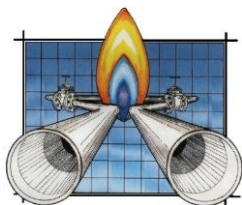


Tabla 19 Nivel de Riesgo del Tramo 5.

Índice	Valor Máximo	Valor Obtenido	Grado de Riesgo
Terceras Partes	100	70	Aceptable
Corrosión	100	69	
Ingeniería de Diseño	100	68	
Funcionamiento	100	85	
Total del tramo	400	292	Moderado

Tabla 20 Nivel de Riesgo del Tramo 6.

Índice	Valor Máximo	Valor Obtenido	Grado de Riesgo
Terceras Partes	100	70	Aceptable
Corrosión	100	69	
Ingeniería de Diseño	100	68	
Funcionamiento	100	85	
Total del tramo	400	292	Moderado

Tabla 21 Nivel de Riesgo del Tramo 7.

Índice	Valor Máximo	Valor Obtenido	Grado de Riesgo
Terceras Partes	100	70	Aceptable
Corrosión	100	69	
Ingeniería de Diseño	100	41	
Funcionamiento	100	85	
Total del tramo	400	265	Moderado

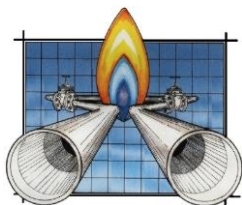


Tabla 22 Nivel de Riesgo del Tramo 8.

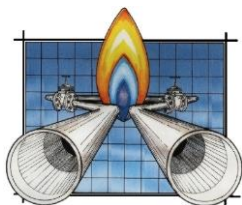
Índice	Valor Máximo	Valor Obtenido	Grado de Riesgo
Terceras Partes	100	70	Aceptable
Corrosión	100	69	
Ingeniería de Diseño	100	41	
Funcionamiento	100	85	
Total del tramo	400	265	Moderado

Tabla 23 Nivel de Riesgo del Tramo 9.

Índice	Valor Máximo	Valor Obtenido	Grado de Riesgo
Terceras Partes	100	70	Aceptable
Corrosión	100	69	
Ingeniería de Diseño	100	41	
Funcionamiento	100	85	
Total del tramo	400	265	Moderado

Tabla 24 Nivel de Riesgo del Tramo 10.

Índice	Valor Máximo	Valor Obtenido	Grado de Riesgo
Terceras Partes	100	70	Aceptable
Corrosión	100	69	
Ingeniería de Diseño	100	41	
Funcionamiento	100	85	
Total del tramo	400	265	Moderado



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

Tabla 25 Nivel de Riesgo del Tramo 11.

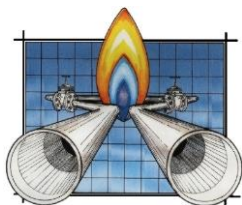
Índice	Valor Máximo	Valor Obtenido	Grado de Riesgo
Terceras Partes	100	70	Aceptable
Corrosión	100	69	
Ingeniería de Diseño	100	41	
Funcionamiento	100	85	
Total del tramo	400	265	Moderado

Tabla 26 Nivel de Riesgo del Tramo 12.

Índice	Valor Máximo	Valor Obtenido	Grado de Riesgo
Terceras Partes	100	70	Aceptable
Corrosión	100	69	
Ingeniería de Diseño	100	41	
Funcionamiento	100	85	
Total del tramo	400	265	Moderado

Tabla 27 Valor promedio de índices y calificación del Sistema de Distribución.

CONCEPTOS	PROMEDIO												Totales
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Índice de afectación por terceras partes	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Índice de corrosión	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
Ingeniería de diseño	57	53	64	68	68	68	41	41	41	41	41	41	52
Índice de funcionamiento	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
Total del tramo	281	277	288	292	292	292	265	265	265	265	265	265	276



CLASIFICACIÓN MUHLBAUER DE
TODO EL STGN:
276

GRADO DE RIESGO:
MODERADO

GRADO DE RIESGO:
ACEPTABLE

De acuerdo al análisis Muhlbauer todos los tramos resultaron con un Nivel de Riesgo Moderado.

A continuación, se indican las recomendaciones derivadas del análisis Muhlbauer⁷, las cuales fueron agrupadas de manera general:

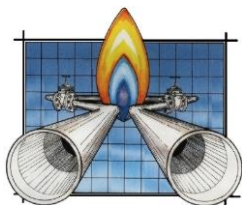
ÍNDICE DE AFECTACIÓN POR TERCERAS PARTES

- ✓ Considerar en la ingeniería de detalle del proyecto, el diseño y construcción de trampas de envío y recibo de dispositivos de limpieza e inspección interna para la evaluación de la integridad de los gasoductos troncales de acero al carbón.
- ✓ Cuando por razones técnicas el diseño la red de distribución Texcoco, no considere la instalación de trampas de envío y recibo de diablos, establecer los métodos de evaluación de la integridad mecánica de los ductos de acuerdo a la NOM-009-ASEA-2017.
- ✓ Por Buenas Prácticas de Operación e Ingeniería (BPOI), reducir la frecuencia de celaje, por lo menos a 1 vez cada semana.
- ✓ Elaboración del Estudio de Impacto Social, donde se establezcan medidas de atención a la comunidad que tendrá incidencia en la red de distribución de gas natural.

CONTROL DE LA CORROSIÓN

- ✓ Elaborar los estudios definitivos de la resistividad del suelo previo diseño del Sistema de Protección Catódica.
- ✓ Asegurar que la memoria técnica del Sistema de Protección Catódica a instalar para protección de los gasoductos de acero, contenga como mínimo lo siguiente: tiempo de vida, criterios, ubicación de camas anódicas, número, dimensiones y tipo de los ánodos utilizados, densidad de corriente eléctrica, resistencia total de circuito, por ciento de área desnuda a proteger, especificación de materiales y equipo, cálculos, recomendaciones, prácticas de ingeniería, normas, códigos, reglamentos y regulaciones a observar durante la implementación del mismo.
- ✓ Toda la tubería de acero debe estar protegida mediante Sistema de Protección Catódica desde el primer día de operación; en dado caso que, GNN decida lo contrario (ya una vez evaluada la resistividad del suelo), se debe demostrar mediante un estudio técnico realizado por el área

⁷ Cabe mencionar, que por cuestiones de espacio, las recomendaciones que se indican en las hojas de trabajo del Muhlbauer fueron resumidas, mientras que las que se muestran en el presente estudio, se encuentran completas y encaminadas a cumplir con las puntuaciones bajas o falta de información que se identificó en el presente análisis.



técnica responsable del control de la corrosión externa, que los materiales son resistentes al ataque corrosivo del medio ambiente en el cual son instalados, en este caso el sistema de protección catódica deberá estar instalado en un plazo no mayor a un año posterior al primer día de operación del sistema de distribución de gas natural.

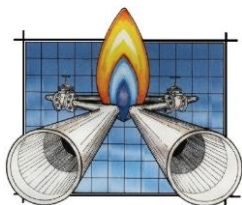
- ✓ Además de la memoria técnica del Sistema de Protección Catódica, contar con los resultados de pruebas de interacción con otros sistemas eléctricos ajenos al sistema de protección catódica (líneas de alta tensión, sistemas de tierras, estructuras metálicas vecinas protegidas o no catódicamente y dependencias involucradas).
- ✓ Una vez instalado el Sistema de Protección Catódica, elaborar los planos y diagramas del sistema de tal y como fue instalado. (Arreglos constructivos de la cama anódica, de la fuente externa de corriente eléctrica directa, conexiones eléctricas cable-Ducto, Ducto-estación de registro de potencial y puentes eléctricos entre Ductos).
- ✓ Elaborar y poner en práctica programas de inspección y mantenimiento periódico de los elementos que conforman los sistemas de protección catódica, evidenciando dichas acciones mediante los registros respectivos.
- ✓ Dentro de la etapa de operación, realizar inspecciones cuando menos cada seis meses del recubrimiento dieléctrico en todos los tramos de los ductos de acero superficiales y en áreas expuestas. Cuando el recubrimiento se encuentre deteriorado se debe reemplazar o reparar.
- ✓ Elaborar y poner en práctica métodos de evaluación de la corrosión externa en ductos en operación, con la finalidad de constatar el óptimo funcionamiento del sistema de protección catódica, lo anterior principalmente para los siguientes factores: corrosión microbiológica, agrietamiento por corrosión bajo esfuerzos (SCC por sus siglas en inglés) agrietamiento bajo tensión en presencia de sulfuros y agrietamiento inducido por sulfuros.
- ✓ Elaborar y poner en práctica métodos de evaluación de la corrosión interna de ductos, con la finalidad de evaluar la pérdida de espesor de la tubería por corrosión interna, tales como: probetas con pérdida de peso, sondas de hidrógeno, embobinadores de ensayo y/o sondas de corrosión.

INGENIERÍA DE DISEÑO

- ✓ Considerar que la presión normal de operación de la red de distribución de gas natural sea por lo menos 10% menor a la MAOP (300 psi en tubería de acero y 100 psi en tubería de polietileno).
- ✓ En las tuberías de polietileno, considerar que el Factor de Seguridad del espesor de las tuberías sea por lo menos de 1.5.

ÍNDICE DE FUNCIONAMIENTO

- ✓ Considerar en la ingeniería de detalle del proyecto, el diseño y construcción de Válvulas de Seccionamiento automáticas, con la finalidad de que éstas puedan ser controladas de manera remota.



I.6.2.2 ANÁLISIS HAZOP.

El método Hazop (**HAZ**ard and **OP**erability “Riesgo y Operabilidad”) o análisis de Riesgo y de Operabilidad se concentra en una metodología mediante un enfoque sistemático para identificar tanto riesgos como problemas de operabilidad. Aunque la identificación de riesgos es el tema principal, los problemas de operabilidad se examinan, ya que tienen el potencial de producir riesgos en los procesos, que resulten en violaciones ambientales y/o laborales o tener un impacto negativo en la productividad.

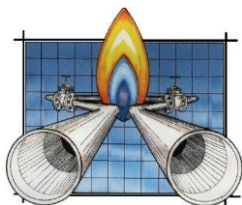
El análisis de operación y riesgo Hazop, es el método más amplio y reconocido para realizar un análisis de riesgo en procesos industriales. El análisis HAZOP, es un estudio que identifica cada desviación posible de un diseño, de una operación o de una afectación cualquiera, además de todas las posibles causas y consecuencias que pueden ocurrir en las condiciones más adversas para el proceso, siendo así, éste sirve para identificar problemas de seguridad y mejorar la operabilidad de una instalación industrial.

Para la realización del análisis HAZOP se emplearon los siguientes Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs):

Tabla 28 Diagramas de tubería e instrumentación utilizados.

ID del Plano	Título (DTI)
GNN-TEX-ER-TE1-DTI_100818-DTI	Estación de Regulación (ER Tipo 1)
GNN-TEX-ER-GPT-DTI_240818 DTI	Estación de Regulación (ER Tipo 2)
GNN-TEX-ER-XOL-DTI_240818 DTI	Estación de Regulación (ER Tipo 3)
GNN-TEX-ER-PTE-DTI_300818 DTI	Estación de Regulación (ER Tipo 4)
GNN-TEX-ERM-HGE-DTI_240818-DTI	Estación de Regulación y Medición (ERM Tipo 1)
GNN-IXT-ERM-FTEX-DTI_030918-DTI	Estación de Regulación y Medición (ERM Tipo 2)
GNN-TEXII-ERM-CER-DTI-100818-DTI	Estación de Regulación y Medición (ERM Tipo 3)
GNN-TEX-ERM-MAL-DTI_140818-DTI	Estación de Regulación y Medición (ERM Tipo 4)
GNN-TEX-ERM-PRF-DTI_230818-DTI	Estación de Regulación y Medición (ERM Tipo 5)
GNN-TEX-ERM-VIT-DTI_230818-DTI	Estación de Regulación y Medición (ERM Tipo 6)
GNN-TEX-ERM-PIN-DTI_250818 DTI	Estación de Regulación y Medición (ERM Tipo 7)
GNN-IXT-ERM-PAP-DTI_230818-DTI	Estación de Regulación y Medición (ERM Tipo 8)
GNN-CHA-ERM-MED-PRO-140818-DTI	Estación de Regulación y Medición (ERM Tipo 9)

Ver Anexo 10. Diagramas de Tubería e Instrumentación.



El HAZOP fue realizado bajo el siguiente procedimiento:

1. Seleccione un nodo.

El proceso se analiza seccionándolo en partes discretas o nodos. Un nodo es generalmente una línea o un recipiente o un procedimiento. Los nodos deben ser bastante pequeños para ser manejables, y a la vez lo bastante grandes para reducir la duplicación y hacer buen uso del tiempo.

2. Registre la intención, los parámetros de diseño y las condiciones de proceso. Es decir, parámetros de diseño del equipo, condiciones de operación normales y máximas. Esto incluye típicamente la temperatura, la presión, la composición, el nivel, el flujo, etc..

3. Repase con el equipo la matriz de desviación preparada previamente para este nodo y agregue otras desviaciones si es necesario.

4. Identificar las causas o las razones por las que las desviaciones pueden ocurrir. Las causas deben ser locales en el origen, es decir, originan en el nodo bajo evaluación. Con el nodo de la alimentación o de la fuente, considere causas en aguas arriba. Donde no haya causas identificadas escribir "No se identificaron causas".

El estudio del HAZOP sólo considerará eventos causales únicos (errores o fallas). Escenarios que requieran de analizar dos fallas separadas, dos errores de operador o una falla más un error son considerados "doble falla" y no son considerados normalmente durante un estudio de HAZOP.

Los drenes y válvulas que están normalmente cerradas, y con tapones o bridas ciegas, no son considerados fuentes de fugas. Similarmente, medidores reemplazables localizados en las tuberías con válvulas de raíz no son consideradas fuentes de fuga, si el procedimiento estándar requiere verificar que la válvula esté cerrada y el sistema al cual está conectado ya sea que este despresurizado o bien que no surja ningún riesgo debido a una fuga, o la apertura de dos válvulas en serie simultáneamente no es considerada una causa creíble para la fuga o mezcla de fluidos, etc.

La Causa deberá estar en el Nodo en cuestión.

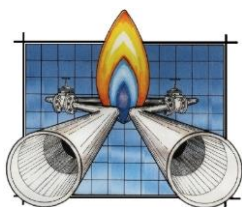
5. Identifique las consecuencias o los resultados de las desviaciones asumiendo que los controles básicos de proceso fallan y las salvaguardas no existen. Considere las consecuencias fuera del nodo, así como en el interior. Si no hay consecuencias de que preocupase, escribir "ninguna consecuencia de preocupación".

Las Consecuencias podrán ser identificadas dentro del nodo o en todo el universo de la planta.

6. Identifique la severidad de las consecuencias identificadas asumiendo que los sistemas básicos de control y los sistemas de protección fallan.

7. Identifique las capas adicionales de protección requeridas para reducir el riesgo a un nivel aceptable. Si el riesgo del peligro no se ha reducido a un nivel aceptable, la eficacia de las capas propuestas debe ser mejorada o capas adicionales deben ser agregadas según sea necesario.

8. Asigne una categoría a la consecuencia identificada.



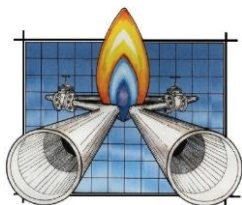
9. Asigne una categoría a la probabilidad de ocurrencia de la consecuencia analizada, considerando esta vez los sistemas de control y/o capas de protección válidas, así como cualquier otro modificador de frecuencia que aplique.
10. Identifique las recomendaciones y asigne las responsabilidades. Donde esté clara una solución específica, deberá ser registrada como tal. Los equipos a menudo se detienen a intentar conseguir una recomendación. Es absolutamente apropiado que la recomendación sea investigar las medidas de protección apropiadas. Es también bueno redactar las recomendaciones que permitan una cierta flexibilidad, por ejemplo, diciendo: considerar tales y tal opción. La recomendación se debe escribir con bastante detalle para poder entender el intento sin el resto de la hoja de trabajo delante del lector.

A.1) Nodos Seleccionados para el Desarrollo del Análisis de Riesgo de Operabilidad “HAZOP”.

Para facilitar el análisis de riesgos y la aplicación de la técnica HAZOP, se analizaron 16 nodos con apego a los Diagramas de Tubería e Instrumentación de la Estación de Regulación y Medición:

Tabla 29 Nodos Seleccionados en la Red de Distribución de Gas Natural.

Nodo	Descripción	DTI
1	Estación de Regulación (Tipo 1) Alta Presión	GNN-TEX-ER-TE1-DTI_100818-DTI
2	Estación de Regulación (Tipo 2) Alta Presión	GNN-TEX-ER-GPT-DTI_240818 DTI
3	Estación de Regulación (Tipo 3) Alta Presión	GNN-TEX-ER-XOL-DTI_240818 DTI
4	Estación de Regulación (Tipo 4) Alta Presión	GNN-TEX-ER-PTE-DTI_300818 DTI
5	Estación de Regulación y Medición (Tipo 1)	GNN-TEX-ERM-HGE-DTI_240818-DTI
6	Estación de Regulación y Medición (Tipo 2)	GNN-IXT-ERM-FTEX-DTI_030918-DTI
7	Estación de Regulación y Medición (Tipo 3)	GNN-TEXII-ERM-CER-DTI-100818-DTI
8	Sistema de Filtración de la Estación de Regulación y Medición (Tipo 4)	GNN-TEX-ERM-MAL-DTI_140818-DTI
9	Sistema de Regulación de la Estación de Regulación y Medición (Tipo 4)	
10	Estación de Regulación y Medición (Tipo 5)	GNN-TEX-ERM-PRF-DTI_230818-DTI
11	Estación de Regulación y Medición (Tipo 6)	GNN-TEX-ERM-VIT-DTI_230818-DTI



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

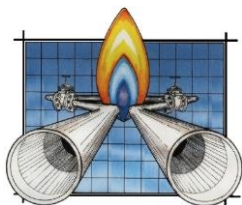
Nodo	Descripción	DTI
12	Sistema de Filtración de la Estación de Regulación y Medición (Tipo 7)	GNN-TEX-ERM-PIN-DTI_250818 DTI
13	Sistema de Regulación de la Estación de Regulación y Medición (Tipo 7)	
14	Sistema de Filtración de la Estación de Regulación y Medición (Tipo 8)	GNN-IXT-ERM-PAP-DTI_230818-DTI
15	Sistema de Regulación de la Estación de Regulación y Medición (Tipo 8)	
16	Estación de Regulación y Medición (Tipo 9)	GNN-CHA-ERM-MED-PRO-140818-DTI

Ver en el **Anexo 11. HAZOP**, el desarrollo de cada uno de los HAZOP realizados.

Para establecer la Matriz de Rango de Riesgo (Risk Ranking) con la cual se calificaron y jerarquizaron los riesgos identificados, asignando niveles de CONSECUENCIAS de acuerdo a lo que indica la **Tabla 30**, así como la FRECUENCIA de falla de acuerdo a lo que establece la **Tabla 31**, con lo cual, mediante lo establecido en la **Tabla 32**, se determina el Nivel de Riesgo del nodo analizado.

Tabla 30 Consecuencias (en forma descriptiva).

Gravedad	Salud y seguridad	Medio ambiente	Regulaciones	Economía	Reputación
1	- Primeros auxilios - Efectos menores en la salud - No requiere evacuación	- Impactos insignificantes al ambiente - Emisión pequeña pero notificable. - Queja <\$20,000	- Impacto de regulación insignificante	- Daños al equipo o costos de producción menores a \$20,000	- Impacto insignificante: preocupaciones individuales.
2	- Ayuda médica o trabajo limitado - Efectos medios en la salud - Requiere unidad de evacuación	- Emisiones en el sitio con la remediación inmediata disponibles - Derrame mayor a 1m³ - Menor esfuerzo de mitigación requerida por revocación total. - Notificable \$20,000 a \$200,000	- No conformidad con la práctica de industrias reconocidas.	- Daños al equipo o costos de producción entre \$20,000 y \$ 200,000	- Cobertura periodística local; quejas informales múltiples de la comunidad; Preocupaciones del propietario
3	- Tiempo perdido por lesiones.	- Emisiones en el sitio con	- No conformidad	- Daños al equipo o	- Cobertura periodística



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

Gravedad	Salud y seguridad	Medio ambiente	Regulaciones	Economía	Reputación
	- Efectos significantes a la salud. - Evacuación requerida de Área	contaminación prolongada. - Gran derrame contenido en el sitio. - Emisión fuera de sitio con remediación inmediata disponible. Incumplimiento \$200,000 a \$2M	con los requisitos regionales o unidades de negocios. - \$50,000	costos de producción entre \$200,000 y \$2M	provisional; gran preocupación de la comunidad; quejas formales y/o repetidas.
4	- Lesiones permanentes o discapacidades. - Efectos a la salud mayores. - Requiere evacuación de instalaciones.	- Emisión fuera del sitio con contaminación prolongada. - Gran derrame fuera del sitio (licencia temporalmente cancelada) - Incumplimiento resultante en la ejecución - \$2,000,000 a \$20,000,000	- No conformidad con las normas de la compañía y/o requerimientos. - \$ 200,000	Daños al equipo o costos de producción entre \$2,000,000 a \$20,000,000	Cobertura periodística Nacional; gran indignación de la comunidad; Litigación
5	- Muerte - Efectos graves a la salud. - Requiere evacuación de la comunidad e instalaciones.	- Pérdida irrevocable, sin mitigación posible. - Licencia cancelada - Pérdida permanente de uso del área. - >\$20,000,000	- No conformidad con las normas reguladoras - \$500,000	- Daños al equipo o costos de producción mayores a \$20,000,000	Cobertura periodística Nacional e Internacional

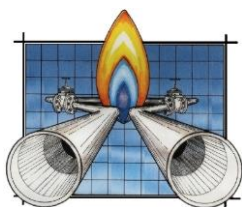


Tabla 31 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.

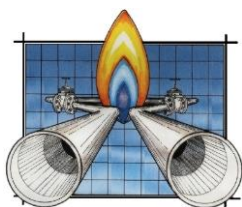
Frecuencia	Descripción	L
1/10000 años= $f < 1/1000$ años	Remotamente ocurre en la industria	0.0001
1/1000 años= $f < 1/100$ años	Raramente ocurre en la compañía	0.001
1/100 años= $f < 1/10$ años	Ocasionalmente ocurre en la compañía	0.01
1/10 años= $f < 1/año$	Comúnmente ocurre en la unidad	0.1
$F \leq 1/año$	Frecuentemente ocurre en la unidad	1

Tabla 32 Matriz de riesgos.

SEVERIDAD DE CONSECUENCIAS	5	C	C	B	A	A
	4	D	C	B	B	A
	3	D	C	C	B	B
	2	D	D	C	C	C
	1	D	D	D	D	C
		1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				

A continuación, se describe el significado de cada nivel de Riesgo:

- **Muy Alto. Riesgo intolerable.** El riesgo requiere acción inmediata; el costo no debe ser una limitación y el no hacer nada no es una opción aceptable. Un riesgo Muy Alto representa una situación de emergencia y deben establecerse controles temporales inmediatos. La mitigación debe hacerse por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a Medio o de preferencia a Bajo, en un lapso de tiempo menor a 90 días.
- **Alto. Riesgo indeseable.** El riesgo debe ser reducido y hay margen para investigar y analizar a más detalle. No obstante, la acción correctiva debe darse en los próximos 90 días. Si la solución se demora más tiempo, deben establecerse controles temporales inmediatos en sitio, para reducir el riesgo.



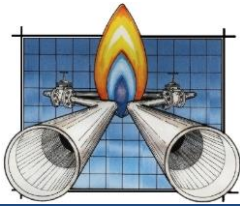
- **Medio. Riesgo aceptable con controles.** El riesgo es significativo, pero se pueden compensar con las acciones correctivas en el paro de instalaciones programado, para no presionar programas de trabajo y costos. Las medidas de solución para atender los hallazgos deben darse en los próximos 18 meses. La mitigación debe enfocarse en la disciplina operativa y en la confiabilidad de los sistemas de protección.
- **Bajo. Riesgo razonablemente aceptable.** El riesgo requiere control, pero es de bajo impacto y puede programarse su atención conjuntamente con otras mejoras operativas.

Los riesgos no tolerables se deberán considerar para establecer los objetivos de seguridad y salud ocupacional y los requisitos de las instalaciones, maquinaria, necesidades de capacitación y los controles operacionales para el control de riesgos, así como considerar las acciones requeridas de supervisión para asegurar la efectividad y oportunidad.

A continuación, se incluye la matriz de riesgos con los resultados de cada uno de los nodos evaluados en el HAZOP, el cual fue determinado después de considerar las salvaguardas:

Tabla 33 Matriz de Riesgo considerando los resultados del HAZOP.

