

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

Gas del Atlántico

S.A. de C.V.

(Planta Coatepec)

DATOS GENERALES.....	4
Nombre o razón social de la empresa u organismo	4
Registro Federal de Contribuyentes de la empresa.	4
Cámara o asociación a la que pertenece	4
Actividad productiva principal del establecimiento.	4
Domicilio del establecimiento	4
Km 1.5 (tramo Puerto Rico – Tuzamapan) de la carretera Xalapa Cordoba, municipio de Coatepec, Veracruz.	4
Coordenadas de Ubicación	4
Domicilio para oír y recibir notificaciones	4
Nombre completo del Representante Legal	4
Nombre de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo	4
Domicilio de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo	4
CAPITULO I	5
ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO	5
I.1 BASES DE DISEÑO	6
i. Tormentas de electricidad	10
ii. Inundaciones	13
iii. Ciclones tropicales	14
iv. Tornados	15
v. Vientos	16
I.1.1 PROYECTO CIVIL	27
I.1.2 PROYECTO MECÁNICO	33
I.1.3 PROYECTO SISTEMA CONTRA-INCENDIO	36
I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO	43
I.2.1 HOJAS DE SEGURIDAD	47
I.2.2 ALMACENAMIENTO	50
I.2.3 EQUIPOS DE PROCESO Y AUXILIARES	67
I.2.4 PRUEBAS DE VERIFICACIÓN	73
I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	76

I.3.1 ESPECIFICACIONES DEL CUARTO DE CONTROL	83
I.3.2 SISTEMAS DE AISLAMIENTO	84
I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS	84
I.4.1 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES	84
I.4.2 METODOLOGIAS DE IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN	91
CAPITULO II	159
DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN ENTORNO A LAS INSTALACIONES	159
II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN	160
CAPITULO III	216
III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS	217
III.1.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD	219
III.1.2 MEDIDAS PREVENTIVAS	227
CAPITULO IV	230
RESUMEN	230
IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL	231
IV.2 HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL	232
IV.3 PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO	247
CAPITULO V	248
V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN	249
V.1.1 Planos de localización	249
V.1.2 Fotografías	249
V.1.3 Videos	249

DATOS GENERALES

Nombre o razón social de la empresa u organismo.

Gas del Atlántico, S.A de C.V. (Planta Coatepec)

Registro Federal de Contribuyentes de la empresa.

GAT960911GI5

Cámara o asociación a la que pertenece

Asociación Mexicana de Distribuidores de Gas, L.P.

Actividad productiva principal del establecimiento.

Planta de almacenamiento para distribución de gas L.P. (Planta Coatepec)

Domicilio del establecimiento

Km 1.5 (tramo Puerto Rico – Tuzamapan) de la carretera Xalapa Cordoba, municipio de Coatepec, Veracruz.

Coordenadas de Ubicación

	1	2	3	4
Latitud	9°25'56.55"N	19°25'53.66"N	19°25'51.03"N	19°25'53.90"N
Longitud	96°53'32.48"O	96°53'30.14"O	96°53'33.64"O	96°53'36.12"O

Domicilio para oír y recibir notificaciones

Calle: [REDACTED] Colonia: [REDACTED] C. P.: [REDACTED] Municipio:

[REDACTED] Estado: [REDACTED] E-mail: [REDACTED]

Tel. [REDACTED]

Nombre completo del Representante Legal

Lic. José Gerardo Cueva Luna

Nombre de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo

Grupo Ambiental Hábitat, S.A. de C.V.

Domicilio de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo

Calle: [REDACTED]

Colonia: [REDACTED]

Código Postal: [REDACTED]

Municipio: [REDACTED]

Estado: [REDACTED]

Teléfono y Fax: [REDACTED]

Correo Electrónico: [REDACTED]

Domicilio, Teléfono y Correo Electrónico del Representante Legal, Art. 113 fracción I de la LFTAIP y 116 primer párrafo de la LGTAIP.

Domicilio, Teléfono y Correo Electrónico del Responsable Técnico del Estudio, Art. 113 fracción I de la LFTAIP y 116 primer párrafo de la LGTAIP.

CAPITULO I

ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

I.1 BASES DE DISEÑO

I.1. A) DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto consiste en la operación y mantenimiento de una planta de almacenamiento y distribución con estación de carburación para Gas L.P. (Planta Coatepec). La finalidad intrínseca del proyecto es de almacenar y distribuir Gas L.P. a los diferentes núcleos poblacionales de las zonas adyacentes, ya sea en recipientes portátiles o en tanques estacionarios de los usuarios; en el caso de la estación de carburación, su objeto es la distribución de combustible a los vehículos que lo soliciten. Lo anterior coadyuba a satisfacer la demanda energética de la población a escala local.