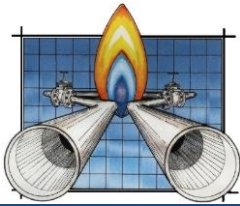
Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
1	1.1 Más Presión	1.1.1				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
	1.5 Más Flujo	1.5.1				
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
		1.6.2				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.8 Más Nivel	1.8.1				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Operaciones incorrectas	1.11.1				
	1.12 Defectos de Fabricación	1.12.1				
		1.12.2				
	1.13 Errores en construcción	1.13.1				
		1.13.2				
	1.14 Daño por Terceras partes	1.14.1				
		1.14.2				
		1.14.3				
2	1.1 Más Presión	1.1.1				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

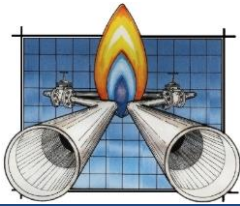
Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
	1.5 Más Flujo	1.5.1				
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
		1.6.2				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.8 Más Nivel	1.8.1				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Operaciones incorrectas	1.11.1				
	1.12 Defectos de Fabricación	1.12.1				
		1.12.2				
	1.13 Errores en construcción	1.13.1				
		1.13.2				
	1.14 Daño por Terceras partes	1.14.1				
		1.14.2				
		1.14.3				
3	1.1 Más Presión	1.1.1				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
	1.5 Más Flujo	1.5.1				
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
		1.6.2				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.8 Más Nivel	1.8.1				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Operaciones incorrectas	1.11.1				
	1.12 Defectos de Fabricación	1.12.1				
		1.12.2				
	1.13 Errores en construcción	1.13.1				
		1.13.2				
	1.14 Daño por Terceras partes	1.14.1				
		1.14.2				
		1.14.3				
4	1.1 Más Presión	1.1.1				



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

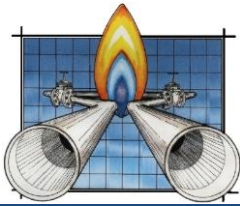
Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
	1.5 Más Flujo	1.5.1				
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
		1.6.2				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.8 Más Nivel	1.8.1				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Operaciones incorrectas	1.11.1				
	1.12 Defectos de Fabricación	1.12.1				
		1.12.2				
	1.13 Errores en construcción	1.13.1				
		1.13.2				
	1.14 Daño por Terceras partes	1.14.1				
		1.14.2				
		1.14.3				
5	1.1 Más Presión	1.1.1				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
	1.5 Más Flujo	1.5.1				
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
		1.6.2				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Operaciones incorrectas	1.11.1				
	1.12 Defectos de Fabricación	1.12.1				
		1.12.2				
	1.13 Errores en construcción	1.13.1				
		1.13.2				
	1.14 Daño por Terceras partes	1.14.1				
		1.14.2				
		1.14.3				
6	1.1 Más Presión	1.1.1				



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

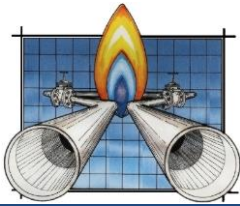
Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
	1.5 Más Flujo	1.5.1				
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
		1.6.2				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Operaciones incorrectas	1.11.1				
	1.12 Defectos de Fabricación	1.12.1				
		1.12.2				
	1.13 Errores en construcción	1.13.1				
		1.13.2				
	1.14 Daño por Terceras partes	1.14.1				
		1.14.2				
		1.14.3				
7	1.1 Más Presión	1.1.1				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
	1.5 Más Flujo	1.5.1				
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
		1.6.2				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Operaciones incorrectas	1.11.1				
	1.12 Defectos de Fabricación	1.12.1				
		1.12.2				
	1.13 Errores en construcción	1.13.1				
		1.13.2				
	1.14 Daño por Terceras partes	1.14.1				
		1.14.2				
		1.14.3				
8	1.1 Más Presión	1.1.1				
		1.1.2				



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

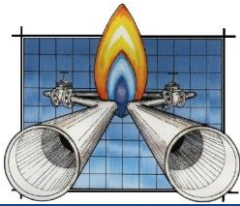
Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
		1.2.2				
	1.5 Más Flujo	1.5.1				
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
		1.6.2				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.8 Más Nivel	1.8.1				
	1.9 Bajo Nivel	1.9.1				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Operaciones incorrectas	1.11.1				
	1.12 Defectos de Fabricación	1.12.1				
		1.12.2				
	1.13 Errores en construcción	1.13.1				
		1.13.2				
	1.14 Daño por Terceras partes	1.14.1				
		1.14.2				
		1.14.3				
9	1.1 Más Presión	1.1.1				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
		1.2.2				
	1.9 Corrosión	1.9.1				
	1.10 Operaciones incorrectas	1.10.1				
	1.11 Defectos de Fabricación	1.11.1				
		1.11.2				
	1.12 Errores en construcción	1.12.1				
		1.12.2				
10	1.13 Daño por Terceras partes	1.13.1				
		1.13.2				
		1.13.3				
	1.1 Más Presión	1.1.1				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

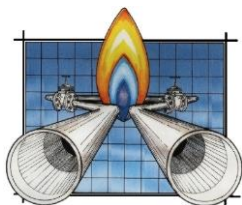
Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
	1.5 Más Flujo	1.5.1				
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
		1.6.2				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Operaciones incorrectas	1.11.1				
	1.12 Defectos de Fabricación	1.12.1				
		1.12.2				
	1.13 Errores en construcción	1.13.1				
		1.13.2				
	1.14 Daño por Terceras partes	1.14.1				
		1.14.2				
		1.14.3				
11	1.1 Más Presión	1.1.1				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
	1.5 Más Flujo	1.5.1				
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
		1.6.2				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Operaciones incorrectas	1.11.1				
	1.12 Defectos de Fabricación	1.12.1				
		1.12.2				
	1.13 Errores en construcción	1.13.1				
		1.13.2				
	1.14 Daño por Terceras partes	1.14.1				
		1.14.2				
		1.14.3				
12	1.1 Más Presión	1.1.1				
		1.1.2				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

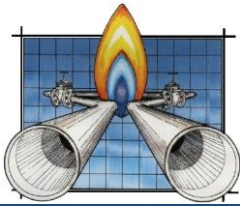
Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
		1.2.2				
	1.5 Más Flujo	1.5.1				
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
		1.6.2				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.8 Más Nivel	1.8.1				
	1.9 Bajo Nivel	1.9.1				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Operaciones incorrectas	1.11.1				
	1.12 Defectos de Fabricación	1.12.1				
		1.12.2				
	1.13 Errores en construcción	1.13.1				
		1.13.2				
	1.14 Daño por Terceras partes	1.14.1				
		1.14.2				
		1.14.3				
13	1.1 Más Presión	1.1.1				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
		1.2.2				
	1.9 Corrosión	1.9.1				
	1.10 Operaciones incorrectas	1.10.1				
	1.11 Defectos de Fabricación	1.11.1				
		1.11.2				
	1.12 Errores en construcción	1.12.1				
		1.12.2				
	1.13 Daño por Terceras partes	1.13.1				
		1.13.2				
		1.13.3				
14	1.1 Más Presión	1.1.1				
		1.1.2				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
		1.2.2				
	1.5 Más Flujo	1.5.1				
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
		1.6.2				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.8 Más Nivel	1.8.1				
	1.9 Bajo Nivel	1.9.1				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Operaciones incorrectas	1.11.1				
	1.12 Defectos de Fabricación	1.12.1				
		1.12.2				
	1.13 Errores en construcción	1.13.1				
		1.13.2				
	1.14 Daño por Terceras partes	1.14.1				
		1.14.2				
		1.14.3				
15	1.1 Más Presión	1.1.1				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
		1.2.2				
	1.9 Corrosión	1.9.1				
	1.10 Operaciones incorrectas	1.10.1				
	1.11 Defectos de Fabricación	1.11.1				
		1.11.2				
	1.12 Errores en construcción	1.12.1				
		1.12.2				
	1.13 Daño por Terceras partes	1.13.1				
1.13.2						
1.13.3						
16	1.1 Más Presión	1.1.1				
	1.2 Menos Presión	1.2.1				
	1.5 Más Flujo	1.5.1				



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

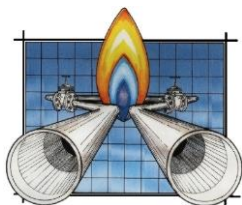
I

Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
	1.6 Menos Flujo	1.6.1				
		1.6.2				
	1.7 No hay Flujo	1.7.1				
	1.10 Corrosión	1.10.1				
	1.11 Operaciones incorrectas	1.11.1				
		1.11.2				
	1.12 Defectos de Fabricación	1.12.1				
		1.12.2				
	1.13 Errores en construcción	1.13.1				
		1.13.2				
	1.14 Daño por Terceras partes	1.14.1				
		1.14.2				
		1.14.3				

A continuación, se indican las desviaciones (fallas) de cada uno de los nodos analizados en el HAZOP que resultaron con nivel de riesgo C.

Tabla 34 Descripción de fallas de mayor riesgo en los Nodos del HAZOP.

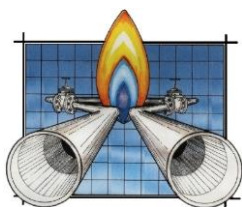
Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
1	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Daño por terceras partes	Vandalismo en la ER.	▪ Robo de partes de la estación.
2	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

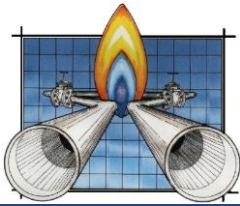
Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Daño por terceras partes	Vandalismo en la ER.	▪ Robo de partes de la estación.
3	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Daño por terceras partes	Vandalismo en la ER.	▪ Robo de partes de la estación.
4	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Daño por terceras partes	Vandalismo en la ER.	▪ Robo de partes de la estación.
5	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
Estado de México

I

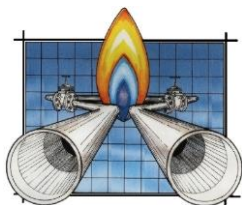
Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Daño por terceras partes	Vandalismo en la ERM.	▪ Robo de partes de la estación.
6	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Daño por terceras partes	Vandalismo en la ERM.	▪ Robo de partes de la estación.
7	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Daño por terceras partes	Vandalismo en la ERM.	▪ Robo de partes de la estación.
8	Más Presión	Más presión proveniente del gasoducto de interconexión.	▪ Sobrepresión en la tubería de entrada a los filtros.
	Menos Flujo	Rotura del ducto a la entrada de la ERM.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
Estado de México

I

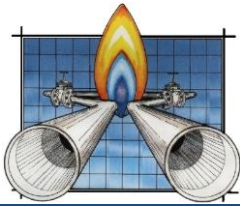
Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
	Bajo Nivel	Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Defectos de fabricación	Costura defectuosa de la tubería de entrada a la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso en la tubería de entrada a la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa en la tubería de entrada a la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Daños por terceras partes	Vandalismo en la ERM.	▪ Robo de partes de la estación.
		Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
9	Menos Presión	Taponamiento en los filtros coalescentes.	▪ Desabasto de gas natural hacia los socios comerciales.
	Defectos en Fabricación	Costura defectuosa de la tubería de los reguladores.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso en la tubería de los reguladores.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Vandalismo en la ERM.	▪ Robo de partes de la estación.
		Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
10	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
Estado de México

I

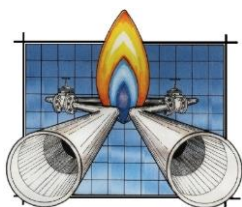
Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
	Daño por terceras partes	Vandalismo en la ERM.	Robo de partes de la estación.
11	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	- Fuga de gas natural a la atmósfera. - Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	- Fuga de gas natural a la atmósfera. - Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	- Fuga de gas natural a la atmósfera. - Potencial formación de fuego y explosión.
	Daño por terceras partes	Vandalismo en la ERM.	Robo de partes de la estación.
12	Más Presión	Más presión proveniente del gasoducto de interconexión.	Sobrepresión en la tubería de entrada a los filtros.
	Menos Flujo	Rotura del ducto a la entrada de la ERM.	Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Bajo Nivel	Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.	- Fuga de gas natural a la atmósfera. - Potencial formación de fuego y explosión.
	Defectos de fabricación	Costura defectuosa de la tubería de entrada a la ERM.	- Fuga de gas natural a la atmósfera. - Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso en la tubería de entrada a la ERM.	- Fuga de gas natural a la atmósfera. - Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa en la tubería de entrada a la ERM.	- Fuga de gas natural a la atmósfera. - Potencial formación de fuego y explosión.
	Daños por terceras partes	Vandalismo en la ERM.	Robo de partes de la estación.
		Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	- Fuga de gas natural a la atmósfera. - Potencial formación de fuego y explosión.
13	Menos Presión	Taponamiento en los filtros coalescentes.	Desabasto de gas natural hacia los socios comerciales.
	Defectos en Fabricación	Costura defectuosa de la tubería de los reguladores.	- Fuga de gas natural a la atmósfera. - Potencial formación de fuego y explosión.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
Estado de México

I

Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
		Metal defectuoso en la tubería de los reguladores.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Vandalismo en la ERM.	▪ Robo de partes de la estación.
		Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
14	Más Presión	Más presión proveniente del gasoducto de interconexión.	▪ Sobrepresión en la tubería de entrada a los filtros.
	Menos Flujo	Rotura del ducto a la entrada de la ERM.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Bajo Nivel	Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Defectos de fabricación	Costura defectuosa de la tubería de entrada a la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso en la tubería de entrada a la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa en la tubería de entrada a la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Daños por terceras partes	Vandalismo en la ERM.	▪ Robo de partes de la estación.
		Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
15	Menos Presión	Taponamiento en los filtros coalescentes.	▪ Desabasto de gas natural hacia los socios comerciales.
	Defectos en Fabricación	Costura defectuosa de la tubería de los reguladores.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso en la tubería de los reguladores.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Vandalismo en la ERM.	▪ Robo de partes de la estación.
		Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

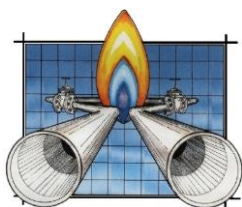
I

Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
			explosión.
16	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Daño por terceras partes	Vandalismo en la ERM.	▪ Robo de partes de la estación.

La tabla anterior, establece las fallas de mayor riesgo de acuerdo a los resultados del HAZOP, por lo que, como siguiente etapa, se descartaron las fallas que de acuerdo a sus consecuencias no representaban un riesgo al ambiente, es decir, se seleccionaron únicamente las fallas que repercutían en fugas de gas natural.

Tabla 35 Fallas con probable fuga de gas natural.

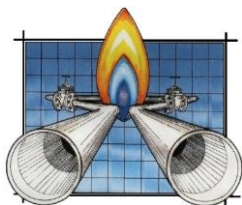
Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
1	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
2	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

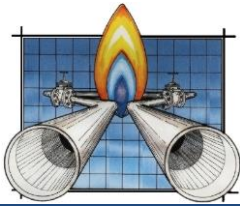
Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
3	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
4	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
5	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
6	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

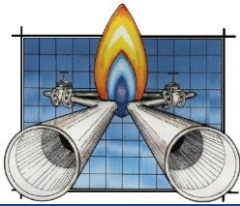
Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
7	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
8	Menos Flujo	Rotura del ducto a la entrada de la ERM.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Bajo Nivel	Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Defectos de fabricación	Costura defectuosa de la tubería de entrada a la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso en la tubería de entrada a la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa en la tubería de entrada a la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Daños por terceras partes	Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
9	Defectos en Fabricación	Costura defectuosa de la tubería de los reguladores.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso en la tubería de los reguladores.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

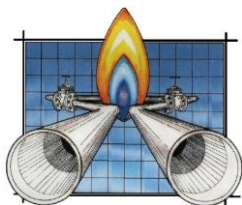
Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
			explosión.
10	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
11	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
12	Menos Flujo	Rotura del ducto a la entrada de la ERM.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Bajo Nivel	Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Defectos de fabricación	Costura defectuosa de la tubería de entrada a la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso en la tubería de entrada a la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa en la tubería de entrada a la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Daños por terceras partes	Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
13	Defectos en Fabricación	Costura defectuosa de la tubería de los reguladores.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
			explosión.
		Metal defectuoso en la tubería de los reguladores.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
14	Menos Flujo	Rotura del ducto a la entrada de la ERM.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión. ▪ Fuga de gas natural a la atmósfera.
	Bajo Nivel	Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.	▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Defectos de fabricación	Costura defectuosa de la tubería de entrada a la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso en la tubería de entrada a la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa en la tubería de entrada a la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Daños por terceras partes	Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
15	Defectos en Fabricación	Costura defectuosa de la tubería de los reguladores.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso en la tubería de los reguladores.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
16	Menos Flujo	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	▪ Liberación de Gas Natural con potencial formación de fuego y/o explosión.
	Defectos en fabricación	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
		Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
Estado de México

I

Nodo	Desviación	Falla/Causa	Consecuencias significativas
	Errores en construcción	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	▪ Fuga de gas natural a la atmósfera. ▪ Potencial formación de fuego y explosión.
	Daño por terceras partes	Vandalismo en la ERM.	▪ Robo de partes de la estación.

La tabla anterior, establece las fallas de mayor riesgo con repercusiones en el ambiente que fueron determinadas con el HAZOP, por lo que, como siguiente etapa, se determinaron las probabilidades de ocurrencia de cada una de las fallas indicadas en la tabla anterior, a través de la herramienta de Árbol de Fallas, para posteriormente definir los escenarios de riesgo en base a las fallas de mayor probabilidad.

I.6.2.3 ÁRBOL DE FALLAS.

El árbol de fallas es una herramienta empleada para el análisis de cómo pueden llegar a ocurrir y de las posibles interrelaciones entre los eventos. Se trata de un proceso deductivo que permite determinar cómo puede tener lugar un suceso en particular apoyando en la cuantificación de los riesgos involucrados.

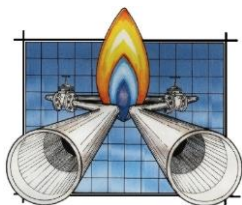
El árbol de fallas descompone un accidente en sus elementos contribuyentes, ya sean éstos, fallas humanas o de equipos del proceso y sucesos externos, principalmente. El resultado es una representación lógica en la que aparecen cadenas de sucesos capaces de generar un suceso culminante que ocupa la cúspide del árbol.

De manera sistemática y lógica se representan las combinaciones de las situaciones que pueden dar lugar a la producción del "evento a evitar", conformando niveles sucesivos de tal manera que cada suceso esté generado a partir de sucesos del nivel inferior, siendo el nexo de unión entre niveles la existencia de "operadores o puertas lógicas (OR y AND)".

El árbol se desarrolla en sus distintas ramas hasta alcanzar una serie de "sucesos básicos", denominados así porque no precisan de otros anteriores a ellos para ser explicados. También alguna rama puede terminar por alcanzar un "suceso no desarrollado" en otros, sea por falta de información o por la poca utilidad de analizar las causas que lo producen.

Si para la ocurrencia de un evento se requiere que dos o más condiciones se cumplan simultáneamente, utilizamos el símbolo "AND" y si para la ocurrencia sólo se requiere que una de dos o más condiciones se cumpla, usamos la compuerta "OR". Multiplicando y/o sumando todas las probabilidades de los eventos contribuyentes unidos mediante una misma compuerta "AND" o "OR", se obtiene la probabilidad del evento del siguiente nivel jerárquico.

En este caso de analizar los modos y efectos de fallas del gasoducto, se utilizan modelos de fallas de componentes y se analizan sus efectos potenciales a partir de parámetros disponibles en información bibliográfica especializada, para cada tipo de fallas.



El árbol de fallas es un diagrama lógico que muestra las interrelaciones entre el evento no deseado en un sistema (efecto) y las razones para el evento (causas). Las razones pueden ser condiciones ambientales o eventos normales que se espera que ocurran en la vida del sistema y fallas de componentes específicos. Así, un árbol de fallas construido coherentemente muestra las diferentes combinaciones de fallas y otros eventos los cuales pueden guiar a un evento no deseado.

Probabilidad de ocurrencia en sistemas de distribución

Para la determinación del valor de probabilidad en componentes del sistema de distribución se recurrió a un árbol de fallas, que contenga los elementos de mayor ponderación al riesgo, determinados en el análisis HAZOP.

Mediante la asignación de probabilidades de cada evento que pueda tener participación en el riesgo, la probabilidad de su ocurrencia puede ser calculada. Una vez procesados los datos se obtiene la probabilidad de ocurrencia de un evento final. Las probabilidades pueden ser clasificadas de varias formas, como se muestran en la siguiente tabla.

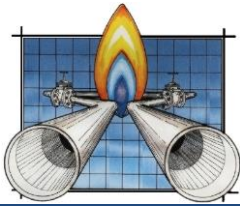
Tabla 36 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.

Magnitud	Criterios de Ocurrencia		
	Cuantitativo		Cualitativo
10^0	1	0 a 1 año	El evento puede presentarse en el próximo año.
10^{-1}	0.1	>1 a 10 años	El evento se ha presentado o puede presentarse en los próximos 10 años.
10^{-2}	0.01	>10 a 100 años	Puede ocurrir al menos una vez en la vida de las instalaciones.
10^{-3}	0.001	>100 a 1 000 años	Conceivable; nunca ha sucedido en el centro de trabajo, pero probablemente ha ocurrido en alguna instalación similar.
10^{-4}	0.0001	>1 000 a 10 000 años	Esencialmente imposible. No es realista que ocurra.

Una vez elaborado el árbol de fallas para cada riesgo determinado, se pueden dar las asignaciones de probabilidad de ocurrencia a cada falla que participe en distintos eventos que conformen su posible desarrollo.

Tabla 37 Probabilidades de falla.

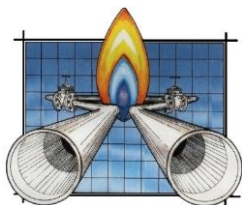
Nodo	Falla/Causa	Probabilidad de Falla
1	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	1×10^{-1}
	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	1×10^{-3}
	Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ER.	1×10^{-3}
	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	1×10^{-3}



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

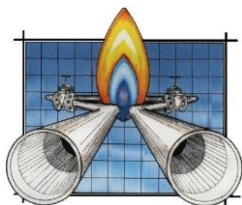
Nodo	Falla/Causa	Probabilidad de Falla
2	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	1×10^{-1}
	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	1×10^{-3}
	Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ER.	1×10^{-3}
	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	1×10^{-3}
3	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	1×10^{-1}
	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	1×10^{-3}
	Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ER.	1×10^{-3}
	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	1×10^{-3}
4	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	1×10^{-1}
	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	1×10^{-3}
	Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ER.	1×10^{-3}
	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ER.	1×10^{-3}
5	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	3.7×10^{-3}
	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
	Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
6	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	3.7×10^{-3}
	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
	Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
7	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	3.7×10^{-3}
	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
	Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
8	Rotura del ducto a la entrada de la ERM.	1×10^{-3}
	Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.	4.5×10^{-3}



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

Nodo	Falla/Causa	Probabilidad de Falla
	Costura defectuosa de la tubería a la entrada de la ERM.	1×10^{-3}
	Metal defectuoso en la tubería de entrada a la ERM.	1×10^{-3}
	Soldadura circunferencial defectuosa en la tubería de entrada a la ERM.	1×10^{-3}
	Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	1×10^{-1}
9	Costura defectuosa de la tubería de los reguladores.	1×10^{-3}
	Metal defectuoso en la tubería de los reguladores.	1×10^{-3}
	Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	1×10^{-3}
10	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	3.7×10^{-3}
	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
	Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
11	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	3.7×10^{-3}
	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
	Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
12	Rotura del ducto a la entrada de la ERM.	1×10^{-3}
	Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de la válvula de drenado.	4.5×10^{-3}
	Costura defectuosa de la tubería a la entrada de la ERM.	1×10^{-3}
	Metal defectuoso en la tubería de entrada a la ERM.	1×10^{-3}
	Soldadura circunferencial defectuosa en la tubería de entrada a la ERM.	1×10^{-3}
	Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	1×10^{-1}
13	Costura defectuosa de la tubería de los reguladores.	1×10^{-3}
	Metal defectuoso en la tubería de los reguladores.	1×10^{-3}
	Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	1×10^{-3}
14	Rotura del ducto a la entrada de la ERM.	1×10^{-3}
	Bajo nivel de condensados en el filtro por apertura en falso de	4.5×10^{-3}



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

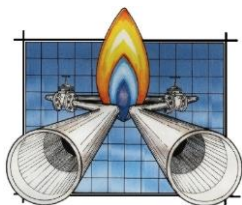
Nodo	Falla/Causa	Probabilidad de Falla
	la válvula de drenado.	
	Costura defectuosa de la tubería a la entrada de la ERM.	1×10^{-3}
	Metal defectuoso en la tubería de entrada a la ERM.	1×10^{-3}
	Soldadura circunferencial defectuosa en la tubería de entrada a la ERM.	1×10^{-3}
	Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	1×10^{-1}
15	Costura defectuosa de la tubería de los reguladores.	1×10^{-3}
	Metal defectuoso en la tubería de los reguladores.	1×10^{-3}
	Presencia de un fenómeno climatológico o desastre natural (sismo, huracán, deslave, etc.).	1×10^{-3}
16	Rotura del ducto de suministro de gas natural.	3.7×10^{-3}
	Costura defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
	Metal defectuoso de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}
	Soldadura circunferencial defectuosa de las tuberías que conforman la ERM.	1×10^{-3}

Ver en **Anexo 12. Árboles de Falla.**

A partir de la identificación de Riesgos mediante Muhlbauer y HAZOP, se procedió a la determinación de los escenarios de simulación considerando los tramos de mayor riesgo y las fallas de mayor riesgo identificadas en el HAZOP, por tal motivo, los escenarios de riesgo propuestos fueron los siguientes:

Tabla 38 Escenarios de Riesgo.

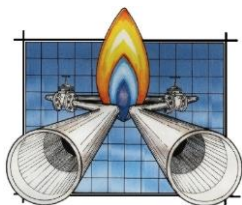
No.	Descripción
1	Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 4" que alimenta a la Estación de Regulación (ER) Texcoco 1 (Tipo 1), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.
2	Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 2" que alimenta a la Estación de Regulación (ER) Puerta Texcoco (Tipo 2), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.
3	Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 4" que alimenta a la Estación de Regulación (ER) Valle de Chalco (Tipo 3), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.
4	Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 2" que alimenta a la Estación de Regulación (ER) Plaza Sendero (Tipo 4), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.
5	Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 3" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Evafoam (Tipo 1), a causa de



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

I

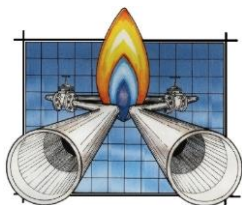
No.	Descripción
	actos vandálicos y/o terrorismo.
6	Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 3" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Grupo Poseidón (Tipo 2), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.
7	Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 2" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Clavos Nacionales (Tipo 3), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.
8	Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 3" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Telas Cataluña (Tipo 4), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.
9	Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 2" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Profina (Tipo 5), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.
10	Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 4" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Vitropar (Tipo 6), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.
11	Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 4" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Pinfra (Tipo 7), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.
12	Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 4" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Papeles Ultra (Tipo 8), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.
13	Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 3" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Espumados Chávez (Tipo 9), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.
14	Tubería de 10 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm ² (300 psig).
15	Tubería de 10 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm ² (300 psig).
16	Tubería de 8 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm ² (300 psig).
17	Tubería de 6 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm ² (300 psig).
18	Tubería de 4 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm ² (300 psig).
19	Tubería de 3 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm ² (300 psig).
20	Tubería de 2 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm ² (300 psig).



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
Estado de México

I

No.	Descripción
21	Tubería de 10 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 7 kg/cm ² (100 psig).
22	Tubería de 8 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 7 kg/cm ² (100 psig).
23	Tubería de 6 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 7 kg/cm ² (100 psig).
24	Tubería de 4 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 7 kg/cm ² (100 psig).
25	Tubería de 3 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 7 kg/cm ² (100 psig).
26	Tubería de 2 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 7 kg/cm ² (100 psig).

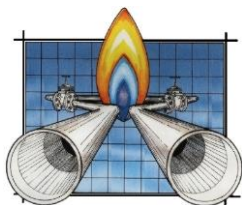


Índice

II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.	2
II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN	2
II.1.1 Descripción de los Escenarios.	5
II.1.2 Representación gráfica de los Radios de afectación.....	45
II.2 INTERACCIONES DE RIESGO	46
II.2.1 Medidas Preventivas y sistemas de seguridad orientados a reducir la ocurrencia de los escenarios de riesgo.	70
II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL	86

Índice de Tablas

Tabla 1 Efectos de la Radiación Térmica.	4
Tabla 2 Efectos por sobrepresión.	5
Tabla 3 Criterios para el análisis de consecuencias.	5
Tabla 4 Medidas preventivas y de seguridad para prevenir la ocurrencia de los escenarios identificados... ..	70
Tabla 5 Efectos sobre el SAR por la generación de un Jet Fire (1 de 2).	86
Tabla 6 Efectos sobre el SAR por la generación de un Jet Fire (2 de 2).	87
Tabla 7 Efectos sobre el SAR por la generación de una explosión no confinada (1 de 2).	88
Tabla 8 Efectos sobre el SAR por la generación de una explosión no confinada (2 de 2).	89



II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.

II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

Por la naturaleza de las actividades que realiza la empresa, se tienen riesgos potenciales en todas las secciones y componentes que constituyen la red de distribución. En todo el sistema existen una serie de uniones, accesorios y equipos que pueden llegar a fallar bajo determinadas circunstancias y dado que están sometidas a presión interna positiva, en caso de fallas la emisión del gas natural a la atmósfera es inmediata.

Una fuga procedente de las tuberías, equipos y accesorios, deriva en el traslado de una masa de gas a través de la atmósfera en forma de una nube limitada geométricamente o de una pluma gaseosa, con un punto de escape y una masa extendida en la dirección del viento y con la distribución de distintas concentraciones en su interior.

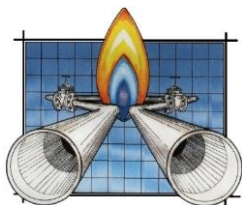
Ambas formas de emisión, están sometidas a un grado creciente de dilución en el aire que hace que las concentraciones en la nube o en la pluma vayan disminuyendo conforme transcurre el tiempo y se alejan del punto de emisión. El grado de dilución depende de varios factores siendo los más relevantes la cantidad de material emitida, la densidad de la nube de gas, la estabilidad de la atmósfera y la altura del punto de emisión.

La evaluación de los riesgos a través de los escenarios más probables junto a la simulación de los eventos máximos definidos con el software SCRI Fuego Versión 2.1, permite determinar las áreas potencialmente vulnerables, de tal manera que se generen recomendaciones para evitar la ocurrencia del evento o contar con la protección adecuada en caso de que este ocurra. Para las actividades de operación y mantenimiento de la red de distribución de gas natural, se han identificado los escenarios de riesgo potencial, los cuales involucran eventos por incendio que a su vez podrían desencadenar una explosión.

Modelación de Explosiones (Sobrepresión).

Para realizar las simulaciones de los efectos por sobrepresiones en los escenarios definidos para el presente estudio se utilizó el modelo SCRI Fuego en la versión 1.4, el cual es un conjunto de herramientas, para simular en computadora; emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y daños por nubes explosivas, para estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal, en el manejo de situaciones de emergencia.

Si partimos de la premisa que una explosión se caracteriza por la liberación repentina de energía que produce un área momentánea de alta presión en el medio ambiente, entonces la emisión de energía y la disipación de la energía hacia el medio ambiente debe ocurrir muy rápido a fin de que el evento sea clasificado como explosión.



El efecto de una explosión se debe a la disipación de la energía liberada y una gran parte de la energía liberada se transforma en un incremento de presión en la atmósfera (sobrepresión explosiva).

Modelación de incendio.

Este modelo calcula y proporciona los radios de la zona en donde el fuego provoca quemaduras a personas sin protección, dichos radios están dados en dos escalas que determinan quemaduras letales para el radio que delimita los 9.5 kW/m^2 y quemaduras de segundo grado para el radio que marca los 5 kW/m^2 de radiación. El modelo trabaja con los siguientes parámetros del gas natural:

- Peso molecular,
- Gravedad específica,
- Temperatura,
- Área del incendio.

El modelo asume que la velocidad del viento es insuficiente, como para mantener un área circular de fuego y que las personas expuestas no están protegidas completamente contra los efectos de la radiación térmica por el uso de cualquier ropa.

Límites para definición de las áreas de riesgo y amortiguamiento.

Para la radiación térmica y las sobrepresiones se cuenta con los siguientes valores definidos por el Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAT.

Inflamabilidad (radiación térmica).

- Zona de alto riesgo: 5 kW/m^2 (Kilowatt por metro cuadrado),
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 1.4 kW/m^2 (Kilowatt por metro cuadrado).

Explosividad (sobrepresión).

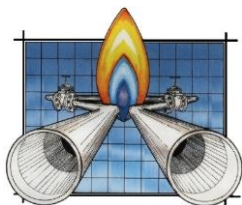
- Zona de alto riesgo: 1 lb/plg^2 (Libras por pulgada cuadrada),
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 0.5 lb/plg^2 (Libras por pulgada cuadrada).

Una evaluación del riesgo sólo queda completa si se conocen las consecuencias de un accidente por muy eventual que sea. Por este motivo, la última etapa de una evaluación de riesgo consiste en analizar las consecuencias de un accidente potencial importante en la red de distribución de gas natural y su efecto en las inmediaciones de la instalación y en el medio ambiente.

El análisis de consecuencias busca determinar la magnitud de las consecuencias de un incidente peligroso, esto es, un acontecimiento que por lo general ocurre sin advertencia, durante un periodo corto y con efectos potencialmente serios en personas y propiedades.

En la práctica, el análisis de consecuencias atiende los siguientes factores:

- Término de la fuente,
- Dispersión,



- Efecto.

Factores de mitigación.

Término de la fuente. Es la evaluación de las características de la liberación peligrosa inicial, y es la base sobre la cual se construye el resto de la secuencia del análisis.

Dispersión. Los modelos de dispersión se aplican a escenarios de liberaciones al aire y se clasifican en términos de la diferencia en densidad entre el material liberado y la atmósfera.

Fuego y explosión. Se hace énfasis en peligros provenientes de liberaciones que causan radiación térmica e impactos de presión para poder estimar los efectos de éstos en personas y materiales.

Factores de mitigación. Estos modelos analizan datos para sistemas de aislamiento, barreras, procedimientos de evacuación y acciones evasivas durante accidentes.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición.

La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que sienta dolor.

Para evaluar los efectos en un incendio, se tomarán como base los datos indicados en la siguiente tabla:

Tabla 1 Efectos de la Radiación Térmica.

Intensidad (kW/m ²)	Efectos
37.5	Suficiente para causar daños en materiales,
25	Energía mínima para ignición de madera en una exposición indefinida,
12.5	Energía mínima para ignición de madera, fusión de tubería plástica,
9.5	Umbral de dolor alcanzado después de 8 segundos, quemaduras de segundo grado después de 20 segundos,
4	Suficiente para causar dolor a personas si no se resguarda después de 20 segundos; posibles quemaduras de segundo grado
1.6	No causará incomodidad en exposiciones prolongadas.

FUENTE: Chemical Process Quantitative Risk Analysis, CCPS, 1989.

Los efectos producidos por una explosión, se generan a través de una serie de ondas expansivas, de tal forma que las ondas de mayor presión están situadas formando una circunferencia cercana al centro de la nube y las de menor presión se sitúan en circunferencias de diámetros mayores. La tabla siguiente muestra la relación entre la sobrepresión y el tipo de daño asociado.

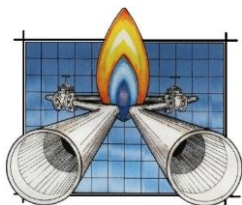


Tabla 2 Efectos por sobrepresión.

Sobrepresión		Efectos
kPa	psi	
0.7 a 1	0.1 a 0.15	Cristales rotos (5%).
1.4 a 3	0.2 a 0.44	Cristales rotos (50%).
3 a 6	0.44 a 0.87	Cristales rotos (90%).
3 a 5	0.44 a 0.73	Tejas desplazadas.
6 a 9	0.87 a 1.31	Marcos de puertas y ventanas rotos.
14 a 28	2.03 a 4.06	Caída parcial de casas.
35 a 80	5.08 a 11.6	50% a 75% destrucción de casas.
80 a 260	11.6 a 37.71	Demolición completa.

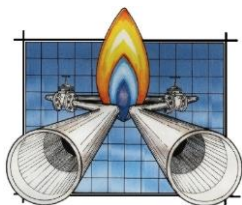
II.1.1 Descripción de los Escenarios.

Los parámetros utilizados para realizar las simulaciones, fueron en base a lo establecido por la guía SEMARNAT, así mismo, las condiciones ambientales consideradas fueron tomadas de la Guía COMERI 144 rev 1.

Tabla 3 Criterios para el análisis de consecuencias.

	TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)	EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESIÓN)
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m ² o 1 500 BTU/Pie ² h	1 psi (lb/plg ²)
Zona de Amortiguamiento	TLV ₈ o TLV ₁₅	1.4 KW/m ² o 440 BTU/Pie ² h	0.5 psi (lb/plg ²)

Los escenarios que se describen a continuación, corresponden a fugas de gas que alcanzan una fuente de ignición (JET FIRE) y sobrepresión provocada por nubes explosivas, en algunos puntos de la trayectoria de la red de distribución, principalmente.



Escenario 1. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 4" que alimenta a la Estación de Regulación (ER) Texcoco 1 (Tipo 1), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 15 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la City Gate mediante el sistema TALON y SCADA vía remota las 24 hrs.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0203 m para la rotura al 20%.

Escenarios hipotéticos.

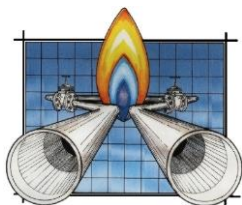
- El Gas Natural que se escapa por la apertura de la válvula, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de la electricidad estática existente en la instalación, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura del ducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 300 psig (2059.4 kPa que es la presión máxima de entrada a la ER),
- Altura de la fuente de emisión: 1 m.

Resultados de las Simulaciones:

No. de Falla	No. de Evento	Cantidad hipotética liberada		Zona de Alto Riesgo Distancia (m)	Zona de Amortiguamiento Distancia (m)
		Cantidad	Unidad		
1	1.1	17.86	Kg/s	84.50	122.30
1	1.2	1 071.60	Kg	188.93	321.15
1	1.3	0.71	Kg/s	12.44	18.22
1	1.4	42.60	Kg	64.48	109.61



Escenario 2. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 2" que alimenta a la Estación de Regulación (ER) Puerta Texcoco (Tipo 2), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 15 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la City Gate mediante el sistema TALON y SCADA vía remota las 24 hrs.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0101 m para la rotura al 20%.

Escenarios hipotéticos.

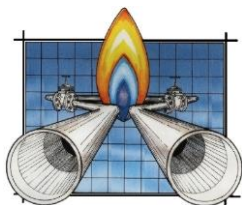
- El Gas Natural que se escapa por la apertura de la válvula, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de la electricidad estática existente en la instalación, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura del ducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 300 psig (2059.4 kPa que es la presión máxima de entrada a la ER),
- Altura de la fuente de emisión: 1 m.

RESULTADOS DE SIMULACIONES

No. de Falla	No. de Evento	Cantidad hipotética liberada		Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
		Cantidad	Unidad	Distancia (m)	Distancia (m)
2	2.1	4.46	Kg/s	43.48	62.97
2	2.2	267.60	Kg	118.98	202.24
2	2.3	0.18	Kg/s	6.28	9.29
2	2.4	10.80	Kg	40.81	69.37



Escenario 3. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 4" que alimenta a la Estación de Regulación (ER) Valle de Chalco (Tipo 3), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 15 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la City Gate mediante el sistema TALON y SCADA vía remota las 24 hrs.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0203 m para la rotura al 20%.

Escenarios hipotéticos.

- El Gas Natural que se escapa por la apertura de la válvula, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de la electricidad estática existente en la instalación, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura del ducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

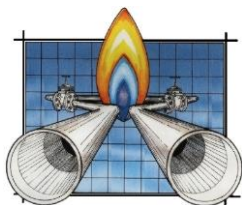
Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 300 psig (2059.4 kPa que es la presión máxima de entrada a la ER),
- Altura de la fuente de emisión: 1 m.

RESULTADOS DE SIMULACIONES

No. de Falla	No. de Evento	Cantidad hipotética liberada		Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
		Cantidad	Unidad	Distancia (m)	Distancia (m)
3	3.1	17.86	Kg/s	84.50	122.30
3	3.2	1 071.60	Kg	188.93	321.15
3	3.3	0.71	Kg/s	12.44	18.22
3	3.4	42.60	Kg	64.48	109.61

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 4. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 2” que alimenta a la Estación de Regulación (ER) Plaza Sendero (Tipo 4), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 15 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la City Gate mediante el sistema TALON y SCADA vía remota las 24 hrs.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0101 m para la rotura al 20%.

Escenarios hipotéticos.

- El Gas Natural que se escapa por la apertura de la válvula, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de la electricidad estática existente en la instalación, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura del ducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

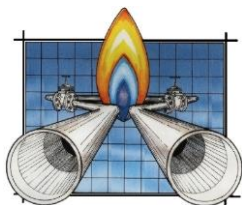
Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 300 psig (2059.4 kPa que es la presión máxima de entrada a la ER),
- Altura de la fuente de emisión: 1 m.

RESULTADOS DE SIMULACIONES

No. de Falla	No. de Evento	Cantidad hipotética liberada		Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
		Cantidad	Unidad	Distancia (m)	Distancia (m)
4	4.1	4.46	Kg/s	43.48	62.97
4	4.2	267.60	Kg	118.98	202.24
4	4.3	0.18	Kg/s	6.28	9.29
4	4.4	10.80	Kg	40.81	69.37

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 5. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 3” que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Evafoam (Tipo 1), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 15 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la City Gate mediante el sistema TALON y SCADA vía remota las 24 hrs.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0152 m para la rotura al 20%.

Escenarios hipotéticos.

- El Gas Natural que se escapa por la apertura de la válvula, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de la electricidad estática existente en la instalación, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura del ducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

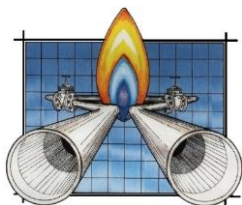
Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 100 psig (689.48 kPa que es la presión máxima de entrada a la ER),
- Altura de la fuente de emisión: 1 m.

RESULTADOS DE SIMULACIONES

No. de Falla	No. de Evento	Cantidad hipotética liberada		Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
		Cantidad	Unidad	Distancia (m)	Distancia (m)
5	5.1	3.36	Kg/s	37.29	54.51
5	5.2	201.60	Kg	108.26	184.02
5	5.3	0.13	Kg/s	5.15	7.89
5	5.4	7.80	Kg	36.62	62.24

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 6. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 3" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Grupo Poseidón (Tipo 2), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 15 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la City Gate mediante el sistema TALON y SCADA vía remota las 24 hrs.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0152 m para la rotura al 20%.

Escenarios hipotéticos.

- El Gas Natural que se escapa por la apertura de la válvula, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de la electricidad estática existente en la instalación, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura del ducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

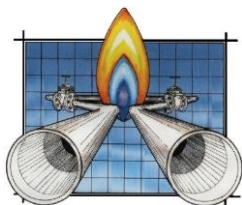
Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 100 psig (689.48 kPa que es la presión máxima de entrada a la ER),
- Altura de la fuente de emisión: 1 m.

RESULTADOS DE SIMULACIONES

No. de Falla	No. de Evento	Cantidad hipotética liberada		Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
		Cantidad	Unidad	Distancia (m)	Distancia (m)
6	6.1	3.36	Kg/s	37.29	54.51
6	6.2	201.60	Kg	108.26	184.02
6	6.3	0.13	Kg/s	5.15	7.89
6	6.4	7.80	Kg	36.62	62.24

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 7. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 2” que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Clavos Nacionales (Tipo 3), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 15 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la City Gate mediante el sistema TALON y SCADA vía remota las 24 hrs.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0101 m para la rotura al 20%.

Escenarios hipotéticos.

- El Gas Natural que se escapa por la apertura de la válvula, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de la electricidad estática existente en la instalación, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura del ducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

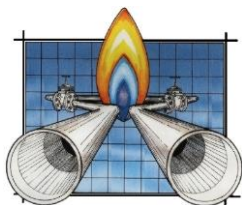
Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 300 psig (2059.4 kPa que es la presión máxima de entrada a la ER),
- Altura de la fuente de emisión: 1 m.

RESULTADOS DE SIMULACIONES

No. de Falla	No. de Evento	Cantidad hipotética liberada		Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
		Cantidad	Unidad	Distancia (m)	Distancia (m)
7	7.1	4.46	Kg/s	43.48	62.97
7	7.2	267.60	Kg	118.98	202.24
7	7.3	0.18	Kg/s	6.28	9.29
7	7.4	10.80	Kg	40.81	69.37

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 8. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 3" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Telas Cataluña (Tipo 4), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 15 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la City Gate mediante el sistema TALON y SCADA vía remota las 24 hrs.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0152 m para la rotura al 20%.

Escenarios hipotéticos.

- El Gas Natural que se escapa por la apertura de la válvula, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de la electricidad estática existente en la instalación, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura del ducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

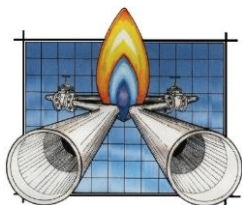
Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 300 psig (2059.4 kPa que es la presión máxima de entrada a la ER),
- Altura de la fuente de emisión: 1 m.

RESULTADOS DE SIMULACIONES

No. de Falla	No. de Evento	Cantidad hipotética liberada		Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
		Cantidad	Unidad	Distancia (m)	Distancia (m)
8	8.1	10.05	Kg/s	64.14	92.85
8	8.2	603.00	Kg	155.98	265.14
8	8.3	0.40	Kg/s	9.39	13.79
8	8.4	24.00	Kg	53.26	90.53

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 9. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 2” que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Profina (Tipo 5), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 15 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la City Gate mediante el sistema TALON y SCADA vía remota las 24 hrs.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0101 m para la rotura al 20%.

Escenarios hipotéticos.

- El Gas Natural que se escapa por la apertura de la válvula, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de la electricidad estática existente en la instalación, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura del ducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

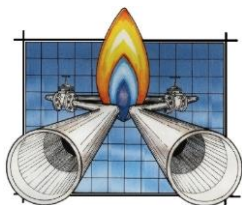
Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 71.12 psig (490.36 kPa que es la presión máxima de entrada a la ER),
- Altura de la fuente de emisión: 1 m.

RESULTADOS DE SIMULACIONES

No. de Falla	No. de Evento	Cantidad hipotética liberada		Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
		Cantidad	Unidad	Distancia (m)	Distancia (m)
9	9.1	1.06	Kg/s	21.17	31.20
9	9.2	63.60	Kg	73.70	125.27
9	9.3	0.04	Kg/s	2.60	4.32
9	9.4	2.40	Kg	24.72	42.02

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 10. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 4" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Vitropar (Tipo 6), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 15 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la City Gate mediante el sistema TALON y SCADA vía remota las 24 hrs.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0203 m para la rotura al 20%.

Escenarios hipotéticos.

- El Gas Natural que se escapa por la apertura de la válvula, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de la electricidad estática existente en la instalación, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura del ducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

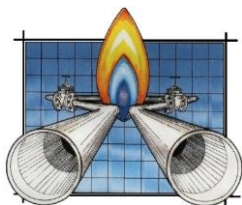
Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 78.22 psig (539.17 kPa que es la presión máxima de entrada a la ER),
- Altura de la fuente de emisión: 1 m.

RESULTADOS DE SIMULACIONES

No. de Falla	No. de Evento	Cantidad hipotética liberada		Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
		Cantidad	Unidad	Distancia (m)	Distancia (m)
10	10.1	4.68	Kg/s	43.36	63.63
10	10.2	280.80	Kg	120.90	205.51
10	10.3	0.19	Kg/s	5.98	9.21
10	10.4	11.40	Kg	41.55	70.63

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 11. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 4" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Pinfra (Tipo 7), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 15 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la City Gate mediante el sistema TALON y SCADA vía remota las 24 hrs.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0203 m para la rotura al 20%.

Escenarios hipotéticos.

- El Gas Natural que se escapa por la apertura de la válvula, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de la electricidad estática existente en la instalación, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura del ducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

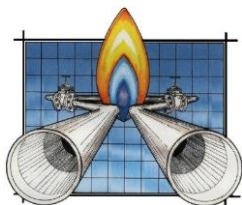
Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 300 psig (2059.4 kPa que es la presión máxima de entrada a la ER),
- Altura de la fuente de emisión: 1 m.

RESULTADOS DE SIMULACIONES

No. de Falla	No. de Evento	Cantidad hipotética liberada		Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
		Cantidad	Unidad	Distancia (m)	Distancia (m)
11	11.1	17.86	Kg/s	84.50	122.30
11	11.2	1 071.60	Kg	188.93	321.15
11	11.3	0.71	Kg/s	12.44	18.22
11	11.4	42.60	Kg	64.48	109.61

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 12. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 4" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Papeles Ultra (Tipo 8), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 15 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la City Gate mediante el sistema TALON y SCADA vía remota las 24 hrs.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0203 m para la rotura al 20%.