Para satisfacer la demanda de combustible, la Planta Coatepec cuenta con una capacidad de almacenamiento de gas L.P. instalada de 500,000 L (agua al 100%) en dos tanques con capacidad independiente de 250,000 L. Y para el caso de la estación de carburación, se tiene una capacidad instalada de 10,000 L (agua al 100%) repartida en dos tanques con capacidad independiente de 5,000 L.

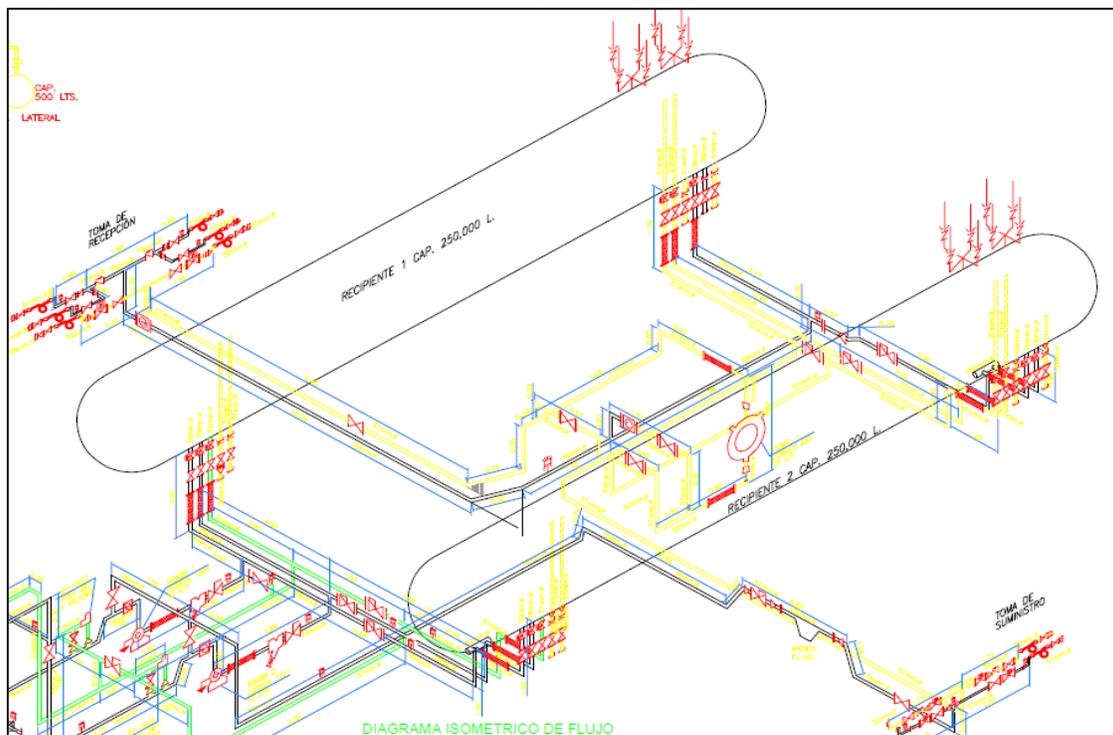


Figura I.1.1.1 Isométrico de los tanques de almacenamiento de gas L.P. de la planta de almacenamiento