Escenarios hipotéticos.

- El Gas Natural que se escapa por la apertura de la válvula, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de la electricidad estática existente en la instalación, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura del ducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

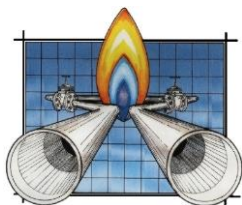
Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 300 psig (2059.4 kPa que es la presión máxima de entrada a la ER),
- Altura de la fuente de emisión: 1 m.

RESULTADOS DE SIMULACIONES

No. de Falla	No. de Evento	Cantidad hipotética liberada		Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
		Cantidad	Unidad	Distancia (m)	Distancia (m)
12	12.1	17.86	Kg/s	84.50	122.30
12	12.2	1 071.60	Kg	188.93	321.15
12	12.3	0.71	Kg/s	12.44	18.22
12	12.4	42.60	Kg	64.48	109.61

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 13. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 3” que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Espumados Chávez (Tipo 9), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 15 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la City Gate mediante el sistema TALON y SCADA vía remota las 24 hrs.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0152 m para la rotura al 20%.

Escenarios hipotéticos.

- El Gas Natural que se escapa por la apertura de la válvula, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de la electricidad estática existente en la instalación, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura del ducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

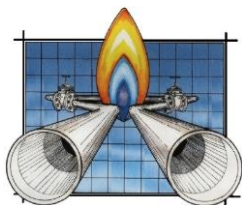
Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 100 psig (689.48 kPa que es la presión máxima de entrada a la ER),
- Altura de la fuente de emisión: 1 m.

RESULTADOS DE SIMULACIONES

No. de Falla	No. de Evento	Cantidad hipotética liberada		Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
		Cantidad	Unidad	Distancia (m)	Distancia (m)
13	13.1	3.36	Kg/s	37.29	54.51
13	13.2	201.60	Kg	108.26	184.02
13	13.3	0.13	Kg/s	5.15	7.89
13	13.4	7.80	Kg	36.62	62.24

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 14. Tubería de 10 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm² (300 psig).

Ocurre una fuga de gas natural en la tubería de 10"Ø, debido a la rotura diametral del 100% (para el evento más catastrófico) y del 20% (para el evento más probable), a causa de daños provocados por terceros (**vandalismo, terrorismo y/o afectaciones por maquinaria pesada**), lo cual provoca que se fugue el gas natural durante un periodo de tiempo hasta entrar en contacto con una fuente de ignición.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 30 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la red de distribución y activa el cierre de las válvulas de seccionamiento para aislar el tramo afectado; lo anterior ya que el sistema estará inspeccionado vía remota las 24 hrs. mediante sistema TALON y SCADA en la City Gate.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.254 m para la rotura del 100%.
- El diámetro del orificio es de 0.0508 m para la rotura del 20%

Escenarios hipotéticos.

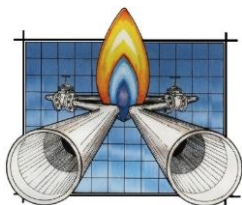
- El Gas Natural que se escapa por la rotura diametral, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de un chispazo generado por un vehículo que transita por la zona, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 300 psig (2 059.4 kPa),
- Altura de la fuente de emisión: 0 m.

Resultados de Fuga en rotura al 100%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	111.62 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	6 697.2 kg



Resultados de Fuga en rotura al 20%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	4.46 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	267.6 kg

Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la rotura del gasoducto, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro:

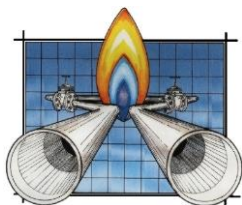
Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 14. Rotura del gasoducto de 10" D.N. AC

Radiación (kW/m ²)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
5	109.23	23.31
1.4	205.44	43.98

Radios de afectación por Sobrepresión en el Escenario 14. Rotura del gasoducto de 10" D.N. AC

Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
1	348.01	118.98
0.5	591.56	202.24

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 15. Tubería de 10 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm² (300 psig).

Ocurre una fuga de gas natural en la tubería de 10"Ø, debido a la rotura diametral del 100% (para el evento más catastrófico) y del 20% (para el evento más probable), a causa de daños provocados por terceros (**vandalismo, terrorismo y/o afectaciones por maquinaria pesada**), lo cual provoca que se fugue el gas natural durante un periodo de tiempo hasta entrar en contacto con una fuente de ignición.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 30 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la red de distribución y activa el cierre de las válvulas de seccionamiento para aislar el tramo afectado; lo anterior ya que el sistema estará inspeccionado vía remota las 24 hrs. mediante sistema TALON y SCADA en la City Gate.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.254 m para la rotura del 100%.
- El diámetro del orificio es de 0.0508 m para la rotura del 20%

Escenarios hipotéticos.

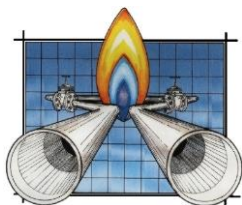
- El Gas Natural que se escapa por la rotura diametral, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de un chispazo generado por un vehículo que transita por la zona, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 300 psig (2 059.4 kPa),
- Altura de la fuente de emisión: 0 m.

Resultados de Fuga en rotura al 100%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	111.62 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	6 697.2 kg



Resultados de Fuga en rotura al 20%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	4.46 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	267.6 kg

Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la rotura del gasoducto, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro:

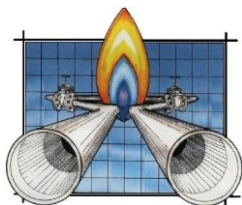
Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 15. Rotura del gasoducto de 10" D.N. AC

Radiación (kW/m ²)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
5	109.23	23.31
1.4	205.44	43.98

Radios de afectación por Sobrepresión en el Escenario 15. Rotura del gasoducto de 10" D.N. AC

Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
1	348.01	118.98
0.5	591.56	202.24

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 16. Tubería de 8 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm² (300 psig).

Ocurre una fuga de gas natural en la tubería de 8"Ø, debido a la rotura diametral del 100% (para el evento más catastrófico) y del 20% (para el evento más probable), a causa de daños provocados por terceros (**vandalismo, terrorismo y/o afectaciones por maquinaria pesada**), lo cual provoca que se fugue el gas natural durante un periodo de tiempo hasta entrar en contacto con una fuente de ignición.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 30 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la red de distribución y activa el cierre de las válvulas de seccionamiento para aislar el tramo afectado; lo anterior ya que el sistema estará inspeccionado vía remota las 24 hrs. mediante sistema TALON y SCADA en la City Gate.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.2032 m para la rotura del 100%.
- El diámetro del orificio es de 0.0406 m para la rotura del 20%

Escenarios hipotéticos.

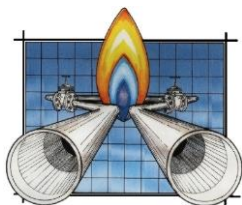
- El Gas Natural que se escapa por la rotura diametral, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de un chispazo generado por un vehículo que transita por la zona, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 300 psig (2 059.4 kPa),
- Altura de la fuente de emisión: 0 m.

Resultados de Fuga en rotura al 100%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	71.43 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	4 285.8 kg



Resultados de Fuga en rotura al 20%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	2.86 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	171.6 kg

Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la rotura del gasoducto, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro:

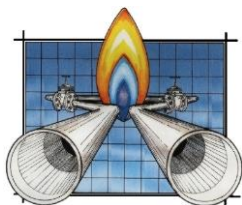
Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 16. Rotura del gasoducto de 8" D.N. AC

Radiación (kW/m ²)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
5	88.23	18.78
1.4	165.94	35.50

Radios de afectación por Sobrepresión en el Escenario 16. Rotura del gasoducto de 8" D.N. AC

Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
1	299.90	102.60
0.5	509.78	174.40

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 17. Tubería de 6 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm² (300 psig).

Ocurre una fuga de gas natural en la tubería de 6"Ø, debido a la rotura diametral del 100% (para el evento más catastrófico) y del 20% (para el evento más probable), a causa de daños provocados por terceros (**vandalismo, terrorismo y/o afectaciones por maquinaria pesada**), lo cual provoca que se fugue el gas natural durante un periodo de tiempo hasta entrar en contacto con una fuente de ignición.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 30 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la red de distribución y activa el cierre de las válvulas de seccionamiento para aislar el tramo afectado; lo anterior ya que el sistema estará inspeccionado vía remota las 24 hrs. mediante sistema TALON y SCADA en la City Gate.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.1524 m para la rotura del 100%.
- El diámetro del orificio es de 0.0304 m para la rotura del 20%

Escenarios hipotéticos.

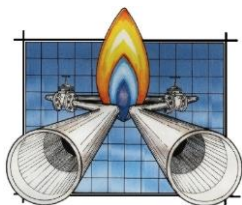
- El Gas Natural que se escapa por la rotura diametral, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de un chispazo generado por un vehículo que transita por la zona, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 300 psig (2 059.4 kPa),
- Altura de la fuente de emisión: 0 m.

Resultados de Fuga en rotura al 100%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	40.18 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	2 410.8 kg



Resultados de Fuga en rotura al 20%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	1.61 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	96.6 kg

Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la rotura del gasoducto, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro:

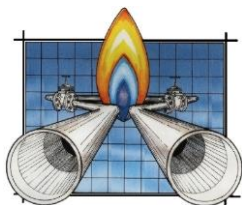
Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 17. Rotura del gasoducto de 6" D.N. AC

Radiación (kW/m ²)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
5	66.99	14.20
1.4	126.00	26.92

Radios de afectación por Sobrepresión en el Escenario 17. Rotura del gasoducto de 6" D.N. AC

Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
1	247.56	102.60
0.5	420.81	174.40

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 18. Tubería de 4 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm² (300 psig).

Ocurre una fuga de gas natural en la tubería de 4"Ø, debido a la rotura diametral del 100% (para el evento más catastrófico) y del 20% (para el evento más probable), a causa de daños provocados por terceros (**vandalismo, terrorismo y/o afectaciones por maquinaria pesada**), lo cual provoca que se fugue el gas natural durante un periodo de tiempo hasta entrar en contacto con una fuente de ignición.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 30 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la red de distribución y activa el cierre de las válvulas de seccionamiento para aislar el tramo afectado; lo anterior ya que el sistema estará inspeccionado vía remota las 24 hrs. mediante sistema TALON y SCADA en la City Gate.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.1016 m para la rotura del 100%.
- El diámetro del orificio es de 0.0203 m para la rotura del 20%

Escenarios hipotéticos.

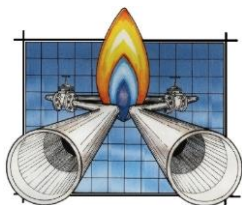
- El Gas Natural que se escapa por la rotura diametral, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de un chispazo generado por un vehículo que transita por la zona, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 300 psig (2 059.4 kPa),
- Altura de la fuente de emisión: 0 m.

Resultados de Fuga en rotura al 100%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	17.86 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	1 071.6 kg



Resultados de Fuga en rotura al 20%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	0.71 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	42.6 kg

Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la rotura del gasoducto, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro:

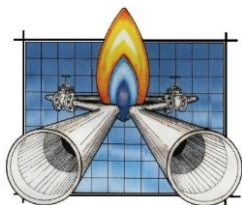
Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 18. Rotura del gasoducto de 4" D.N.
AC

Radiación (kW/m ²)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
5	45.41	9.55
1.4	85.46	18.22

Radios de afectación por Sobrepresión en el Escenario 18. Rotura del gasoducto de 4" D.N. AC

Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
1	188.93	64.48
0.5	321.15	109.61

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 19. Tubería de 3 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100%, operando a 21 kg/cm² (300 psig).

Ocurre una fuga de gas natural en la tubería de 3"Ø, debido a la rotura diametral del 100% (para el evento más catastrófico) a causa de daños provocados por terceros (**vandalismo, terrorismo y/o afectaciones por maquinaria pesada**), lo cual provoca que se fugue el gas natural durante un periodo de tiempo hasta entrar en contacto con una fuente de ignición.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 30 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la red de distribución y activa el cierre de las válvulas de seccionamiento para aislar el tramo afectado; lo anterior ya que el sistema estará inspeccionado vía remota las 24 hrs. mediante sistema TALON y SCADA en la City Gate.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0762 m para la rotura del 100%.

Escenarios hipotéticos.

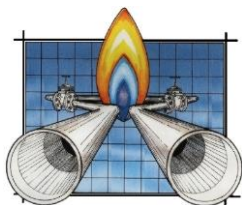
- El Gas Natural que se escapa por la rotura diametral, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de un chispazo generado por un vehículo que transita por la zona, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 300 psig (2 059.4 kPa),
- Altura de la fuente de emisión: 0 m.

Resultados de Fuga en rotura al 100%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	10.05 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	603 kg



Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la rotura del gasoducto, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro:

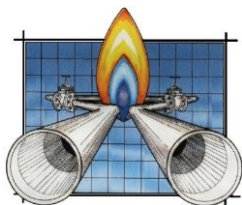
Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 19. Rotura del gasoducto de 3” D.N. AC

Radiación (kW/m ²)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%
5	34.44
1.4	64.87

Radios de afectación por Sobrepresión en el Escenario 19. Rotura del gasoducto de 3” D.N. AC

Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%
1	155.98
0.5	265.14

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 20. Tubería de 2 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100%, operando a 21 kg/cm² (300 psig).

Ocurre una fuga de gas natural en la tubería de 2"Ø, debido a la rotura diametral del 100% (para el evento más catastrófico) y del 20% (para el evento más probable), a causa de daños provocados por terceros (**vandalismo, terrorismo y/o afectaciones por maquinaria pesada**), lo cual provoca que se fugue el gas natural durante un periodo de tiempo hasta entrar en contacto con una fuente de ignición.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 30 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la red de distribución y activa el cierre de las válvulas de seccionamiento para aislar el tramo afectado; lo anterior ya que el sistema estará inspeccionado vía remota las 24 hrs. mediante sistema TALON y SCADA en la City Gate.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0508 m para la rotura del 100%.

Escenarios hipotéticos.

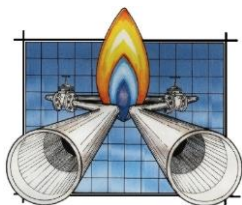
- El Gas Natural que se escapa por la rotura diametral, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de un chispazo generado por un vehículo que transita por la zona, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 300 psig (2 059.4 kPa),
- Altura de la fuente de emisión: 0 m.

Resultados de Fuga en rotura al 100%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	4.46 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	267.6 kg



Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la rotura del gasoducto, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro:

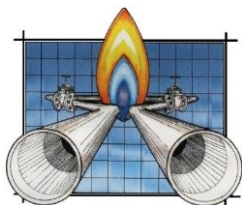
Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 20. Rotura del gasoducto de 2” D.N. AC

Radiación (kW/m ²)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%
5	23.31
1.4	43.98

Radios de afectación por Sobrepresión en el Escenario 20. Rotura del gasoducto de 2” D.N. AC

Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%
1	118.98
0.5	202.24

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 21. Tubería de 10 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 7 kg/cm² (100 psig).

Ocurre una fuga de gas natural en la tubería de 8"Ø, debido a la rotura diametral del 100% (para el evento más catastrófico) y del 20% (para el evento más probable), a causa de daños provocados por terceros (**vandalismo, terrorismo y/o afectaciones por maquinaria pesada**), lo cual provoca que se fugue el gas natural durante un periodo de tiempo hasta entrar en contacto con una fuente de ignición.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 30 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la red de distribución y activa el cierre de las válvulas de seccionamiento para aislar el tramo afectado; lo anterior ya que el sistema estará inspeccionado vía remota las 24 hrs. mediante sistema TALON y SCADA en la City Gate.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.254 m para la rotura del 100%.
- El diámetro del orificio es de 0.0508 m para la rotura del 20%

Escenarios hipotéticos.

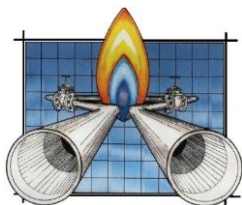
- El Gas Natural que se escapa por la rotura diametral, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de un chispazo generado por un vehículo que transita por la zona, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 100 psig (686.90 kPa),
- Altura de la fuente de emisión: 0 m.

Resultados de Fuga en rotura al 100%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	37.23 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	2 233. kg



Resultados de Fuga en rotura al 20%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	1.49 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	89.4 kg

Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la rotura del gasoducto, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro:

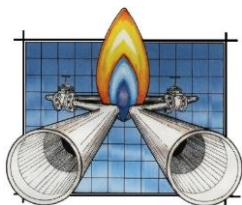
Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 21. Rotura del gasoducto de 10" D.N. PE

Radiación (kW/m ²)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
5	118.22	25.42
1.4	172.52	37.03

Radios de afectación por Sobrepresión en el Escenario 21. Rotura del gasoducto de 10" D.N. PE

Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
1	241.35	82.55
0.5	410.25	140.33

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 22. Tubería de 8 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 7 kg/cm² (100 psig).

Ocurre una fuga de gas natural en la tubería de 8"Ø, debido a la rotura diametral del 100% (para el evento más catastrófico) y del 20% (para el evento más probable), a causa de daños provocados por terceros (**vandalismo, terrorismo y/o afectaciones por maquinaria pesada**), lo cual provoca que se fugue el gas natural durante un periodo de tiempo hasta entrar en contacto con una fuente de ignición.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 30 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la red de distribución y activa el cierre de las válvulas de seccionamiento para aislar el tramo afectado; lo anterior ya que el sistema estará inspeccionado vía remota las 24 hrs. mediante sistema TALON y SCADA en la City Gate.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.2032 m para la rotura del 100%.
- El diámetro del orificio es de 0.0406 m para la rotura del 20%

Escenarios hipotéticos.

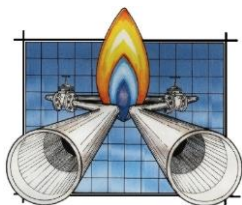
- El Gas Natural que se escapa por la rotura diametral, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de un chispazo generado por un vehículo que transita por la zona, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 100 psig (686.90 kPa),
- Altura de la fuente de emisión: 0 m.

Resultados de Fuga en rotura al 100%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	23.83 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	1 429.8 kg



Resultados de Fuga en rotura al 20%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	0.95 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	57 kg

Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la rotura del gasoducto, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro:

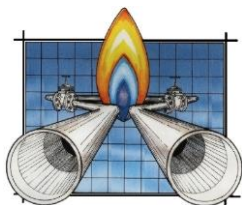
Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 22. Rotura del gasoducto de 8" D.N. PE

Radiación (kW/m ²)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
5	48.90	10.25
1.4	96.42	20.55

Radios de afectación por Sobrepresión en el Escenario 22. Rotura del gasoducto de 8" D.N. PE

Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
1	208.00	71.05
0.5	353.56	120.78

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 23. Tubería de 6 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 7 kg/cm² (100 psig).

Ocurre una fuga de gas natural en la tubería de 6"Ø, debido a la rotura diametral del 100% (para el evento más catastrófico) y del 20% (para el evento más probable), a causa de daños provocados por terceros (**vandalismo, terrorismo y/o afectaciones por maquinaria pesada**), lo cual provoca que se fugue el gas natural durante un periodo de tiempo hasta entrar en contacto con una fuente de ignición.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 30 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la red de distribución y activa el cierre de las válvulas de seccionamiento para aislar el tramo afectado; lo anterior ya que el sistema estará inspeccionado vía remota las 24 hrs. mediante sistema TALON y SCADA en la City Gate.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.1524 m para la rotura del 100%.
- El diámetro del orificio es de 0.0304 m para la rotura del 20%

Escenarios hipotéticos.

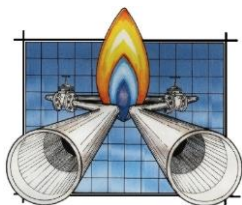
- El Gas Natural que se escapa por la rotura diametral, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de un chispazo generado por un vehículo que transita por la zona, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 100 psig (686.90 kPa),
- Altura de la fuente de emisión: 0 m.

Resultados de Fuga en rotura al 100%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	13.40 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	804 kg



Resultados de Fuga en rotura al 20%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	0.54 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	32.4 kg

Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la rotura del gasoducto, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro:

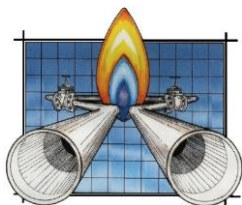
Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 23. Rotura del gasoducto de 6" D.N. PE

Radiación (kW/m ²)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
5	37.11	7.67
1.4	73.21	15.55

Radios de afectación por Sobrepresión en el Escenario 23. Rotura del gasoducto de 6" D.N. PE

Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
1	171.68	58.86
0.5	291.82	100.05

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 24. Tubería de 4 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100%, operando a 7 kg/cm² (100 psig).

Ocurre una fuga de gas natural en la tubería de 4"Ø, debido a la rotura diametral del 100% (para el evento más catastrófico) a causa de daños provocados por terceros (**vandalismo, terrorismo y/o afectaciones por maquinaria pesada**), lo cual provoca que se fugue el gas natural durante un periodo de tiempo hasta entrar en contacto con una fuente de ignición.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 30 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la red de distribución y activa el cierre de las válvulas de seccionamiento para aislar el tramo afectado; lo anterior ya que el sistema estará inspeccionado vía remota las 24 hrs. mediante sistema TALON y SCADA en la City Gate.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.1016 m para la rotura del 100%.

Escenarios hipotéticos.

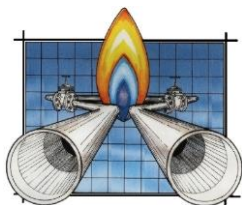
- El Gas Natural que se escapa por la rotura diametral, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de un chispazo generado por un vehículo que transita por la zona, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 100 psig (686.90 kPa),
- Altura de la fuente de emisión: 0 m.

Resultados de Fuga en rotura al 100%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	5.96 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	357.6 kg



Resultados de Fuga en rotura al 200%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	0.24 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	14.40 kg

Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la rotura del gasoducto, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro:

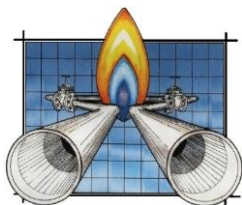
Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 24. Rotura del gasoducto de 4" D.N. PE

Radiación (kW/m ²)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
5	25.11	10.60
1.4	49.63	15.42

Radios de afectación por Sobrepresión en el Escenario 24. Rotura del gasoducto de 4" D.N. PE

Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
1	131.05	44.92
0.5	222.76	76.35

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 25. Tubería de 3 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100%, operando a 7 kg/cm² (100 psig).

Ocurre una fuga de gas natural en la tubería de 3"Ø, debido a la rotura diametral del 100% (para el evento más catastrófico) a causa de daños provocados por terceros (**vandalismo, terrorismo y/o afectaciones por maquinaria pesada**), lo cual provoca que se fugue el gas natural durante un periodo de tiempo hasta entrar en contacto con una fuente de ignición.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 30 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la red de distribución y activa el cierre de las válvulas de seccionamiento para aislar el tramo afectado; lo anterior ya que el sistema estará inspeccionado vía remota las 24 hrs. mediante sistema TALON y SCADA en la City Gate.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0762 m para la rotura del 100%.

Escenarios hipotéticos.

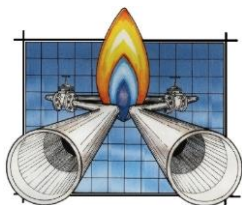
- El Gas Natural que se escapa por la rotura diametral, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de un chispazo generado por un vehículo que transita por la zona, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 100 psig (686.90 kPa),
- Altura de la fuente de emisión: 0 m.

Resultados de Fuga en rotura al 100%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	3.35 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	201 kg



Resultados de Fuga en rotura al 20%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	0.13 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	7.8 Kg

Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la rotura del gasoducto, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro:

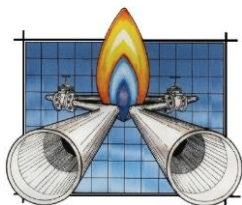
Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 25. Rotura del gasoducto de 3" D.N. PE

Radiación (kW/m ²)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
5	19.00	8.05
1.4	37.65	11.71

Radios de afectación por Sobrepresión en el Escenario 25. Rotura del gasoducto de 3" D.N. PE

Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
1	108.15	36.62
0.5	183.84	62.24

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



Escenario 26. Tubería de 2 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100%, operando a 7 kg/cm² (100 psig).

Ocurre una fuga de gas natural en la tubería de 2"Ø, debido a la rotura diametral del 100% (para el evento más catastrófico) a causa de daños provocados por terceros (**vandalismo, terrorismo y/o afectaciones por maquinaria pesada**), lo cual provoca que se fugue el gas natural durante un periodo de tiempo hasta entrar en contacto con una fuente de ignición.