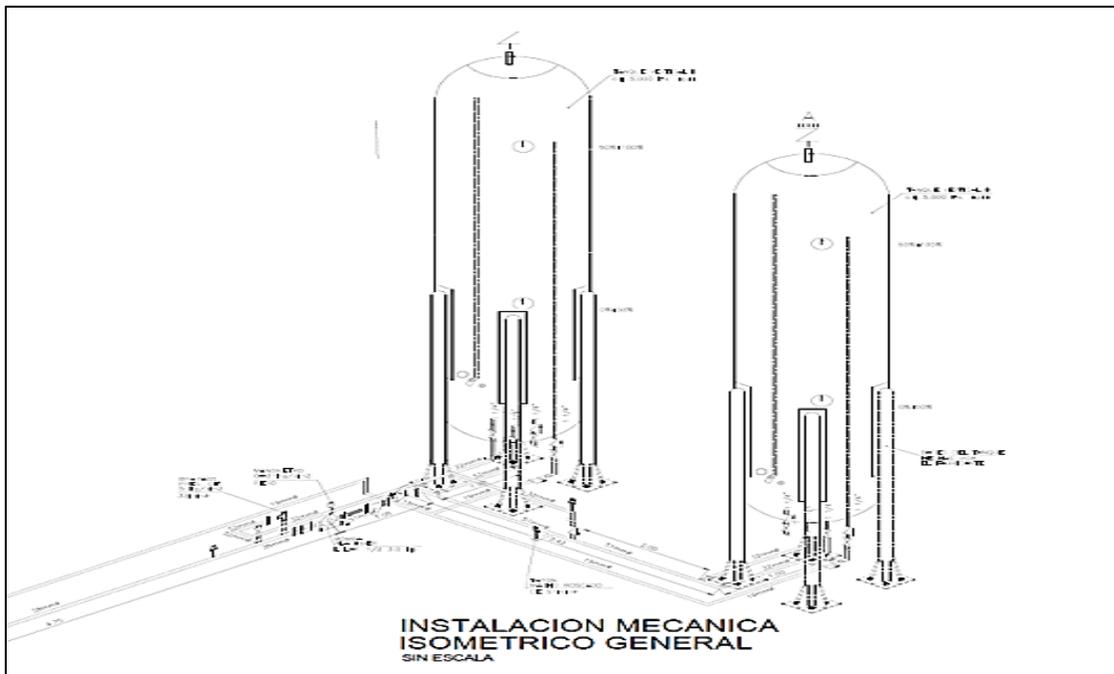


Figura I.1.1.2 Isométrico de los tanques de almacenamiento de gas L.P. de la estación de carburación

La Planta Coatepec se encuentra localizada en el Km 1.5 (tramo Puerto Rico – Tuzamapan) de la carretera Xalapa Cordoba, municipio de Coatepec, Veracruz. La poligonal del proyecto esta georreferenciada en las siguientes coordenadas:

TABLA I.1.1.1 GEORREFERENCIA DE LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO				
	1	2	3	4
Latitud	9°25'56.55"N	19°25'53.66"N	19°25'51.03"N	19°25'53.90"N
Longitud	96°53'32.48"O	96°53'30.14"O	96°53'33.64"O	96°53'36.12"O
Este	721289.23 mE	721358.59 mE	721257.47 mE	721184.03 mE
Norte	2150024.44 mN	2149936.40 mN	2149854.27 mN	2149941.65 mN
Altura	1047 msnm			



Figura I.1.1.5 Geoposicionamiento de la poligonal de la Planta Coatepec.

Las colindancias del predio donde se ubica el proyecto se presentan en la tabla I.1.1.2.

TABLA I.1.1.2 GEORREFERENCIA DE LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO			
Colindancia	Planta de almacenamiento	Estación de carburación	
Norte	En 75.20 m colinda con terreno propiedad de la misma empresa, sin actividades.	Al Noroeste en 11.05 m con la planta de almacenamiento, propiedad de Gas del Atlántico S.A. de C.V.	N/D
Sur	Al Suroeste, en 116.25 m colinda con terreno propiedad de la misma empresa sin actividades y con la carretera Veracruz-	Al Suroeste en 60.43 metros con carriles de aceleración y desaceleración en km 1.5 de la Carretera Puerto Rico-Córdoba.	

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

TABLA I.1.1.2 GEORREFERENCIA DE LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO

	Córdoba tramo Puerto Rico-Totutla.		
Este	Al Este, en 107.35 m colinda con terreno propiedad de la misma empresa, sin actividades.	N/D	
Oeste	Al Oeste en 107.35 m colinda con terreno propiedad de la misma empresa sin actividades.	N/D	

I.1. B) CRITERIOS NORMATIVOS DE DISEÑO

La planta de almacenamiento y distribución de gas L.P. (Planta Coatepec) se diseñó en su momento apeándose a los lineamientos del reglamento de gas licuado de petróleo y a las disposiciones estipuladas en la NOM-001-SEDG-1996. No obstante, en la actualidad la Planta Coatepec cumple con las disposiciones de la nom-001-SESH-2014 para el caso de los criterios de *layout* y condiciones operativas de la planta de almacenamiento y de igual manera para el caso de la estación de carburación con la NOM-003-SEDG-2004.

En la tabla I.1.B.1 se presentan las normativas a las que se apega la Planta Coatepec.