Consideraciones técnicas y operacionales:

- El tiempo máximo de respuesta por parte del personal operativo para mitigar la fuga se considera de 30 minutos desde que la fuga es detectada por el personal que supervisa la red de distribución y activa el cierre de las válvulas de seccionamiento para aislar el tramo afectado; lo anterior ya que el sistema estará inspeccionado vía remota las 24 hrs. mediante sistema TALON y SCADA en la City Gate.
- El tipo de liberación de la fuga es continuo durante el tiempo que dura la fuga.
- El diámetro del orificio es de 0.0508 m para la rotura del 100%.

Escenarios hipotéticos.

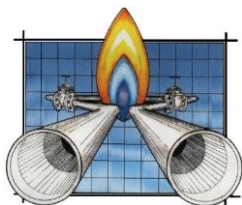
- El Gas Natural que se escapa por la rotura diametral, entra en contacto con una fuente de ignición (chispa), a causa de un chispazo generado por un vehículo que transita por la zona, lo cual causa un Chorro de Fuego (Jet Fire).
- El gas inflamable que se escapa por la rotura diametral del gasoducto, forma una atmósfera explosiva que alcanza un punto de ignición (chispa) a los 60 segundos de concentración de la nube, originando una explosión no confinada.

Condiciones ambientales y de operación.

- Temperatura del Gas en la tubería: 25°C (promedio),
- Temperatura promedio en la región: 18°C,
- Velocidad del viento: 1.5 m/s,
- Humedad relativa: 50%,
- Presión del gas en la fuga: 100 psig (686.90 kPa),
- Altura de la fuente de emisión: 0 m.

Resultados de Fuga en rotura al 100%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	1.49 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	89.4 kg



Resultados de Fuga en rotura al 0%

Fuga de Gas	Cantidad
Tasa de emisión	0.06 kg/s
Cantidad de Gas Natural fugado en un minuto	3.6 kg

Fuego y Explosión:

Una vez identificados los riesgos en un sistema, es necesario evaluar los efectos de su ocurrencia en términos de sus consecuencias hacia las personas y sus bienes materiales.

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que se sienta dolor.

La evaluación de los efectos térmicos en el escenario reporta que el gas fugado por la rotura del gasoducto, en caso de encontrar una fuente de ignición tendría los siguientes radios de afectación, considerando como tiempo de exposición 60 segundos, así los resultados son la radiación a la que se expone una persona por cada minuto que permanece frente al siniestro:

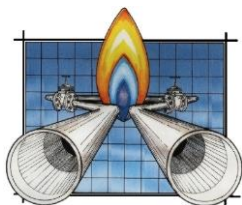
Radios de afectación por radiación térmica en el Escenario 25. Rotura del gasoducto de 2" D.N. PE

Radiación (kW/m ²)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
5	12.78	5.46
1.4	25.49	7.95

Radios de afectación por Sobrepresión en el Escenario 25. Rotura del gasoducto de 2" D.N. PE

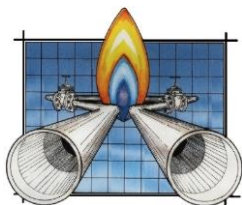
Sobrepresión (psi)	Radios de afectación (m) con rotura al 100%	Radios de afectación (m) con rotura al 20%
1	82.55	28.30
0.5	140.33	48.10

Para mayor detalle Ver Anexo 13. Resultados de las simulaciones con software SCRI.



II.1.2 Representación gráfica de los Radios de afectación.

Los planos donde se representan los radios de afectación se incluyen en el **Anexo 14**.



II.2 INTERACCIONES DE RIESGO

A continuación, se incluye el análisis de interacciones de los eventos simulados en el Estudio de Riesgo, principalmente para las estaciones de regulación y la rotura al 100% de los gasoductos de 10"AC, 8"AC, 6"AC, 4"AC, 3"AC, 2"AC, 10" HDPE, 8" HDPE, 6" HDPE, 4" HDPE, 3" HDPE y 2"HDPE.

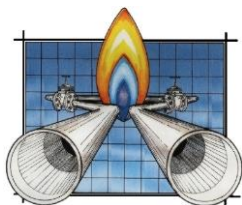
ESCENARIOS 1, 3, 11 y 12.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 50.92 kW/m² (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m², a una distancia de 9.55 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la propia ER y/o ERM, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas es inevitable, ya que toda la infraestructura que se encuentre a una distancia de 3 m se colapsará por los niveles de radiación generados; y de 3 m a 7 m, únicamente se presentaran algunas afectaciones en las estructuras de acero delgado, pero la radiación no será suficiente para causar el colapso de las mismas.

Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 3 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de primer grado si se exponen a la radiación en un periodo de 10 segundos en el límite de la ZAR (9.55 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m² a una distancia de 9.55 m hasta 1.4 kW/m² a una distancia de 18.22 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural y la vialidad adjunta a la estación por donde quedará instalada la ER y/o ERM, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas, civiles o viales, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 20 segundos. En esta zona no es posible la formación de conatos de incendio ya que la intensidad de radiación no es suficiente.

Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 1 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 64.48 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a las instalaciones de la ER y/o ERM y la red de distribución de gas natural son inminentes, ya que en un radio de 3 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 3 m y hasta los 64.48 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las instalaciones de la propia ER y/o ERM, las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural, así como a las casas habitación existentes en la zona, donde las



afectaciones esperadas son daños a estructuras civiles y mecánicas con posible colapso de las mismas.

Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 8 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 8 m y hasta una distancia de 11 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 11 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 64.48 m hasta 0.5 psi a una distancia de 109.61 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

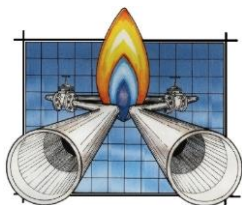
ESCENARIOS 2, 4 y 7.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 26.73 kW/m^2 (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m^2 , a una distancia de 4.74 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la propia ER y/o ERM, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas es inevitable, sin embargo la máxima radiación no será suficiente para causar el colapso de las mismas.

Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 1 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de primer grado si se exponen a la radiación en un periodo de 10 segundos en el límite de la ZAR (4.74 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m^2 a una distancia de 4.74 m hasta 1.4 kW/m^2 a una distancia de 9.29 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural y la vialidad adjunta a la estación por donde quedará instalada la ER y/o ERM, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas, civiles o viales, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 40 segundos.

Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 1 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 40.81 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a las instalaciones de la ER y/o ERM y la red de distribución de gas natural son inminentes, ya que en un radio de 2 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura



existente, posterior a 2 m y hasta los 40.81 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las instalaciones de la propia ER y/o ERM, las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural, así como a las casas habitación existentes en la zona, donde las afectaciones esperadas son daños a estructuras civiles y mecánicas con posible colapso de las mismas.

Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 5 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 5 m y hasta una distancia de 7 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 7 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 40.81 m hasta 0.5 psi a una distancia de 69.37 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

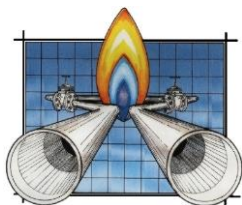
ESCENARIOS 5, 6 y 13.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 13.6 kW/m^2 (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m^2 , a una distancia de 3.69 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la propia ER y/o ERM, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas es inevitable, sin embargo la máxima radiación no será suficiente para causar el colapso de las mismas.

Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 1 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de primer grado si se exponen a la radiación en un periodo de 10 segundos en el límite de la ZAR (3.69 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m^2 a una distancia de 3.69 m hasta 1.4 kW/m^2 a una distancia de 7.89 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural y la vialidad adjunta a la estación por donde quedará instalada la ER y/o ERM, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas, civiles o viales, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 40 segundos.

Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 1 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 36.62 m del punto donde se genera



la explosión; en esta zona las afectaciones a las instalaciones de la ER y/o ERM y la red de distribución de gas natural son inminentes, ya que en un radio de 2 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 2 m y hasta los 36.62 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las instalaciones de la propia ER y/o ERM, las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural, así como a las casas habitación existentes en la zona, donde las afectaciones esperadas son daños a estructuras civiles y mecánicas con posible colapso de las mismas.

Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 4 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 4 m y hasta una distancia de 7 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 7 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

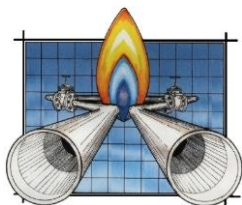
La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 36.62 m hasta 0.5 psi a una distancia de 62.24 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 8.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 40.61 kW/m² (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m², a una distancia de 7.17 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la ERM, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas es inevitable, ya que toda la infraestructura que se encuentre a una distancia de 1 m se colapsará por los niveles de radiación generados; y de 1 m a 4 m, únicamente se presentaran algunas afectaciones en las estructuras de acero delgado, pero la radiación no será suficiente para causar el colapso de las mismas.

Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 1 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de primer grado si se exponen a la radiación en un periodo de 10 segundos en el límite de la ZAR (7.17 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m² a una distancia de 7.17 m hasta 1.4 kW/m² a una distancia de 13.79 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural y la vialidad adjunta a la estación por donde quedará instalada la ERM, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas, civiles o viales, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo



mayor a 20 segundos. En esta zona no es posible la formación de conatos de incendio ya que la intensidad de radiación no es suficiente.

Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 1 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 53.26 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a las instalaciones de la ERM y la red de distribución de gas natural son inminentes, ya que en un radio de 3 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 3 m y hasta los 53.26 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las instalaciones de la propia ERM, las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural, así como a las casas habitación existentes en la zona, donde las afectaciones esperadas son daños a estructuras civiles y mecánicas con posible colapso de las mismas.

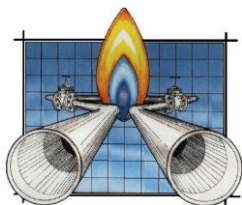
Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 5 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 5 m y hasta una distancia de 8 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 8 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 53.26 m hasta 0.5 psi a una distancia de 90.53 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 9.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 6.36 kW/m² (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m², a una distancia de 1.57 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran solo las instalaciones ERM, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas es inevitable, sin embargo la máxima radiación no será suficiente para causar el colapso de las mismas. Así mismo, las afectaciones a las personas que transiten por la zona son mínimas, dados los valores de radiación y los tiempos de exposición.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m² a una distancia de 1.57 m hasta 1.4 kW/m² a una distancia de 4.32 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas, civiles o viales, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 40 segundos.



Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 1 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 24.72 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a las instalaciones de la ER y/o ERM y la red de distribución de gas natural son inminentes, ya que en un radio de 2 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 2 m y hasta los 24.72 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las instalaciones de la propia ERM, las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural, así como a las casas habitación existentes en la zona, donde las afectaciones esperadas son daños a estructuras civiles y mecánicas con posible colapso de las mismas.

Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 4 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 4 m y hasta una distancia de 7 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 7 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

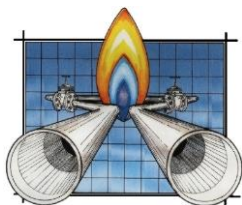
La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 24.72 m hasta 0.5 psi a una distancia de 42.02 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 10.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 13.6 kW/m² (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m², a una distancia de 4.25 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la ERM, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas es inevitable, sin embargo la máxima radiación no será suficiente para causar el colapso de las mismas.

Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 1 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de primer grado si se exponen a la radiación en un periodo de 10 segundos en el límite de la ZAR (4.25 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m² a una distancia de 4.25 m hasta 1.4 kW/m² a una distancia de 9.21 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural y la vialidad adjunta a la estación por donde quedará instalada la ERM, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas, civiles o viales, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán



quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 40 segundos.

Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 1 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 41.55 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a las instalaciones de la ERM y la red de distribución de gas natural son inminentes, ya que en un radio de 2 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 2 m y hasta los 41.55 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las instalaciones de la ERM, las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural, así como a las casas habitación existentes en la zona, donde las afectaciones esperadas son daños a estructuras civiles y mecánicas con posible colapso de las mismas.

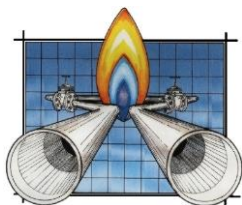
Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 4 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 4 m y hasta una distancia de 7 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 7 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 41.55 m hasta 0.5 psi a una distancia de 70.63 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIOS 14 y 15.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 91.98 kW/m² (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m², a una distancia de 109.23 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR solo se localizan las vialidades principales de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) por donde quedará instalado el gasoducto y a los costados gran presencia de instalaciones habitacionales y comerciales, principalmente, por lo que en caso de existir un chorro de fuego y de acuerdo a los niveles máximos de radiación generados, es suficiente para la generación de un incendio en la vegetación de ornato existente en las aceras y camellones de las vialidades, con repercusiones en la infraestructura urbana existente, así como al ecosistema en general; adicionalmente se consideran afectaciones al propio sistema de distribución de gas natural. Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 20 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de primer grado si se exponen a la radiación en un periodo de 10 segundos en el límite de la ZAR (109.23 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m² a una distancia de 109.23 m hasta 1.4 kW/m² a una distancia de 205.44 m, ambos desde el punto donde se generó el



Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se tiene incidencia con la vegetación natural existente en los costados de la vialidad por donde quedará instalado el gasoducto, sin embargo de acuerdo a los niveles de radiación no se causará daños a las instalaciones habitacionales y comerciales; solo las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 40 segundos.

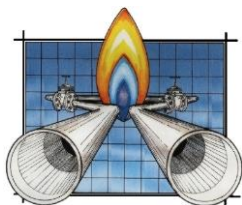
Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 8 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 348.01 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones al propio sistema de distribución y a las vialidades por donde quedará ubicado son inminentes, ya que en un radio de 15 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en la tierra considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 15 m y hasta los 348.01 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a la infraestructura vial y casas habitación existentes en la zona urbana de la ZMVM.

Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 40 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 40 m y hasta una distancia de 70 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 70 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 348.01 m hasta 0.5 psi a una distancia de 591.56 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 16.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 92.05 kW/m² (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m², a una distancia de 88.23 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la propia red de distribución y las casas habitación existentes a los costados de la trayectoria de la red de distribución, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas es inevitable, ya que toda la infraestructura que se encuentre a una distancia de 40 m se colapsará por los niveles de radiación generados; y de 40 m a 50 m, únicamente se presentarán algunas afectaciones en las estructuras de acero delgado, pero la radiación no será suficiente para causar el colapso de las mismas. Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 40 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de primer grado si se exponen a la radiación en un periodo de 10 segundos en el límite de la ZAR (88.23 m).



La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m² a una distancia de 88.23 m hasta 1.4 kW/m² a una distancia de 165.94 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural y la vialidad adjunta a la estación por donde quedará instalada la red de distribución, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas, civiles o viales, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 20 segundos. En esta zona no es posible la formación de conatos de incendio ya que la intensidad de radiación no es suficiente.

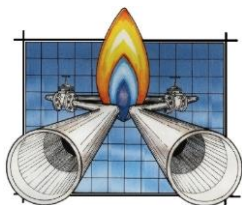
Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 1 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 299.90 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a las instalaciones de la red de distribución y a las instalaciones habitacionales y comerciales aledañas son inminentes, ya que en un radio de 15 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 15 m y hasta los 299.90 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las instalaciones de la propia red de distribución y las instalaciones habitacionales, comerciales e industriales existentes en la zona, donde las afectaciones esperadas son daños a estructuras civiles y mecánicas con posible colapso de las mismas.

Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 40 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 40 m y hasta una distancia de 70 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 70 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 299.90 m hasta 0.5 psi a una distancia de 509.78 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 17.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 91.48 kW/m² (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m², a una distancia de 66.99 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la propia red de distribución y las casas habitación existentes a los costados de la trayectoria de la red de distribución, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas es inevitable, ya que toda la infraestructura que se encuentre a una distancia de 20 m se colapsará por los niveles de radiación generados; y de 20 m a 30 m, únicamente se presentarán algunas afectaciones en las estructuras de acero delgado, pero la radiación no será suficiente para



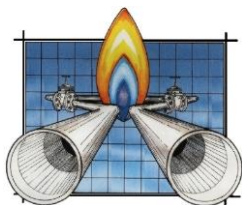
causar el colapso de las mismas. Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 20 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de primer grado si se exponen a la radiación en un periodo de 40 segundos en el límite de la ZAR (66.99 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m² a una distancia de 66.99 m hasta 1.4 kW/m² a una distancia de 126.00 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural y la vialidad adjunta a la estación por donde quedará instalada la red de distribución, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas, civiles o viales, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 20 segundos. En esta zona no es posible la formación de conatos de incendio ya que la intensidad de radiación no es suficiente.

Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 1 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 247.56 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a las instalaciones de la red de distribución y a las instalaciones habitacionales y comerciales aledañas son inminentes, ya que en un radio de 10 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 10 m y hasta los 247.56 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las instalaciones de la propia red de distribución y las instalaciones habitacionales, comerciales e industriales existentes en la zona, donde las afectaciones esperadas son daños a estructuras civiles y mecánicas con posible colapso de las mismas.

Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 30 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 30 m y hasta una distancia de 40 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 40 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 247.56 m hasta 0.5 psi a una distancia de 420.81 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.



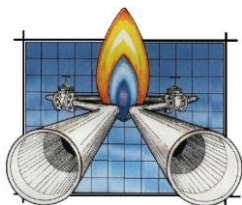
ESCENARIO 18.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 89.00 kW/m² (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m², a una distancia de 45.41 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la propia red de distribución y las casas habitación existentes a los costados de la trayectoria de la red de distribución, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas es inevitable, ya que toda la infraestructura que se encuentre a una distancia de 10 m se colapsará por los niveles de radiación generados; y de 10 m a 20 m, únicamente se presentaran algunas afectaciones en las estructuras de acero delgado, pero la radiación no será suficiente para causar el colapso de las mismas. Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 10 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de primer grado si se exponen a la radiación en un periodo de 40 segundos en el límite de la ZAR (45.41 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m² a una distancia de 45.41 m hasta 1.4 kW/m² a una distancia de 85.46 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural y la vialidad adjunta a la estación por donde quedará instalada la red de distribución, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas, civiles o viales, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 20 segundos. En esta zona no es posible la formación de conatos de incendio ya que la intensidad de radiación no es suficiente.

Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 1 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 188.93 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a las instalaciones de la red de distribución y a las instalaciones habitacionales y comerciales aledañas son inminentes, ya que en un radio de 6 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 6 m y hasta los 188.93 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las instalaciones de la propia red de distribución y las instalaciones habitacionales, comerciales e industriales existentes en la zona, donde las afectaciones esperadas son daños a estructuras civiles y mecánicas con posible colapso de las mismas.

Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 20 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 20 m y hasta una distancia de 40 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 40 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.



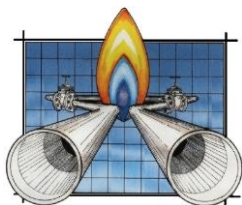
La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 188.93 m hasta 0.5 psi a una distancia de 321.15 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 19.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 85.73 kW/m² (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m², a una distancia de 34.44 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la propia red de distribución y las casas habitación existentes a los costados de la trayectoria de la red de distribución, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas es inevitable, ya que toda la infraestructura que se encuentre a una distancia de 10 m se colapsará por los niveles de radiación generados; y de 10 m a 15 m, únicamente se presentarán algunas afectaciones en las estructuras de acero delgado, pero la radiación no será suficiente para causar el colapso de las mismas. Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 10 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de primer grado si se exponen a la radiación en un periodo de 40 segundos en el límite de la ZAR (34.44 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m² a una distancia de 34.44 m hasta 1.4 kW/m² a una distancia de 64.87 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural y la vialidad adjunta a la estación por donde quedará instalada la red de distribución, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas, civiles o viales, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 20 segundos. En esta zona no es posible la formación de conatos de incendio ya que la intensidad de radiación no es suficiente.

Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 1 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 155.98 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a las instalaciones de la red de distribución y a las instalaciones habitacionales y comerciales aledañas son inminentes, ya que en un radio de 5 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 5 m y hasta los 155.98 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las instalaciones de la propia red de distribución y las instalaciones habitacionales, comerciales e industriales existentes en la zona, donde las afectaciones esperadas son daños a estructuras civiles y mecánicas con posible colapso de las mismas.



Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 20 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 20 m y hasta una distancia de 40 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 40 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

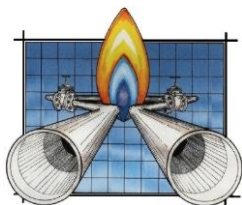
La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 155.98 m hasta 0.5 psi a una distancia de 265.14 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 20.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 78.50 kW/m^2 (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m^2 , a una distancia de 23.31 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la propia red de distribución de gas natural y las instalaciones de zonas habitacionales de la ZMVM, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas y civiles son inevitables, sin embargo la máxima radiación no será suficiente para provocar el colapso de las mismas, pero si posibles malformaciones. Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 15 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de primer grado si se exponen a la radiación en un periodo de 10 segundos en el límite de la ZAR (23.31 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m^2 a una distancia de 23.31 m hasta 1.4 kW/m^2 a una distancia de 43.98 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural y la vialidad adjunta a la estación por donde quedará instalada la red de distribución, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas, civiles o viales, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 20 segundos. En esta zona no es posible la formación de conatos de incendio ya que la intensidad de radiación no es suficiente.

Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 1 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 118.98 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la red de distribución de gas natural y las instalaciones habitacionales y comerciales aledañas son inevitables, ya que en un radio de 6 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 6 m y hasta los 118.98 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las casas habitación existentes en la zona y algunos comercios existentes, donde



las afectaciones esperadas son daños a estructuras civiles y mecánicas con posible colapso de las mismas.

Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 15 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 15 m y hasta una distancia de 20 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 20 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

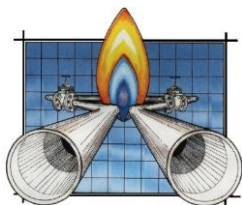
La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 118.98 m hasta 0.5 psi a una distancia de 202.94 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 21 y 22

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 30.70 kW/m^2 (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m^2 , a una distancia de 48.90 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la propia red de distribución y las casas habitación existentes a los costados de la trayectoria de la red de distribución, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas es inevitable, ya que toda la infraestructura que se encuentre a una distancia de 10 m se colapsará por los niveles de radiación generados; y de 10 m a 20 m, únicamente se presentarán algunas afectaciones en las estructuras de acero delgado, pero la radiación no será suficiente para causar el colapso de las mismas. Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 10 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de primer grado si se exponen a la radiación en un periodo de 40 segundos en el límite de la ZAR (48.90 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m^2 a una distancia de 48.90 m hasta 1.4 kW/m^2 a una distancia de 96.42 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural y la vialidad adjunta a la estación por donde quedará instalada la red de distribución, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas, civiles o viales, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 20 segundos. En esta zona no es posible la formación de conatos de incendio ya que la intensidad de radiación no es suficiente.

Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 1 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 208.00 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a las instalaciones de la red de distribución y a las



instalaciones habitacionales y comerciales aledañas son inminentes, ya que en un radio de 6 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 6 m y hasta los 208.00 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las instalaciones de la propia red de distribución y las instalaciones habitacionales, comerciales e industriales existentes en la zona, donde las afectaciones esperadas son daños a estructuras civiles y mecánicas con posible colapso de las mismas.

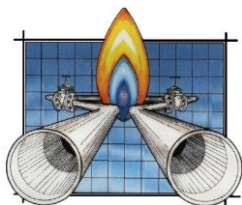
Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 20 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 20 m y hasta una distancia de 40 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 40 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 208.00 m hasta 0.5 psi a una distancia de 353.56 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 23.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 30.51 kW/m² (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m², a una distancia de 37.11 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la propia red de distribución de gas natural y las instalaciones de zonas habitacionales de la ZMVM, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas y civiles son inevitables, sin embargo la máxima radiación no será suficiente para provocar el colapso de las mismas, pero si posibles malformaciones. Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 10 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de primer grado si se exponen a la radiación en un periodo de 40 segundos en el límite de la ZAR (37.11 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m² a una distancia de 37.11 m hasta 1.4 kW/m² a una distancia de 73.21 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural y la vialidad adjunta a la estación por donde quedará instalada la red de distribución, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas, civiles o viales, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 20 segundos. En esta zona no es posible la formación de conatos de incendio ya que la intensidad de radiación no es suficiente.



Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 1 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 171.68 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la red de distribución de gas natural y las instalaciones habitacionales y comerciales aledañas son inevitables, ya que en un radio de 6 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 6 m y hasta los 171.68 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las casas habitación existentes en la zona y algunos comercios existentes, donde las afectaciones esperadas son daños a estructuras civiles y mecánicas con posible colapso de las mismas.

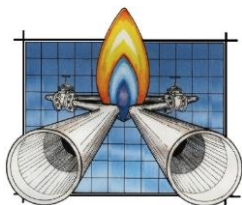
Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 20 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 20 m y hasta una distancia de 30 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 30 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 171.68 m hasta 0.5 psi a una distancia de 291.82 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 24.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 29.69 kW/m² (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m², a una distancia de 25.11 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la propia red de distribución de gas natural y las instalaciones de zonas habitacionales de la ZMVM, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas y civiles son inevitables, sin embargo la máxima radiación no será suficiente para provocar el colapso de las mismas, pero si posibles malformaciones. Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 10 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de primer grado si se exponen a la radiación en un periodo de 40 segundos en el límite de la ZAR (25.11 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m² a una distancia de 25.11 m hasta 1.4 kW/m² a una distancia de 49.63 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural y la vialidad adjunta a la estación por donde quedará instalada la red de distribución, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas, civiles o viales, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un



periodo mayor a 20 segundos. En esta zona no es posible la formación de conatos de incendio ya que la intensidad de radiación no es suficiente.

Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 1 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 131.05 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la red de distribución de gas natural y las instalaciones habitacionales y comerciales aledañas son inevitables, ya que en un radio de 5 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 5 m y hasta los 131.05 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las casas habitación existentes en la zona y algunos comercios existentes, donde las afectaciones esperadas son daños a estructuras civiles y mecánicas con posible colapso de las mismas.

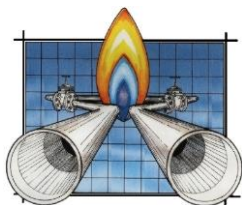
Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 20 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 20 m y hasta una distancia de 30 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 30 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 131.05 m hasta 0.5 psi a una distancia de 222.76 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 25.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 28.59 kW/m² (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m², a una distancia de 19.00 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la propia red de distribución de gas natural y las instalaciones de zonas habitacionales de la ZMVM, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas y civiles son inevitables, sin embargo la máxima radiación no será suficiente para provocar el colapso de las mismas, pero si posibles malformaciones. Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 5 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de primer grado si se exponen a la radiación en un periodo de 40 segundos en el límite de la ZAR (19.00 m).

La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m² a una distancia de 19.00 m hasta 1.4 kW/m² a una distancia de 37.65 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural y la vialidad adjunta a la estación por donde quedará instalada la red de distribución, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas,



civiles o viales, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 20 segundos. En esta zona no es posible la formación de conatos de incendio ya que la intensidad de radiación no es suficiente.

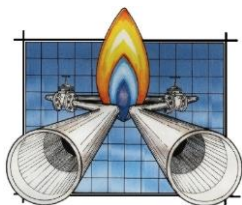
Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 1 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 108.15 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la red de distribución de gas natural y las instalaciones habitacionales y comerciales aledañas son inevitables, ya que en un radio de 2 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 2 m y hasta los 108.15 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las casas habitación existentes en la zona y algunos comercios existentes, donde las afectaciones esperadas son daños a estructuras civiles y mecánicas con posible colapso de las mismas.

Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 10 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 10 m y hasta una distancia de 20 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 20 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 108.15 m hasta 0.5 psi a una distancia de 183.84 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 26.

En la formación del Chorro de Fuego, los valores de Radiación para la Zona de Alto Riesgo (ZAR) van desde 26.18 kW/m^2 (en el punto preciso donde se genera el Jet Fire) hasta 5 kW/m^2 , a una distancia de 12.78 m desde el punto donde se originó el Jet Fire, dentro del radio de la ZAR se encuentran las instalaciones de la propia red de distribución de gas natural y las instalaciones de zonas habitacionales de la ZMVM, donde las afectaciones a la integridad mecánica de las estructuras metálicas y civiles son inevitables, sin embargo la máxima radiación no será suficiente para provocar el colapso de las mismas, pero si posibles malformaciones. Cabe mencionar que las personas existentes en la zona de alto riesgo en un radio de 1 m tendrán el 100% de probabilidad de morir si se exponen a la radiación por más de un minuto y solo sufrirán quemaduras de primer grado si se exponen a la radiación en un periodo de 40 segundos en el límite de la ZAR (12.78 m).

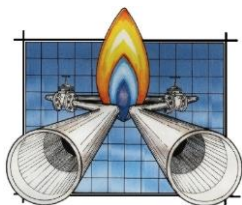


La Zona de Amortiguamiento (ZA) tiene valores de radiación que van desde 5 kW/m² a una distancia de 12.78 m hasta 1.4 kW/m² a una distancia de 25.49 m, ambos desde el punto donde se generó el Chorro de Fuego; en esta ZA al igual que la ZAR solo se incide con las instalaciones del socio comercial a quien se le dará suministro de gas natural y la vialidad adjunta a la estación por donde quedará instalada la red de distribución, donde no se esperan daños en las estructuras metálicas, civiles o viales, sin embargo, las personas que transiten por la zona al momento del chorro de fuego, sufrirán quemaduras de primer grado si no se protegen de la radiación y se exponen a esta durante un periodo mayor a 20 segundos. En esta zona no es posible la formación de conatos de incendio ya que la intensidad de radiación no es suficiente.

Para el caso de la formación de una nube explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 1 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 82.55 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la red de distribución de gas natural y las instalaciones habitacionales y comerciales aledañas son inevitables, ya que en un radio de 2 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 2 m y hasta los 82.55 m que es el límite de la ZAR solo se afectará a las casas habitación existentes en la zona y algunos comercios existentes, donde las afectaciones esperadas son daños a estructuras civiles y mecánicas con posible colapso de las mismas.

Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 5 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 30 psi) son suficientes para causar la muerte; a partir de los 5 m y hasta una distancia de 10 m se considera la muerte de las personas por rotura de pulmones; posterior a los 10 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

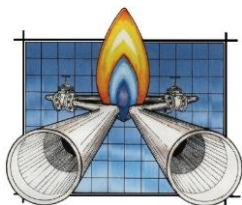
La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 82.55 m hasta 0.5 psi a una distancia de 140.33 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.



A manera de resumen a continuación se realiza la descripción de los efectos que se tendrán sobre los equipos existentes en el proyecto, así como al ambiente, además describe a detalle las instalaciones y componentes ambientales (agua, suelo, flora, fauna), zonas habitacionales, escuelas, comunidades o asentamientos humanos que pudieran encontrarse inmersos en las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento, así como los sistemas de seguridad y medidas para reducir la probabilidad de ocurrencia y/o consecuencia.

Tabla 4 Efectos de la Radiación Térmica y sobrepresión..

Receptores de Riesgo	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas
<u>Personal y Población:</u> <u>Radiación térmica:</u> Por exposición a radiaciones térmicas de 37.5 kW/m² a 12.5 kW/m² la probabilidad de fatalidad es del 50% al 99% respectivamente, debido a quemaduras de 3er y 4to grado con daño profundo y más allá en dermis (terminales nerviosas, vasos sanguíneos, glándulas sudoríparas, glándulas sebáceas, folículos capilares, músculos y huesos). Por exposición a radiaciones térmicas de 5.0 kW/m², el personal operativo puede sufrir lesiones desde quemaduras de 1er grado (afectación leve a epidermis, con enrojecimiento y dolor leve) con tiempo de recuperación de 2 a 3 días, por quemaduras de 2do grado (daño a dermis y epidermis, se producen ampollas) con un tiempo de recuperación de 2 semanas para superficiales y de 1 a 3 meses para profundas. Por último, por la exposición a radiaciones térmicas de 1.4 kW/m² no se presentarían molestias, es considerado el flujo térmico del sol en verano y al medio día. <u>Sobrepresión:</u> Por exposición a ondas de sobrepresión de 1 psi, el personal operativo tiene una probabilidad de 1% de sufrir lesiones a tímpanos y golpes serios con proyectiles, para ondas de sobrepresión de 3 hasta 10 psi, puede provocar desde la rotura de los tímpanos hasta la fatalidad por lesiones de pulmón. Por exposiciones a ondas de sobrepresión de 0.5 psi no habría lesiones.	Preventivas: Programa Anual de Mantenimiento. Programa Interno de Protección Civil (PIPC). Plan de Respuesta a emergencias. Programa para la Prevención de Accidentes. Programa anual de capacitación al personal. Programa de Celajes Mensuales.
<u>Ambiente:</u> <u>Radiación Térmica:</u> Energía mínima suficiente para encender la madera y vegetación con radiaciones que van desde 37.5 kW/m² a 12.5 kW/m², por lo que sería suficiente para la generación de un incendio forestal. Con radiaciones que van de 12.5 kW/m² 5.0 kW/m² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta. Con radiaciones que van de 5.0 kW/m² 1.4 kW/m² no se generan afectaciones al medio ambiente, solo molestias a la fauna que provocará el desplazamiento de esta. <u>Sobrepresión:</u> La afectación que sufrirá el medio ambiente es puntual y será principalmente sobre el elemento suelo, ya que, con 300 psi, son suficientes para formar un cráter. Los elementos localizados en la Zona de Amortiguamiento y en la Zona de Alto Riesgo, no sufrirán afectaciones significativas.	Sist. Seguridad: Ductos enterrados a no menos de 1.5 m. Señalamiento del Derecho de Vía. Sistema SCADA en City Gate en operación. Extintores Portátiles.
<u>Producción/Instalación:</u> <u>Radiación térmica:</u> Desde el punto donde se genera el escenario de riesgo que es donde se alcanza la radiación máxima, hasta un valor de 37 kW/m², se producirán daños significativos a	



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
Estado de México

II

Receptores de Riesgo	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas
las instalaciones que consisten principalmente en el colapso de estructuras civiles y mecánicas, además del paro total de producción y proceso generando pérdidas desde \$5 000 000 hasta los \$50 000 000 USD. En el rango de radiación térmica que va desde 37.5 kW/m² a 12.5 kW/m² es la energía mínima para que estructuras de acero y equipos en general, pierdan su integridad física por una larga exposición. Puede presentarse el paro parcial de la producción o proceso generando pérdidas desde \$500 000 hasta los \$5 000 000 USD. En el rango de radiación térmica que va desde 12.5 kW/m² a 1.4 kW/m², no se generan afectaciones a las instalaciones o proceso en general. <u>Sobrepresión:</u> Por exposición a ondas de sobrepresión de 0.5 a 1 psi no habría consecuencias, para ondas de sobrepresión de 3 psi los daños esperados van de los \$500 000 hasta los \$5 000 000 USD por la probable distorsión de las estructuras de acero y daño severo a paneles de instrumentos. Las ondas de sobrepresión de 10 psi, puede provocar pérdidas entre los \$5 000,000 hasta los \$50 000 000 USD.	

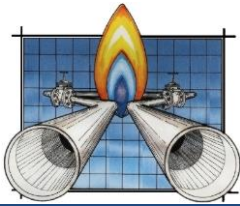
Para cada escenario de riesgo simulado se realiza un análisis y evaluación de posibles interacciones, en el probable caso de que estos se lleguen a presentar, considerando las áreas de interés, instalaciones, población, personal, ductos, cruzamientos, que se encuentren dentro de las Zonas de Alto Riesgo (ZAR) y Zona de Amortiguamiento (ZA), donde se consideró la probabilidad de ocurrencia de un efecto domino, se describe detalladamente las posibles afectaciones a los receptores de riesgo. (Personas, población, medio ambiente, instalaciones, etc.).

De igual manera se mencionan las medidas preventivas que son consideradas para evitar el evento o minimizar la probabilidad de que ocurra, donde se justifica la compatibilidad del proyecto con el entorno.

La evaluación de los riesgos a través de los escenarios más probables junto a la simulación de los eventos máximos definidos con el software SCRI, permite determinar las áreas potencialmente vulnerables, de tal manera que se generen recomendaciones para evitar la ocurrencia del evento o contar con la protección adecuada en caso de que este ocurra.

Cabe hacer mención, que el gas natural no representa un riesgo significativo de contaminación para los cuerpos de agua como son lagunas, arroyos, ríos, etc.

Para todos los escenarios de consecuencias evaluados, se realiza la vulnerabilidad de los sitios, instalaciones o equipos que pueden sufrir alguna afectación (quedar a una distancia que cubra los radios de afectación obtenidos para el escenario correspondiente).

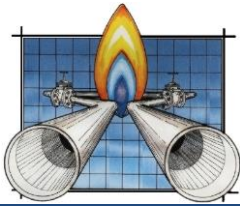


Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

II

Tabla 5 Interacciones de Riesgo

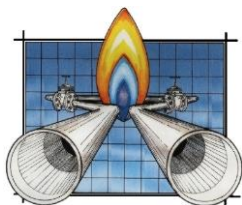
Escenario	Instalación	Zonas de interés	Distancia respecto al ducto o instalación	Zonas de riesgo que inciden con la Zona de Interés	
				Radiación	Sobre-presión
ERA- Texcoco-01	ER2	Válvula de Seccionamiento 5	36	X	X
		Colonia santa Cruz de Arriba	194		X
		Colonia Santiaguito	220		X
		Lote de vehículos	100	X	X
		Carretera Federal México 136	25	X	X
		Campos de Cultivo	52	X	X
ERA- Texcoco-02	ER9	Tienda de Autoservicio	37	X	X
		Válvula de Seccionamiento 10	71		X
		Campos de Cultivo	194		X
		Carretera Federal México 190	36	X	X
ERA- Texcoco-03	ER23	Colonia Santa Cruz Tlalpizahuac	Colindante	X	
		Estación de Servicio Carga Gasolina	123		X
		Campos de Cultivo	198		X
		ERM51	241		X
		Carretera Federal México 190	26	X	
ERA- Texcoco-04	ER16	Centro Comercial	Colindante	X	X
		Tienda de Autoservicio	196		X
		Válvula de Seccionamiento 25	151		X
		Carretera Federal México 115	60	X	X
ERA- Texcoco-05	Escenario 5	Centro Comercial	18	X	X
		Colonia San Lorenzo	10	X	X
		Colonia Las Palmas	106		X
		Estación de Servicio Carga de Gasolina	127		X
		ERM7	36	X	
ERA- Texcoco-06	ERM8	Parque industrial Xolache	Colindante	X	
		Poblado Xolache	157		X
ERA- Texcoco-07	ERM65	Parque Industrial Izcalli	Colindante	X	
		Colonia Los Olivos	113		X
		ERM70	85		X
		ERM66	129		X
		ERM69	146		X
		ER28	177		X
ERA- Texcoco-08	ERM10	Colonia San Bernardino	97		X
		Rancho Victoria	188		X
		Estación de Servicio Carga de Gasolina	244		X
		Empresa Embotelladora de Refrescos	161		X
		Carretera Federal México 142	Colindante	X	X
		Distribuidora de Tractocamiones	155		X
ERA- Texcoco-09	ERM14	Colonia Los Reyes	Colindante	X	
		Patio Empresa de Transporte de Carga	86		X
		Campos de Cultivo	59	X	X



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

II

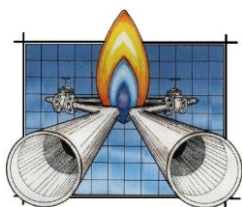
Escenario	Instalación	Zonas de interés	Distancia respecto al ducto o instalación	Zonas de riesgo que inciden con la Zona de Interés	
				Radiación	Sobre-presión
		Agricultura			
ERA- Texcoco-10	ERM16	Válvula de Seccionamiento 45	10	X	
		Centro Religioso	Colindante	X	
		Campos de Cultivo Agricultura	46		X
ERA- Texcoco-11	ERM62	Colonia 2 de Marzo	251		X
		Colonia Ferrocarriles	124		X
		Colonia Tecamachalco	257		X
		Estación de Servicio Carga de Gasolina 1	122		X
		Estación de Servicio Carga de Gasolina 2	193		X
		ER26	82	X	
		ERM63	182		X
		ERM61	221		X
		Válvula de Seccionamiento13	81	X	
ERA- Texcoco-12	ERM59	Colonia Valle de los pinos	103	X	X
		Colonia Los Reyes	214		X
		Estación de Servicio Carga de Gas L.P.	171		X
		Cruce de vías FFCC	60	X	X
ERA- Texcoco-13	ERM37	Colonia Zona Industrial	Colindante	X	X
		ERM38	143		X
		ERM33	131		X
ERA- Texcoco-14	Escenario 14	Centro Comercial	139	X	X
		Tienda de Autoservicio	307		X
		Colonia Víctor Puebla	508		X
		ER9	420		X
ERA- Texcoco-15	Escenario 15	Centro Comercial	102	X	X
		ER16	397		X
		Caseta de cobro	479		X
		Tienda de Autoservicio	515		X
ERA- Texcoco-16	Escenario 16	Centro Deportivo	108	X	X
		Colonia Santa Cruz Amalinalco	208		X
		Colonia Emiliano zapata	436		X
ERA- Texcoco-17	Escenario 17	Estación de Servicio Carga de Gasolina	77	X	
		Colonia Alfredo Del Mazo	101	X	X
		Colonia Geo villas Santa Barbara	112	X	X
		Colona Agrarista	289		X
ERA- Texcoco-18	Escenario 18	Colonia 2 de Marzo	127		X
		Colonia Tecamachalco	Colindante	X	X
ERA- Texcoco-19	Escenario 19	Colonia Los Reyes	83		X
		Colonia Los Reyes Acaquilpan	23	X	X
		ERM54	17	X	
		Válvula de Seccionamiento15	73		X
ERA-	Escenario 20	Centro Comercial	87		X



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

II

Escenario	Instalación	Zonas de interés	Distancia respecto al ducto o instalación	Zonas de riesgo que inciden con la Zona de Interés	
				Radiación	Sobre-presión
Texcoco-20		Tienda de Autoservicio	31	X	X
		Colonia Santa Barbara	136		X
		ER21	22	X	
ERA-Texcoco-21	Escenario 21	Colonia Santa Barbara	91	X	X
		Centro Comercial	17	X	X
		ER9	170	X	
		ER10	363		X
ERA-Texcoco-22	Escenario 22	Escuela Nivel Universidad	19	X	
		Centro Comercial	21	X	X
		Tienda de Autoservicio	50	X	
		Colonia Santa María Nativitas	247		X
ERA-Texcoco-23	Escenario 23	Colonia El Encino	26	X	X
		Colonia Bonito El Manzano	109		X
		Colonia Las Bugambilias	191		X
		Campos de Cultivo Agricultura	Contiguo	X	X
		Colonia El Tejocote	24	X	X
ERA-Texcoco-24	Escenario 24	Campos de Cultivo Agricultura	Contiguo	X	X
		Tienda de Autoservicio	19	X	X
ERA-Texcoco-25	Escenario 25	Centro Comercial	67		X
		Colonia Rey Neza	28	X	X
		Colonia Nezahualcóyotl	121		X
		Parque Industrial Izcalli	Contiguo	X	X
ERA-Texcoco-26	ERM71	ERM68	74		X
		ERM69	53		X
		ERM70	122		X
		ERM72	45		X

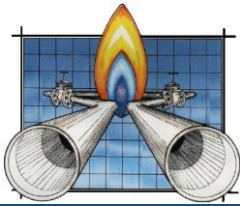


II.2.1 Medidas Preventivas y sistemas de seguridad orientados a reducir la ocurrencia de los escenarios de riesgo.

A continuación, se indican las medidas preventivas y sistemas de seguridad que se tienen implementadas para prevenir la ocurrencia de cada uno de los eventos de riesgo:

Tabla 6 Medidas preventivas y de seguridad para prevenir la ocurrencia de los escenarios identificados.

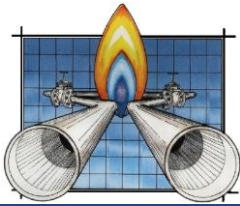
Escenario	Medidas Preventivas y/o sistemas de seguridad
1. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 4" que alimenta a la Estación de Regulación (ER) Texcoco 1 (Tipo 1), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.	▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
2. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 2" que alimenta a la Estación de Regulación (ER) Puerta Texcoco (Tipo 2), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.	▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
‘Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco’
 Estado de México

II

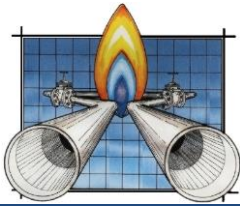
Escenario	Medidas Preventivas y/o sistemas de seguridad
	de Vía (DDV) de la red de distribución. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
3. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 4" que alimenta a la Estación de Regulación (ER) Valle de Chalco (Tipo 3), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.	▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
4. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 2" que alimenta a la Estación de Regulación (ER) Plaza Sendero (Tipo 4), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.	▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

II

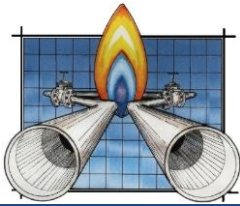
Escenario	Medidas Preventivas y/o sistemas de seguridad
	de Vía (DDV) de la red de distribución. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
5. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 3" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Evafoam (Tipo 1), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.	▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
6. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 3" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Grupo Poseidón (Tipo 2), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.	▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
‘Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco’
 Estado de México

II

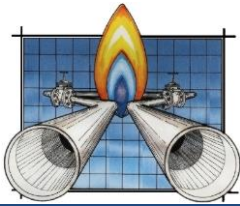
Escenario	Medidas Preventivas y/o sistemas de seguridad
	de Vía (DDV) de la red de distribución. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
7. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 2" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Clavos Nacionales (Tipo 3), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.	▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
8. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 3" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Telas Cataluña (Tipo 4), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.	▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
‘Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco’
 Estado de México

II

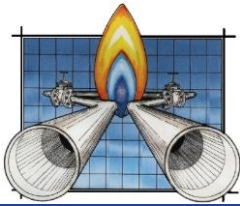
Escenario	Medidas Preventivas y/o sistemas de seguridad
	de Vía (DDV) de la red de distribución. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
9. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 2" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Profina (Tipo 5), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.	▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
10. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 4" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Vitropar (Tipo 6), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.	▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
‘Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco’
 Estado de México

II

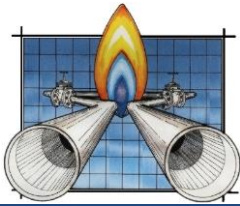
Escenario	Medidas Preventivas y/o sistemas de seguridad
	de Vía (DDV) de la red de distribución. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
11. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 4" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Pinfra (Tipo 7), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.	▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
12. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 4" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Papeles Ultra (Tipo 8), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.	▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

II

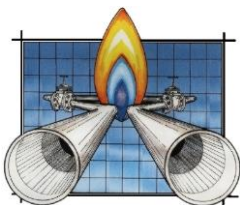
Escenario	Medidas Preventivas y/o sistemas de seguridad
	de Vía (DDV) de la red de distribución. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
13. Fuga de Gas Natural ocasionada por la rotura diametral al 100% y 20% de la tubería de 3" que alimenta a la Estación de Regulación y Medición (ERM) Espumados Chávez (Tipo 9), a causa de actos vandálicos y/o terrorismo.	▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución conforme a los lineamientos de la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
14. Tubería de 10 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm ² (300 psig).	▪ Señalización del derecho de vía de la red de distribución. ▪ Ductos enterrados a no menos de 1.5 m, sobrepasando en gran medida lo requerido por la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Patrullajes sobre el derecho de vía conforme a lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016 para la detección de posibles afectaciones a la red de distribución. ▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

II

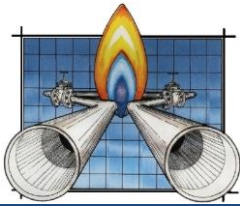
Escenario	Medidas Preventivas y/o sistemas de seguridad
	operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución de gas natural. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución de gas natural. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución de gas natural. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución de gas natural. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
15. Tubería de 10 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm² (300 psig).	▪ Señalización del derecho de vía de la red de distribución. ▪ Ductos enterrados a no menos de 1.5 m, sobrepasando en gran medida lo requerido por la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Patrullajes sobre el derecho de vía conforme a lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016 para la detección de posibles afectaciones a la red de distribución. ▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución de gas natural. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución de gas natural. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución de gas natural. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución de gas natural. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

II

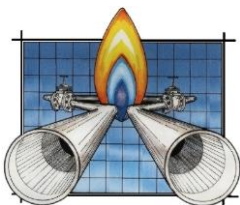
Escenario	Medidas Preventivas y/o sistemas de seguridad
16. Tubería de 8 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm² (300 psig).	▪ Señalización del derecho de vía de la red de distribución. ▪ Ductos enterrados a no menos de 1.5 m, sobrepasando en gran medida lo requerido por la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Patrullajes sobre el derecho de vía conforme a lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016 para la detección de posibles afectaciones a la red de distribución. ▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución de gas natural. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución de gas natural. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución de gas natural. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución de gas natural. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
17. Tubería de 6 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm² (300 psig).	▪ Señalización del derecho de vía de la red de distribución. ▪ Ductos enterrados a no menos de 1.5 m, sobrepasando en gran medida lo requerido por la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Patrullajes sobre el derecho de vía conforme a lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016 para la detección de posibles afectaciones a la red de distribución. ▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura,