TABLA I.1.B.1 NORMATIVAS DE DISEÑO Y OPERACIÓN A LOS QUE SE APEGA LA PLANTA COATEPEC

NORMATIVA	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA DE CUMPLIMIENTO
NOM-001-SESH-2014	Disposiciones de diseño construcción y condiciones seguras de operación de plantas de almacenamiento distribución de gas L.P.	Reporte técnico tipo E (véase anexo D) Dictamen de la norma (véase anexo D)

TABLA I.1.B.1 NORMATIVAS DE DISEÑO Y OPERACIÓN A LOS QUE SE APEGA LA PLANTA COATEPEC

NOM-001-SEDE-2012	Disposiciones de seguridad para instalaciones eléctricas de áreas consideradas como peligrosas.	Dictamen de la norma (véase anexo D)
NOM-003-SEDG-2004	Disposiciones de diseño, construcción y condiciones seguras de operación de estaciones de gas L.P. para carburación.	Reporte técnico tipo E (véase anexo D) Dictamen de la norma (véase anexo D)
NOM-013-SEDG-2002	Metodología de evaluación de la integridad mecánica de tanques de almacenamiento de gas L.P.	Dictamen de la norma de cada uno de los tanques (véase anexo D)

I.1. C) FACTORES EXTERNOS DE DISEÑO

Debido a que la Planta Coatepec ya está construida, el análisis de los factores de influencia externos que se haga en este apartado se enfocará a la detección de factores geológicos e hidrometeorológicos externos que pudieran representar un factor de riesgo para las operaciones del proyecto.

I.1.C.1 Susceptibilidad de la zona a fenómenos climatológicos

i. Tormentas de electricidad

De acuerdo con un estudio de accidentes de tanques de almacenamiento en el que se revisaron 242 accidentes ocurridos en instalaciones industriales en los últimos 40 años, se tiene que un 33% de tales accidentes fueron causados por relámpagos y siendo estos la causa más frecuente de accidentes (Chang & Lin, 2006).

Cause of tank accidents						
Year	1960–1969	1970–1979	1980–1989	1990–1999	2000–2003	Total
Lightning	4	10	19	37	10	80
Maintenance/hot work	1	5	9	12	5	32
Operational error	1	5	6	8	9	29
Equipment failure	3	1	5	7	3	19
Sabotage	2	5	2	6	3	18
Crack/rupture	0	3	3	3	8	17
Leaks and line rupture	0	3	2	5	5	15
Static electricity	2	1	2	2	5	12
Open flame	1	0	4	2	1	8
Nature disaster	1	2	1	1	2	7
Runaway reaction	2	1	0	2	0	5
Total	17	36	53	85	51	242

Imagen I.1.C.1.1 Causas de accidentes de tanques, en el recuadro amarillo se aprecia el número de accidentes causados por relámpagos. Recuperado de: (Chang & Lin, 2006)

Principalmente hay dos causas de accidentes generados por relámpagos. La primera se debe al impacto directo y la segunda se debe a los efectos secundarios resultantes, tales como la polarización eléctrica, el pulso electromagnético, el pulso electrostático y las corrientes terrestres. El impacto directo de un relámpago tiene un radio de afectación de 10 metros. Cuando un tanque de almacenamiento se encuentra en una zona con probabilidad de impacto directo por un relámpago, los vapores inflamables que se encuentren expuestos al efecto del impacto eléctrico pueden generar ignición.

De entre los 80 accidentes de tanques causados por relámpagos, una docena de tanques fueron impactos directamente, resultando en voladuras de la tapa superior del tanque y destrucción masiva. A título de ejemplo, el 24 de octubre de 1995 en Gilicap, Indonesia un relámpago impactó a un tanque de techo flotante que contenía “naphtha” el cual resultó en un incendio y pérdidas materiales estimadas en 38 millones de pesos (Chang & Lin, 2006).

Una célula convectiva índice una carga en la superficie terrestre y se estructura proyectándose desde superficie por debajo de la célula. Dicha área que se carga puede variar en magnitud desde los 15 a los 150 km², lo cual es muy superior al área de afectación que tiene el impacto directo de un relámpago. Además, los riesgos que conllevan fuego son por mucho superior a los riesgos por impacto directo de un relámpago. A título de ejemplo después de un impacto por relámpago cercano, un tanque de almacenamiento con un aterrizaje adecuado todavía podría tomar de una célula convectiva carga inducida, sin embargo, esta carga será expulsada más rápidamente.