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

II

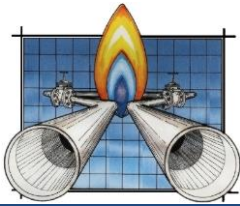
Escenario	Medidas Preventivas y/o sistemas de seguridad
	Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución de gas natural. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución de gas natural. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución de gas natural. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución de gas natural. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
18. Tubería de 4 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm² (300 psig).	▪ Señalización del derecho de vía de la red de distribución. ▪ Ductos enterrados a no menos de 1.5 m, sobrepasando en gran medida lo requerido por la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Patrullajes sobre el derecho de vía conforme a lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016 para la detección de posibles afectaciones a la red de distribución. ▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución de gas natural. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución de gas natural. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución de gas natural. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución de gas natural. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

II

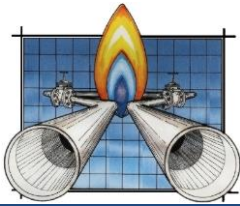
Escenario	Medidas Preventivas y/o sistemas de seguridad
19. Tubería de 3 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm² (300 psig).	▪ Señalización del derecho de vía de la red de distribución. ▪ Ductos enterrados a no menos de 1.5 m, sobrepasando en gran medida lo requerido por la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Patrullajes sobre el derecho de vía conforme a lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016 para la detección de posibles afectaciones a la red de distribución. ▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución de gas natural. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución de gas natural. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución de gas natural. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución de gas natural. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
20. Tubería de 2 pulgadas de diámetro de AC, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 21 kg/cm² (300 psig).	▪ Señalización del derecho de vía de la red de distribución. ▪ Ductos enterrados a no menos de 1.5 m, sobrepasando en gran medida lo requerido por la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Patrullajes sobre el derecho de vía conforme a lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016 para la detección de posibles afectaciones a la red de distribución. ▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura,



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

II

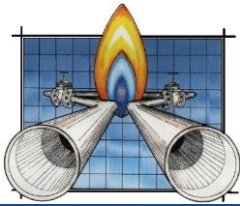
Escenario	Medidas Preventivas y/o sistemas de seguridad
	Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución de gas natural. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución de gas natural. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución de gas natural. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución de gas natural. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
21. Tubería de 10 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 7 kg/cm² (100 psig).	▪ Señalización del derecho de vía de la red de distribución. ▪ Ductos enterrados a no menos de 1.5 m, sobrepasando en gran medida lo requerido por la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Patrullajes sobre el derecho de vía conforme a lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016 para la detección de posibles afectaciones a la red de distribución. ▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución de gas natural. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución de gas natural. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución de gas natural. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución de gas natural. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

II

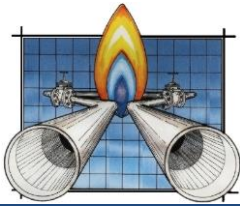
Escenario	Medidas Preventivas y/o sistemas de seguridad
22. Tubería de 8 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 7 kg/cm² (100 psig).	▪ Señalización del derecho de vía de la red de distribución. ▪ Ductos enterrados a no menos de 1.5 m, sobrepasando en gran medida lo requerido por la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Patrullajes sobre el derecho de vía conforme a lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016 para la detección de posibles afectaciones a la red de distribución. ▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución de gas natural. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución de gas natural. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución de gas natural. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución de gas natural. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
23. Tubería de 6 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100% y 20%, operando a 7 kg/cm² (100 psig).	▪ Señalización del derecho de vía de la red de distribución. ▪ Ductos enterrados a no menos de 1.5 m, sobrepasando en gran medida lo requerido por la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Patrullajes sobre el derecho de vía conforme a lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016 para la detección de posibles afectaciones a la red de distribución. ▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura,



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
 Estado de México

II

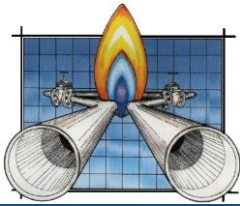
Escenario	Medidas Preventivas y/o sistemas de seguridad
	Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución de gas natural. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución de gas natural. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución de gas natural. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución de gas natural. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
24. Tubería de 4 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100%, operando a 7 kg/cm² (100 psig).	▪ Señalización del derecho de vía de la red de distribución. ▪ Ductos enterrados a no menos de 1.5 m, sobrepasando en gran medida lo requerido por la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Patrullajes sobre el derecho de vía conforme a lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016 para la detección de posibles afectaciones a la red de distribución. ▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución de gas natural. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución de gas natural. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución de gas natural. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución de gas natural. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
Estado de México

II

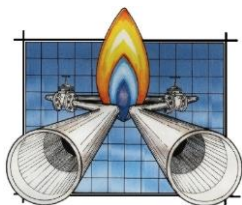
Escenario	Medidas Preventivas y/o sistemas de seguridad
25. Tubería de 3 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100%, operando a 7 kg/cm² (100 psig).	▪ Señalización del derecho de vía de la red de distribución. ▪ Ductos enterrados a no menos de 1.5 m, sobrepasando en gran medida lo requerido por la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Patrullajes sobre el derecho de vía conforme a lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016 para la detección de posibles afectaciones a la red de distribución. ▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución de gas natural. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución de gas natural. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución de gas natural. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución de gas natural. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.
26. Tubería de 2 pulgadas de diámetro de PE, con una rotura diametral del 100%, operando a 7 kg/cm² (100 psig).	▪ Señalización del derecho de vía de la red de distribución. ▪ Ductos enterrados a no menos de 1.5 m, sobrepasando en gran medida lo requerido por la NOM-003-ASEA-2016. ▪ Patrullajes sobre el derecho de vía conforme a lo establecido en la NOM-003-ASEA-2016 para la detección de posibles afectaciones a la red de distribución. ▪ Previa construcción se constará con los certificados de materiales que comprueben la calidad de los mismos. ▪ Protección envolvente de la tubería tipo epóxica para ductos enterrados y pintura para instalaciones superficiales. ▪ Centro de Control SCADA operado las 24 horas del día por personal capacitado que monitorea las condiciones operativas de la red de distribución en la City Gate. ▪ TALÓN. Software que permite monitorear las condiciones operativas de nuestros sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura,



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
'Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco'
Estado de México

II

Escenario	Medidas Preventivas y/o sistemas de seguridad
	Volumen y Energía) a distancia. ▪ Válvulas de Seccionamiento de Línea ubicadas a lo largo de la red de distribución de gas natural. ▪ Celajes por personal de la empresa en todo el Derecho de Vía (DDV) de la red de distribución de gas natural. ▪ Número de emergencia indicado en los postes del DDV para que habitantes de las comunidades cercanas puedan notificar la presencia de cualquier situación de riesgo en la red de distribución de gas natural. ▪ Apoyo de los servicios de emergencia correspondientes a cada una de las áreas de la red de distribución de gas natural. ▪ Plan de Respuesta a Emergencias. ▪ Plan Integral de Seguridad para fugas de Gas Natural.



II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

A continuación, se presentan de manera general los efectos en el Sistema Ambiental Regional (SAR) producto de la generación de un Jet Fire o Explosión no Confinada, de acuerdo a las características planteadas en cada Escenario de simulación:

Tabla 7 Efectos sobre el SAR por la generación de un Jet Fire (1 de 2).

Aspectos Abióticos	
Componente del SAR	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
<u>Clima:</u> Un evento de las características planteadas que desencadene un incendio producto de la fuga de gas natural, no causará ninguna modificación en las condiciones del clima existente en el Sistema Ambiental Regional del proyecto; si bien, se generarán emisiones producto de la combustión de materiales que en su momento se encuentren en contacto con el chorro de fuego, éstas no serán significativas y no causarán variaciones en las condiciones micro climáticas de la zona, ya que además, la atención por parte del personal encargado de la supervisión de la red de gas natural será expedita y consistirá principalmente en el cierre de válvulas de seccionamiento.	Ninguno
<u>Geología y Geomorfología:</u> La zona donde se ubicará el proyecto, es caracterizada por presentar un suelo rocoso conformado, mismo que en caso de generarse un incendio producto de la fuga de gas natural, no presentará afectaciones derivadas del contacto con la radiación del incendio.	Ninguno
<u>Suelos:</u> La generación de un incendio no producirá cambios de ningún tipo en el suelo presente.	Ninguno
<u>Hidrología superficial y subterránea:</u> No se causarán afectaciones hacia los cuerpos de agua o arroyos que se localicen dentro del SAR del proyecto; así mismo, en el caso de la hidrología subterránea, ésta no sufrirá afectaciones de ningún tipo producto de la generación de un chorro de fuego.	Ninguno

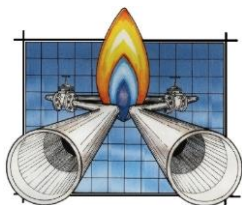


Tabla 8 Efectos sobre el SAR por la generación de un Jet Fire (2 de 2).

Aspectos Bióticos	
Componente del SAR	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
<u>Vegetación terrestre:</u> La generación de un incendio dentro del SAR del proyecto, conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, toda vez que, el proyecto se ubicará en parte en zonas con concentraciones de vegetación natural y en zonas urbanas por la vegetación de ornato, donde en caso de generarse un chorro de fuego se puede propagar para generar un incendio forestal con grandes repercusiones al ecosistema. Así mismo, es importante mencionar que la vegetación, al ser factor biótico (organismos que tienen vida), tenderá a morir por los niveles de radiación que serán generados por el incendio, lo cual impactará negativamente en la calidad paisajista del SAR, sin embargo, esto es considerado como un impacto significativo pero reparable con la aplicación de medidas correctivas como la reforestación.	Significativo, Reparable
<u>Fauna:</u> Las afectaciones en la fauna son mínimas en caso de generarse un incendio durante la operación de la red de distribución de gas natural, toda vez que, ésta se localizará en una zona perturbada donde las actividades urbanas son constantes, lo cual ha provocado que la fauna haya sido desplazada hacia partes más alejadas por la generación de ruido y por la movilidad de los habitantes de la zona; únicamente se afectaría a las especies faunísticas que de manera remota se localicen dentro del SAR del proyecto, sin embargo esta probabilidad es nula dadas las condiciones ya indicadas. Aunado a lo anterior, se considera que las afectaciones a la fauna son nulas, puesto que se constató que dentro del Sistema Ambiental del proyecto no existen áreas de anidación o reproducción de fauna silvestre.	Ninguno

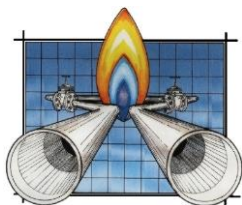


Tabla 9 Efectos sobre el SAR por la generación de una explosión no confinada (1 de 2).

Aspectos Abióticos	
Componente del SAR	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
<u>Clima:</u> La generación de una explosión no confinada producto de la fuga de gas natural y formación de la nube explosiva, no causará ninguna modificación en las condiciones climáticas del SAR del proyecto.	Ninguno
<u>Geología y Geomorfología:</u> Los niveles de sobrepresión generados en una explosión no confinada de las características planteadas en cada escenario de riesgo, serán lo suficientemente altos para formar un cráter en el suelo, lo cual significa que la afectación al suelo será inminente, mismo que será desplazado por la sobrepresión generada por la explosión ocasionando un impacto directo y puntual a las características geológicas del SAR del proyecto.	Significativo
<u>Suelos:</u> Al igual que en la Geología, en caso de generarse una explosión no confinada producto de la fuga de gas natural, la formación de un cráter en el suelo es inminente dados los niveles de sobrepresión que serán generados (más de 300 psi), lo cual afectará directamente la integridad física del suelo, por lo que, en caso de la formación de un orificio en el suelo, este será desplazado y arrancado de su formación original. Sin embargo, esto será de manera puntual y no se propagará en todo el SAR.	Significativo
<u>Hidrología superficial y subterránea:</u> En dado caso de presentarse una explosión en el cruce del gasoducto con los ríos o arroyos existentes, estos sufrirán cambios en su estructura natural producto de la formación del cráter en el suelo generando modificaciones en el cauce natural; en el caso de la hidrología subterránea, ésta no sufrirá afectaciones de ningún tipo producto de la generación de un chorro de fuego.	Significativo

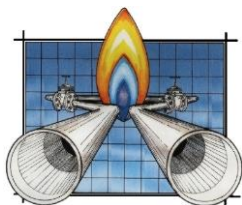
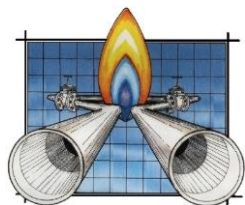


Tabla 10 Efectos sobre el SAR por la generación de una explosión no confinada (2 de 2).

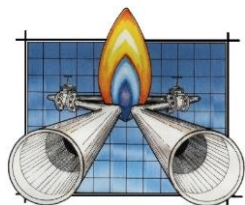
Aspectos Bióticos	
Componente del SAR	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
<u>Vegetación terrestre:</u> La generación de una explosión no confinada dentro del SAR del proyecto, conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, toda vez que, el proyecto se ubicará en derechos de vía urbanos, donde de manera adyacente existen concentraciones de vegetación inducida y en algunos casos forestal, donde se impactará negativamente vegetación natural en caso de presentarse una explosión no confinada, lo cual se considera reparable con la aplicación de medidas correctivas como la reforestación.	Reparable
<u>Fauna:</u> Las afectaciones en la fauna son mínimas en caso de generarse una explosión durante la operación de la red de distribución de gas natural, toda vez que, ésta se localizará en zonas donde la fauna ha sido desplazada hacia partes más alejadas por la generación de ruido y por existencia de actividades antrópicas e industriales; únicamente se afectaría a las especies faunísticas que de manera remota se localicen dentro del SAR del proyecto en el momento de que se genere la situación de riesgo, sin embargo esta probabilidad es nula dadas las condiciones ya indicadas.	Ninguno

En el caso de los efectos sobre la salud humana producto de un chorro de fuego, es la mortalidad de las personas que se expongan a la radiación por periodos prolongados de tiempo; ya que las máximas radiaciones que serán generadas en las Zonas de Alto Riesgo son suficientes para causar la muerte de personas si estas se exponen a la radiación por más de un minuto, sin embargo para que esto suceda, las personas deben estar contiguas al chorro de fuego ya que a mayor distancia de la fuente de calor, la radiación tiende a disminuir. En el caso de la explosión no confinada, los valores máximos obtenidos son suficientes para causar la muerte instantánea en las personas que se localicen dentro de las ondas de expansión de sobrepresión de manera directa, aunque de manera indirecta se puede esperar la afectación en la integridad física de las personas por el derrumbe de casas o instalaciones civiles que se localicen dentro de los radios de afectación por sobrepresión.



Índice

III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.	2
III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS.....	2
III.1.1 Sistemas de seguridad.....	4
III.1.2 Medidas Preventivas	9



III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.

III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

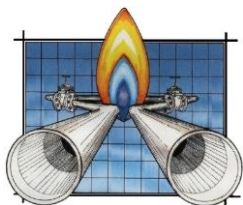
Para la realización del presente Estudio de Riesgo Ambiental (ERA), se utilizó la técnica del HAZOP (Hazard and Operability) para la evaluación y determinación de riesgos, así como la metodología denominada Árbol de Fallas para la determinación de la probabilidad de ocurrencia de riesgos y mediante el paquete SCRI (Modelos de Simulación para el análisis de consecuencias por Fuego y Explosión, versión 2.0) se realizaron las simulaciones de fugas de gas natural, de lo cual, aunado a los recorridos en campo donde se instalará el presente proyecto, se derivan las siguientes recomendaciones.

- Atender las recomendaciones que se incluyen en las hojas de trabajo del HAZOP.
- Elaborar y poner en práctica un programa para la calibración de los instrumentos de medición y control, así como para el mantenimiento de los mismos de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- Contar con un sistema de comunicación directa con oficinas de proveedor del gas natural, para reportar cualquier falla en el suministro de gas, así como cualquier emergencia que requiera el cierre del Gasoducto principal que suministrará el energético.
- Realizar simulacros por lo menos dos veces al año en los que se evalúe la capacidad de respuesta del personal para la atención de los eventos de riesgo identificados en el Capítulo I y II del Estudio de Riesgo.
- Considerar la implementación de un sistema de monitoreo operativo en toda la trayectoria del sistema para distribución de gas natural, que además de realizar actividades de supervisión pueda actuar en caso de una emergencia (i.e. cierre de válvulas).

RECOMENDACIONES MUHLBAUER.

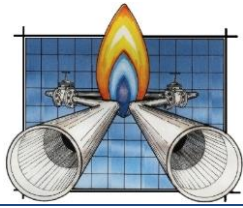
Índice de afectación por terceras partes

- ✓ Considerar en la ingeniería de detalle del proyecto, el diseño y construcción de trampas de envío y recibo de dispositivos de limpieza e inspección interna para la evaluación de la integridad de los gasoductos troncales de acero al carbón.
- ✓ Cuando por razones técnicas el diseño la red de distribución Texcoco, no considere la instalación de trampas de envío y recibo de diablitos, establecer los métodos de evaluación de la integridad mecánica de los ductos de acuerdo a la NOM-009-ASEA-2017.
- ✓ Por Buenas Prácticas de Operación e Ingeniería (BPOI), reducir la frecuencia de celaje, por lo menos a 1 vez cada semana.
- ✓ Elaboración del Estudio de Impacto Social, donde se establezcan medidas de atención a la comunidad que tendrá incidencia en la red de distribución de gas natural.



Control de la corrosión

- ✓ Elaborar los estudios definitivos de la resistividad del suelo previo diseño del Sistema de Protección Catódica.
- ✓ Asegurar que la memoria técnica del Sistema de Protección Catódica a instalar para protección de los gasoductos de acero, contenga como mínimo lo siguiente: tiempo de vida, criterios, ubicación de camas anódicas, número, dimensiones y tipo de los ánodos utilizados, densidad de corriente eléctrica, resistencia total de circuito, por ciento de área desnuda a proteger, especificación de materiales y equipo, cálculos, recomendaciones, prácticas de ingeniería, normas, códigos, reglamentos y regulaciones a observar durante la implementación del mismo.
- ✓ Toda la tubería de acero debe estar protegida mediante Sistema de Protección Catódica desde el primer día de operación; en dado caso que, GNN decida lo contrario (ya una vez evaluada la resistividad del suelo), se debe demostrar mediante un estudio técnico realizado por el área técnica responsable del control de la corrosión externa, que los materiales son resistentes al ataque corrosivo del medio ambiente en el cual son instalados, en este caso el sistema de protección catódica deberá estar instalado en un plazo no mayor a un año posterior al primer día de operación del sistema de distribución de gas natural.
- ✓ Además de la memoria técnica del Sistema de Protección Catódica, contar con los resultados de pruebas de interacción con otros sistemas eléctricos ajenos al sistema de protección catódica (líneas de alta tensión, sistemas de tierras, estructuras metálicas vecinas protegidas o no catódicamente y dependencias involucradas).
- ✓ Una vez instalado el Sistema de Protección Catódica, elaborar los planos y diagramas del sistema de tal y como fue instalado. (Arreglos constructivos de la cama anódica, de la fuente externa de corriente eléctrica directa, conexiones eléctricas cable-Ducto, Ducto-estación de registro de potencial y puentes eléctricos entre Ductos).
- ✓ Elaborar y poner en práctica programas de inspección y mantenimiento periódico de los elementos que conforman los sistemas de protección catódica, evidenciando dichas acciones mediante los registros respectivos.
- ✓ Dentro de la etapa de operación, realizar inspecciones cuando menos cada seis meses del recubrimiento dieléctrico en todos los tramos de los ductos de acero superficiales y en áreas expuestas. Cuando el recubrimiento se encuentre deteriorado se debe reemplazar o reparar.
- ✓ Elaborar y poner en práctica métodos de evaluación de la corrosión externa en ductos en operación, con la finalidad de constatar el óptimo funcionamiento del sistema de protección catódica, lo anterior principalmente para los siguientes factores: corrosión microbiológica, agrietamiento por corrosión bajo esfuerzos (SCC por sus siglas en inglés) agrietamiento bajo tensión en presencia de sulfuros y agrietamiento inducido por sulfuros.



- ✓ Elaborar y poner en práctica métodos de evaluación de la corrosión interna de ductos, con la finalidad de evaluar la pérdida de espesor de la tubería por corrosión interna, tales como: probetas con pérdida de peso, sondas de hidrógeno, embobinadores de ensayo y/o sondas de corrosión.

Ingeniería de diseño

- ✓ Considerar que la presión normal de operación de la red de distribución de gas natural sea por lo menos 10% menor a la MAOP (300 psi en tubería de acero y 100 psi en tubería de polietileno).
- ✓ En las tuberías de polietileno, considerar que el Factor de Seguridad del espesor de las tuberías sea por lo menos de 1.5.

Índice de funcionamiento

- ✓ Considerar en la ingeniería de detalle del proyecto, el diseño y construcción de Válvulas de Seccionamiento automáticas, con la finalidad de que éstas puedan ser controladas de manera remota.

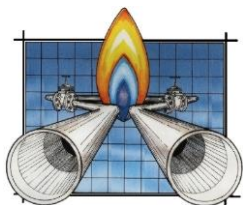
III.1.1 Sistemas de seguridad

Los sistemas de seguridad, son:

- SCADA. Sistema que permite monitorear vía remota el comportamiento de la presión en la City Gate, para envío de las variables operativas al CENAGAS.
- Válvulas de seccionamiento.
- Medidores de presión en las Estaciones de Regulación y Medición.
- TALON. Software que permite monitorear las condiciones operativas de los sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia, para envío a oficinas de GNN en Torreón, Coah., el cual se describe a detalle a continuación:

TALÓN

Es un software que permite monitorear las condiciones operativas de los sistemas de distribución y transporte de Gas Natural (Presión, Temperatura, Volumen y Energía) a distancia. Facilita la retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (Transmisores de Presión y de Temperatura), así mismo, provee la información de dichas condiciones operativas que se generan en la estación de Gas Natural cada vez que sea necesario, teniendo la capacidad de almacenar en su base de datos central los históricos ya sea por día o por hora.



Básicamente se divide en 2 unidades las cuales se componen de los siguientes elementos:

1. UNIDAD CENTRAL

- 2 servidores que se encargaran de visualizar las estaciones de Gas Natural.
- Una Red Virtual que será el espacio destinado para albergar el software de monitoreo.
- Un software de monitoreo (Sheduler) encargado de desplegar y registrar las condiciones operativas de cada estación.
- Un modem maestro operado mediante un paquete de datos con una velocidad de 512 Kilobits por segundo el cual será el encargado de interrogar de manera automática cada una de las estaciones integradas al sistema de monitoreo remoto.
- Un sistema de respaldo de energía el cual además de suministrarle la energía necesaria al modem, se encargará de mantener operando la red virtual por 30 minutos en lo que se restablece la falla eléctrica.

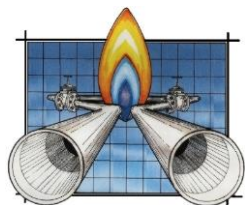
2. UNIDAD REMOTA

- Un computador electrónico de flujo, el cual se encarga de procesar la información de las variables de la estación (Presión, Temperatura, Volumen y Energía), con la capacidad de almacenar dicha información en su base de datos.
- Transmisores de presión, temperatura y un medidor de Gas Natural, los cuales se encargarán de sensar las variables de la estación.
- Un modem esclavo operado mediante un paquete de datos con una velocidad de 512 Kilobits por segundo el cual será el encargado de enviar la información registrada en el computador cada vez que el modem maestro lo solicite.
- Un sistema de respaldo de energía solar para mantener un enlace de comunicación continuo, el cual está diseñado para respaldar has 48 horas en caso de falla.

Debido a las propiedades químicas de la materia prima que Gas Natural del Noroeste suministra a sus clientes, fue necesaria la puesta en operación de un sistema de monitoreo remoto denominado “TALON”.

DESCRIPCIÓN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO “TALON”

Es un sistema de monitoreo remoto que permite visualizar las condiciones operativas de las Estaciones de Regulación y Medición, ubicadas en diferentes puntos del país. El cual interroga mediante un modem GPRS cada una de las estaciones que se desea monitorear, operando con un paquete de datos. Este enlace se refleja en él, mediante el software del sistema TALON (Sheduler), a través de una red privada virtual (VPN), se logra el enlace de comunicación en tiempo real. Para ello,



se instala un computador electrónico de flujo de la marca EAGLE RESEARCH, cuya función principal es recopilar los consumos de volumen y energía, así como las variables de presión y temperatura.

El sistema TALON fue diseñado por la compañía EAGLE RESEARCH, el cual permite monitorear y al mismo tiempo operar el computador electrónico de flujo y así, supervisar de manera constante las condiciones operativas tanto de la estación principal del gasoducto (CITY GATE), así como el último punto de entrega del mismo.

Actualmente se cuenta con 117 sistemas enlazados al sistema TALON, los cuales son supervisados por personal capacitado las 24 horas. Cada sistema está configurado con una serie de alarmas para las variables de presión, aumento de flujo y falla en el suministro de energía del computador electrónico de flujo, las cuales están estandarizadas en 3 condiciones críticas, que dependerán de las condiciones operativas de cada estación.

Así mismo, al suscitarse algún evento que pudiera poner en riesgo a la población cercana al gasoducto y a este, el software tiene la capacidad de notificar tanto al responsable del sistema TALON como a los responsables de los diferentes sistemas de distribución o transporte. Estas notificaciones serán enviadas a través de una alerta vía e-mail y un mensaje de texto vía celular describiendo el tipo de condición que se esté generando en el momento.

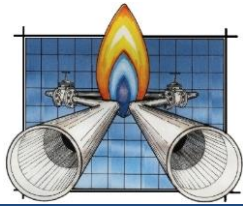
En algunos sistemas de Transporte y Distribución, se cuentan con válvulas de seccionamiento automatizadas, las cuales podrán ser accionadas remotamente en caso de una contingencia o cualquier situación que requiera el cierre total del gasoducto. Sus condiciones de operación, principalmente presión y estado de la válvula, son monitoreadas mediante un Computador Electrónico de Flujo. Una vez que el computador reciba esta información se encargará de analizar las presiones recolectadas y determinar si éstas se encuentran fuera de rango de las Presiones de Operación establecidas, para posteriormente realizar el envío de una alarma, ya sea por baja o alta presión. Esta alarma será procesada en el SCADA Talón el cual genera una alerta que se enviará, vía correo y SMS (mensaje de texto) al Personal de GNN para su atención.

El SCADA Talón también se encargará de recopilar la información del Computador Electrónico en un tiempo programable para guardar históricos y para su monitoreo vía remoto.

SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES CITY GATE TEXCOCO (en operación)

Para el caso del City Gate Texcoco que actualmente se encuentra en operación, se cuenta con un cuarto de medición/Site de comunicación, así mismo la información obtenida del computador electrónico de flujo de dicha estación es enviada hacia el Centro de Control y Monitoreo que está ubicado en las oficinas de Torreón Coahuila a través del siguiente sistema de telecomunicaciones:

Por medio de un convertidor RJ45-Serial LANTRONIX, el Computador de Flujo se enlaza con un Modem Satelital IDIRECT, modelo X3, que sirve para crear la puerta de enlace a través del segmento de red del proveedor de servicios de conectividad satelital.



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
‘Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco’
Estado de México

III

El tráfico de datos de medición es a través de una VPN (Red Privada Virtual), de este modo el tráfico es exclusivamente entre la red del Proveedor de Servicios y la red Texcoco. Cabe señalar que la interrogación del Computador de Flujo puede ser desde cualquier punto de la red.

Todos estos equipos tienen respaldo de energía con un UPS APC Smart UPS 1500, el cual tiene un respaldo de 90 minutos con una carga de 100 watts. Los equipos anteriormente mencionados se quedan dentro del Cuarto de Medición/Site de comunicación que está ubicado dentro del predio de la City Gate.

El tipo de enlace para el envío de información en el cuarto de control central ubicado en Torreón Coahuila es de tipo satelital, el cual cuenta con un ancho de banda de 256 Kbps.

En la siguiente imagen se muestra un esquemático del sistema de Telecomunicaciones aplicado a este proyecto:

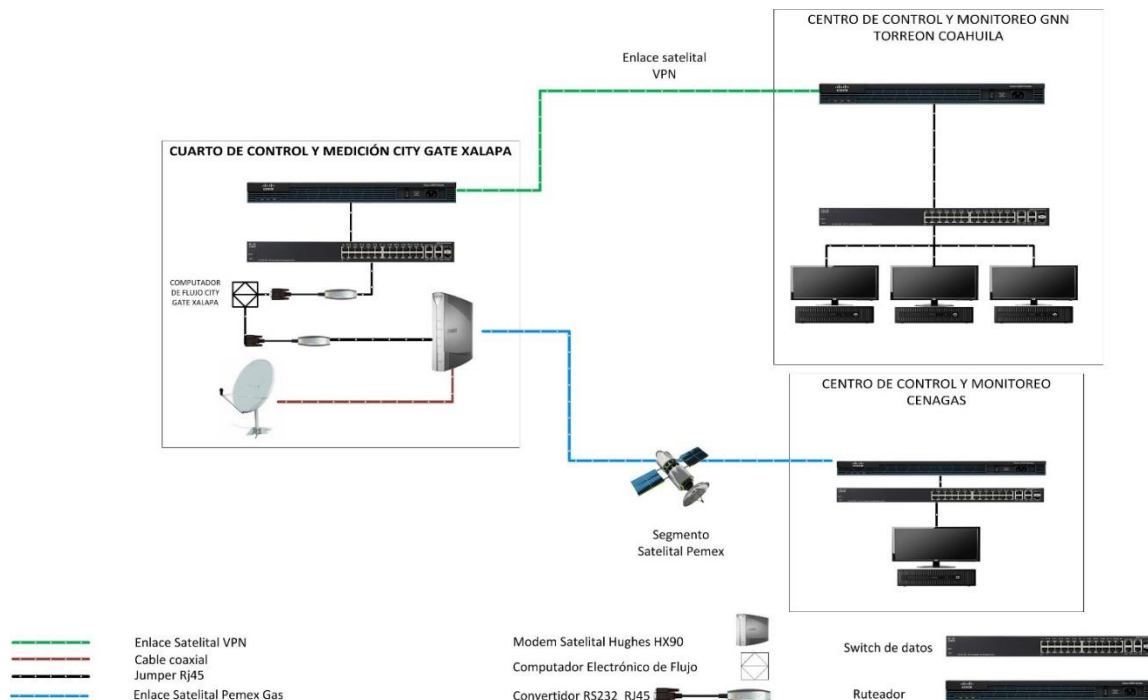
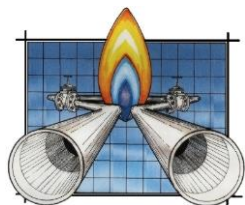


Figura 1 “Esquema de Telecomunicaciones City Gate Texcoco”.

En el caso de un incendio por fuga de gas, se tomarán en cuenta las siguientes indicaciones:

a) Fuga de gas natural a la atmósfera, sin incendio:

Si esto sucede a la intemperie, el gas natural se disipa fácilmente en las capas superiores de la atmósfera; contrariamente, cuando queda atrapado en la parte inferior de techumbres se forman mezclas explosivas con gran potencial para explotar, y explotarán violentamente al entrar en contacto con una fuente de ignición.



- Verificar anticipadamente por medio de pruebas y Auditorias de Seguridad, que la integridad mecánica-eléctrica de las instalaciones está en óptimas condiciones (diseño, construcción y mantenimiento) de acuerdo a las especificaciones establecidas en normas para gasoductos que incluya válvulas, conexiones y accesorios.
- Se instalarán detectores de mezclas explosivas, calor y humo con alarmas audibles y visuales.

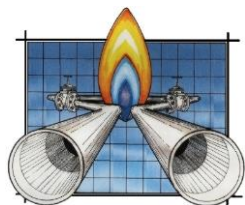
b) Incendio por una fuga de gas natural:

En caso de incendio por fuga de gas natural, procede lo siguiente:

- Se activa el plan de emergencia, según la magnitud del evento.
- Aún sin incendio, asegurarse que el personal utilice el equipo de protección para combate de incendios.
- Bloquear las válvulas que alimentan la fuga y proceder con los movimientos operacionales de ataque a la emergencia, mientras tanto, serán enfriadas con agua las superficies de las instalaciones expuestas al calor.

Aunado a lo anterior, el sistema para distribución de gas natural, contará con los siguientes dispositivos y equipos para emergencias:

Cantidad	Artículo	Especificaciones
1	Medidor de temperatura ambiente,	Graficador de temperatura,
1	Detector de gas (espacios cerrados),	Exposímetro,
1	Medidor de energía,	Milímetro digital,
1	Medidor de presión,	Graficador de presión,
1	Detector de gas natural,	Micro gas,
1	Medidor de mercaptano en sistema,	Detección (odorizante),
1	Medidor de presión (digital),	Manómetro digital,
1	Medidor de temperatura del gas,	Block calibrador de temperatura,
1	Medidor de presión,	Graficador de presión,
1	Detector de fallas fushion bond (en tubería de A.C.),	SPY,
1	Calibrador de espesores,	Positector UTG-ME,
1	Probador portátil para presión hidráulica,	0-3000 PSI,
1	Equipo de auto riego,	Motor a gasolina de 15 HPS,
2	Equipo abrebridas.	Abrebridas.



III.1.2 Medidas Preventivas

A) Medidas de Seguridad.

Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V. cuenta con un programa de seguridad, del cual se deriva una serie de actividades preventivas-correctivas para la eficiente operación del sistema para distribución de gas natural, las cuales se indican en la siguiente tabla:

Tabla 1 Programa de Actividades de Seguridad.

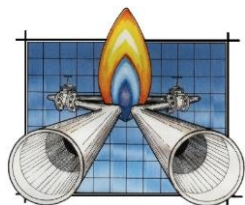
Actividades de Seguridad	Frecuencia
Patrullaje de la franja de desarrollo del sistema.	Diario
Descargo de información en el sistema para promedios de medición de facturación.	Quincenal
Inspección, verificación y prueba de válvula registro de interconexión.	Mensual
Inspección y verificación de equipos e instrumentos de las ERMs.	
Inspección y verificación de equipos e instrumentos de los registros de seccionamiento.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones del cuarto de interconexión.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural en las instalaciones de las ERMs.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural en el interior de los registros de seccionamiento.	
Monitoreo de porcentaje de odorización en el sistema.	
Monitoreo de emanaciones de gas natural sobre la franja de desarrollo del sistema.	Trimestral
Inspección en el incremento de la clase de localización.	Anual

B) Operación y Mantenimiento.

La empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V. cuenta con un programa anual de operación y mantenimiento, el cual está enfocado a disminuir el riesgo de eventos que lleguen a impactar el ecosistema y dañar la integridad mecánica de la instalación. A continuación, se indican las actividades de mantenimiento preventivo a realizar en el sistema para distribución de gas natural:

Tabla 2 Actividades de mantenimiento a realizar.

Actividades de Mantenimiento	Frecuencia
Mantenimiento instrumentación.	
Calibración de manómetros en las ERMs.	Semestral
Mantenimiento eléctrico.	
Levantamiento de potenciales del sistema.	Mensual



Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
‘Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco’
Estado de México

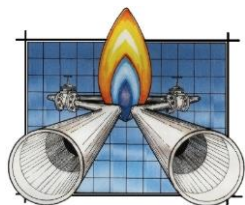
III

Actividades de Mantenimiento	Frecuencia
Toma de resistividad del suelo donde se aloja el gasoducto.	Anual
Medición de tierras físicas.	
Mantenimiento mecánico.	
Mantenimiento y prueba en registros de válvulas de seccionamiento y disparos del sistema.	Bimestral
Mantenimiento preventivo de los filtros en las ERMs.	Semestral
Mantenimiento preventivo, calibración y ajuste a las válvulas reguladoras de las ERMs.	Anual
Mantenimiento preventivo, calibración y ajuste a las válvulas de seguridad de las ERMs.	Semestral
Aplicación de recubrimiento en la interconexión.	
Aplicación de recubrimiento en las ERMs.	
Aplicación de recubrimiento en los registros de seccionamiento.	
Medición de espesores en instalaciones superficiales.	Anual
Mantenimiento al equipo de motorización.	
Servicios generales.	
Limpieza y aseo general de las instalaciones del cuarto de interconexión.	Mensual
Limpieza y aseo general de las instalaciones de las ERMs.	
Limpieza y aseo general de las instalaciones de los registros de seccionamiento.	
Limpieza y desazolve de la señalización tipo "4" y tipo "R".	Trimestral
Aplicación de pintura a la señalización tipo "4" y tipo "R" en el sistema.	
Limpieza y desazolve de la franja de desarrollo del sistema.	Cuatrimestral

Aunado a las actividades indicadas en las **Tablas 1 y 2**, se realizarán las siguientes actividades de mantenimiento en el sistema para distribución:

1. Monitoreo de fugitivos de Gas Natural en el derecho de vía,
2. Mantenimiento a señalamientos.

Para todas y cada una de las actividades de operación y mantenimiento, se contará con evidencias de su realización, tales como: órdenes de trabajo y registros de las actividades realizadas.



C) Verificaciones y/o Auditorías de Seguridad.

Las actividades de mantenimiento a ejecutar en el sistema para distribución de gas natural, estarán fundamentadas desde la planeación eficiente y diseños de construcción del proyecto, por lo que se dará cumplimiento a la **NOM-003-ASEA-2016**, misma que establece que se debe realizar una verificación anual por parte de una Unidad de Verificación, acreditada ante la Comisión Reguladora de Energía (CRE), la cual verificará y emitirá el dictamen en base a los siguientes puntos relacionados con la **seguridad, operación y mantenimiento** del sistema para distribución de Gas Natural.

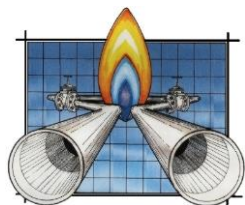
Verificación de Operación y Mantenimiento.

1. Procedimientos de Operación y Mantenimiento,
2. Señalamientos,
3. Registros de vigilancia y patrullaje,
4. Registros de inspección de los dispositivos de control de presión,
5. Mantenimiento de registros,
6. Registros de mantenimiento de válvulas,
7. Control de corrosión externa,
8. Registros de Inspección y mantenimiento a estación de regulación y medición,
9. Documentación histórica y evaluación de la ingeniería,
10. Programa y registros de capacitación y/o entrenamiento.

Verificación de Seguridad.

1. Plan Integral de Seguridad y Protección Civil,
2. Programa de Prevención de Accidentes y registros de simulacros,
3. Programa para la prevención de daños,
4. Programa de auxilio,
5. Programa de recuperación,
6. Educación al público,
7. Investigación de fallas,
8. Procedimientos de emergencias.

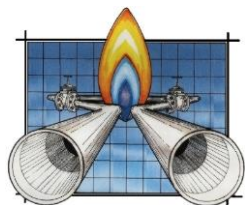
Así mismo, para la etapa de construcción e instalación del sistema para distribución de gas natural, se debe de contar con un dictamen de inicio de operaciones o de construcción realizado por la Unidad Verificadora.



Atención a Emergencias.

Para la atención a emergencias, la Promovente cuenta con procedimientos técnicos operativos, mismos que se encuentran actualizados y serán aplicados por parte del personal al momento de presentarse una situación de emergencia. Dichos procedimientos se indican a continuación:

- PO-OYM-OPE-08. Patrullaje de los sistemas de transporte.
- PO-OYM-OPE-09. Detección y localización de fugas.
- PO-OYM-OPE-10. Clasificación de fugas de gas Natural.
- PO-OYM-MANTTO-04. Medición de resistividad del suelo.
- PO-OYM-MANTTO-05. Toma de potencial entre tubería y suelo.
- PO-OYM-MANTTO-06. Revisión de aislamiento eléctrico en camisas.
- PO-OYM-MANTTO-07. Revisión de aislamiento eléctrico.
- PO-OYM-MANTTO-10. Calibración de espesores en instalaciones superficiales.
- PO-OYM-MANTTO-11. Manejo e instalación de tuberías de acero.
- PO-OYM-MANTTO-12. Mantenimiento a casetas de ERM.
- PO-OYM-MANTTO-14. Mantenimiento a válvulas reguladores instaladas en la ERM.
- PO-OYM-MANTTO-18. Pintado de instalaciones.
- PO-OYM-MANTTO-19. Garantizar la señalización de la franja de desarrollo del sistema.
- PO-OYM-MANTTO-20. Lavado de tuberías y accesorios en City Gates, ERM y cuarto de interconexión.
- PO-OYM-MANTTO-21. Limpieza a la franja de desarrollo del sistema.
- PO-OYM-MANTTO-25. Calibración de los transmisores multivariantes.
- PO-OYM-MANTTO-26. Calibración del tablero y sensores de mezclas explosivas.
- PR-OYM-OPE-02. Programa de visitas a sistemas en operación.
- FR-OYM-OPE-02. Verificación de fugas de gas natural.
- FR-OYM-OPE-03. Verificación de conexión eléctrica ánodo-cables y ánodo-ánodo.
- FR-OYM-OPE-04. Verificación de instalación de poste de monitoreo y cupón.
- FR-OYM-OPE-05. Puesta en marcha del sistema de protección catódica por ánodos galvánicos.
- FR-OYM-MANTTO-04. Informe de calibración.
- FR-OYM-MANTTO-05. Etiqueta de calibración.



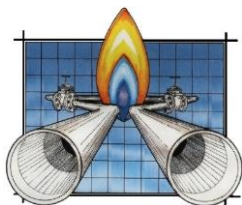
Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
‘Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco’
Estado de México

III

- FR-OYM-MANTTO-06. Reporte de medición de espesores.
- FR-OYM-MANTTO-07. Reporte de recubrimiento anticorrosivo.
- FR-OYM-MANTTO-09. Calibración de instrumentos.

Así mismo, se cuenta con un programa de capacitación anual de seguridad en el cual se tiene programada la realización de simulacros tanto en gabinete y en campo, lo cual forma parte de la política de seguridad, ya que es importante tener al personal operativo capacitado y entrenado para atender cualquier situación de emergencia de manera oportuna.

En términos generales, la empresa Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V. cuenta con las medidas de seguridad requeridas para asegurar la eficiente operación y mantenimiento de la instalación, con el objeto de brindar una operación confiable del sistema para distribución de gas natural a los socios comerciales e industriales; así mismo, contará con un Sistema de Auditorías y Verificaciones por empresas acreditadas y Unidades de Verificación, para la obtención de los dictámenes que aseguren la integridad mecánica y la operabilidad del sistema.

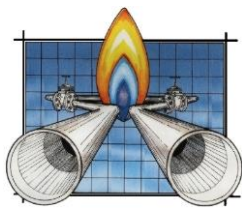


Estudio de Riesgo Ambiental (ERA)
Sector Hidrocarburos
‘Sistema de Distribución de Gas Natural, Texcoco’
Estado de México

IV

Índice

IV. RESUMEN	2
IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL	2
IV.2 HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL	2
IV.3 PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO	3



IV. RESUMEN

IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

El Sistema para Distribución de Gas Natural, presenta un grado de riesgo alto dada la actividad principal que se tiene contemplada realizar (distribución de gas natural), sin embargo, dicho nivel de riesgo puede estar controlado si se emplean adecuados procedimientos de operación y mantenimiento, pero principalmente en aspectos constructivos que aseguren que el sistema presenta una integridad funcional alta; así mismo mediante la aplicación de las recomendaciones señaladas en el presente capítulo y la correcta aplicación de los procedimientos y/o programas de operación y mantenimiento que la Promovente tiene establecidos para la aplicación de las buenas prácticas de ingeniería para la operación de las instalaciones, permite se pueda realizar una mejora continua y así mantener el grado de riesgo moderado o bajarlo a un nivel de riesgo mínimo. Así mismo, en cuanto a los resultados del HAZOP, se constató que las variables principales a monitorear son Presión y Flujo, ya que de acuerdo al análisis realizado, las principales desviaciones detectadas de mayor riesgo (riesgo Medio) son las de menos y más presión/flujo, por fallas específicas en los instrumentos de control y de seguridad (que de acuerdo al Árbol de Fallas realizado, su probabilidad de ocurrencia es muy baja) o por agentes externos que pueden afectar la operación del sistema para distribución de gas natural, tal es el caso de una ruptura de línea principal causada por terceros o fenómeno natural, mismas que, de acuerdo a la literatura son las principales afectaciones en gasoductos enterrados.

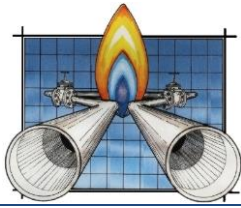
La verificación de la integridad mecánica y de operación del gasoducto por una UV acreditada y aprobada por la ASEA y la EMA, se realizará antes de entrar en operación y posteriormente con apego a la normativa, lo que asegura y reduce los riesgos del sistema para distribución de gas natural.

En base a lo anterior, se concluye que existe la factibilidad técnica económica y administrativa, para la construcción del sistema para distribución de gas natural para usos propios que tendrá incidencia en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

IV.2 HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL

El presente Estudio de Riesgo Ambiental corresponde a la construcción de un sistema de distribución de gas natural propiedad de Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., compuesto por tubería en acero al carbón y en polietileno de alta densidad, mismo que en su construcción se utilizará el sistema direccional para salvar obstáculos que pudieran presentar algún impacto y riesgo al ambiente, a los habitantes de la población y bienes de los mismos.

El presente estudio llevó a la conclusión de que los riesgos mayores del sistema, es la incidencia de incendio y explosión por afectación por terceros en la trayectoria del mismo, principalmente en las instalaciones superficiales, ya que de acuerdo al análisis HAZOP existen parámetros operacionales que pueden repercutir en posibles fallas (rupturas de línea) con probable liberación de gas en las principales instalaciones de proceso, causadas por sobrepresión en las líneas de conducción, falla de válvulas manuales o por la falla en los sistemas de seguridad como válvulas de alivio y transmisores de presión,



y que por su ubicación podrían afectar infraestructura urbana, con repercusiones en caso de presentarse un efecto dominó.

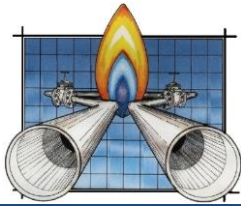
El riesgo existente por la conducción de Gas Natural por ductos es evidente, mismo que puede ser controlado mediante los instrumentos de seguridad y para la supervisión de las condiciones operativas del sistema, aunado a que el transporte por ductos de hidrocarburos es de los más seguros y confiables. Aunado a lo anterior, los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, ayudan a anticiparse a cualquier falla mecánica o de operación que se pueda presentar.

En el proyecto ejecutivo en cuestión, se aplica ingeniería de punta con el objetivo de minimizar los riesgos implícitos y satisfacer a sus clientes y socios de un combustible más limpio y amigable con el ambiente. Como resultado del análisis de riesgo, basado en las memorias técnicas-descriptivas y diagrama de instrumentación (DTIs) y de las líneas de conducción, se consideraron aquellos eventos donde estuvieran involucrados los sucesos similares ocurridos en otras zonas donde se realiza el mismo diseño y construcción de gasoducto, se tomaron en cuenta los accesorios, tales como: válvulas, medidores, bridas y reguladores, para la determinación de las desviaciones, causas y consecuencias de probables eventos producidos por fallas mecánicas o de operabilidad con sus probables áreas de afectación. Como medida de seguridad, antes de iniciar operaciones, la empresa Promovente obtendrá el dictamen de verificación de la integridad mecánica de la red de distribución de gas natural, por parte de una UV acreditada y aprobada por la ASEA y la EMA.

IV.3 PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO

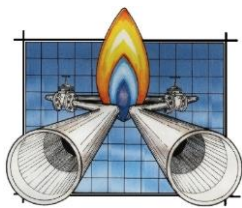
El Informe Técnico del Estudio de Riesgo Ambiental, se presenta en el Anexo 15.

Ver Anexo 15. Informe Técnico del Estudio de Riesgo.



Índice

V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.	2
V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN	2
V.1.1 Planos de localización	2
V.1.2 Fotografías	2
V.1.3 Videos	2
V.2 OTROS ANEXOS.....	2



V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.

V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN

V.1.1 Planos de localización

Los planos de localización del proyecto se incluyen en el **Anexo 1**.

V.1.2 Fotografías

Las fotografías del proyecto se incluyen en el **Anexo 16**.

V.1.3 Videos

Para el presente proyecto no se realizaron videograbaciones.

V.2 OTROS ANEXOS

a) Documentos legales.

La documentación legal se incluye en los Anexos de la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional (MIA-R) que acompaña al presente estudio.

b) Cartografía consultada.

La cartografía consultada fue del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

c) Autorizaciones y permisos.

Actualmente no se cuenta con autorizaciones y permisos para el desarrollo del proyecto, sin embargo, para antes de iniciar con la etapa de preparación del sitio, se obtendrán las siguientes autorizaciones:

- En materia de Impacto y Riesgo Ambiental.
- Licencias de Uso de Suelo y de Construcción expedidas por cada municipio donde incide la red.
- Contratos de servidumbre voluntaria de paso para la red de gasoductos.
- Para cruzamientos (CFE, SCT y CONAGUA, principalmente).
- Título de permiso para distribución de gas natural ante la Comisión Reguladora de Energía (CRE).

d) Memorias descriptivas de la(s) metodología(s) utilizada(s).

La descripción de las metodologías empleadas para el análisis de riesgo se incluye en el Capítulo II.

e) Memoria técnica de la(s) modelación(es).

Las memorias técnicas de las simulaciones realizadas, se incluyen en el **Anexo 13**.