Por otra parte, las juntas flexibles de los tanques de almacenamiento de techo flotante son especialmente susceptibles a generar ignición durante una tormenta eléctrica. La mayoría de los incendios que se han originado en las juntas flexibles de dichos tanques, fueron extinguidos en pocas horas, sin embargo, en 1989, un relámpago en Dar Es Salaam, Tanzania, condujo a un incendio de 360° en la junta flexible de un tanque de techo sumergible con capacidad de 80,000 barriles de crudo, el cual duro 5 días. Así mismo, para 1991 en Singapur, un incendio originado en la junta flexible de un tanque de almacenamiento de techo sumergible escaló a un incendio total dentro del tanque de contención. Por lo anterior, el uso de juntas o sellos herméticos que prevengan el escape de líquidos o vapores se torna indispensable para asegurar un almacenamiento seguro. Los tubos de venteo también son susceptibles a iniciar ignición al existir tormentas eléctricas, por lo que el empleo de arrestadores de flama es importante.

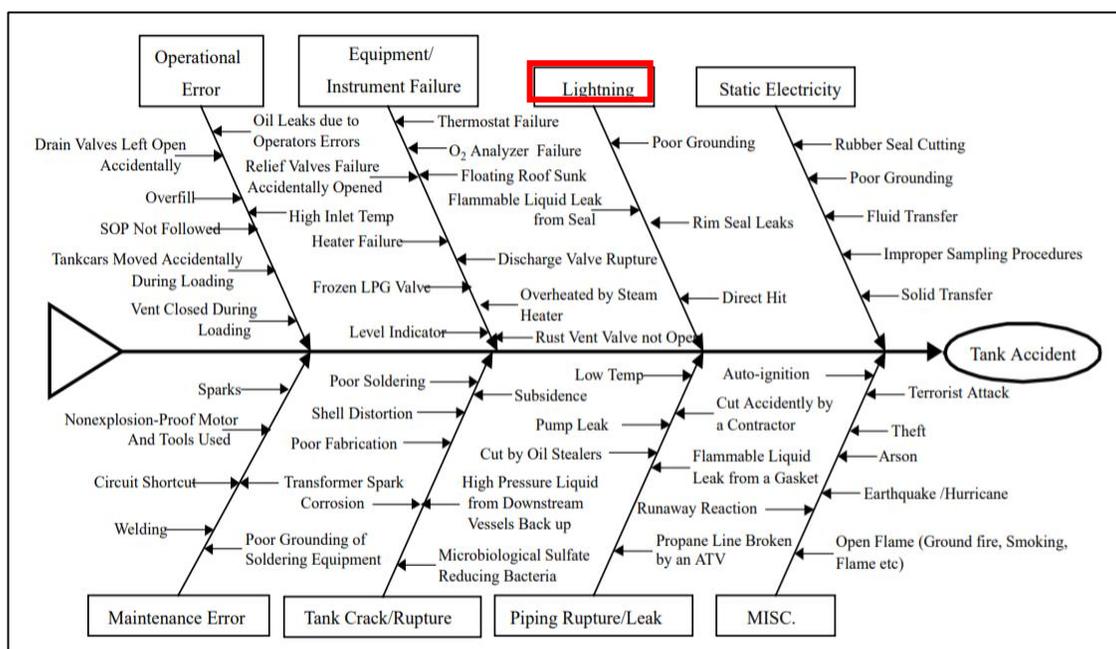


Imagen I.1.C.1.2 Diagrama de Ishikawa de las causas que originan accidentes en tanques de almacenamiento de sustancias inflamables, en rojo se pueden apreciar los aspectos relacionados a las tormentas eléctricas (relámpagos). Recuperado de: (Chang & Lin, 2006)

Respecto al presente proyecto, de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED, el sitio donde se ubica la Planta Coatepec propiedad esta categorizado con un índice BAJO de riesgo por tormentas eléctricas a nivel municipal, por lo que este fenómeno no representa un factor de riesgo para las operaciones de la Planta Coatepec.



Imagen I.1.C.1.3 Categorización a nivel regional por índice de riesgo tormentas eléctricas. Recuperado del Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED.

ii. Inundaciones

Una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas o regiones que habitualmente se encuentran secas. Normalmente es consecuencia de la aportación inusual y más o menos repentina de una cantidad de agua superior a la que puede drenar el propio cauce del río, aunque no siempre es este el motivo. Las inundaciones se producen por diversas causas (o la combinación de éstas), pueden ser causas naturales como las lluvias, oleaje o deshielo o no naturales como la rotura de presas, por ejemplo.

Respecto al presente proyecto, de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED, el sitio donde se ubica la Planta Coatepec esta categorizado con un índice ALTO de peligro por inundación (véase la imagen I.1.1.1.4), no obstante en el municipio de Coatepec no se han registrado inundaciones en los últimos 50 años, por lo que este factor hidrometeorológico no representa un factor de riesgo significativo.

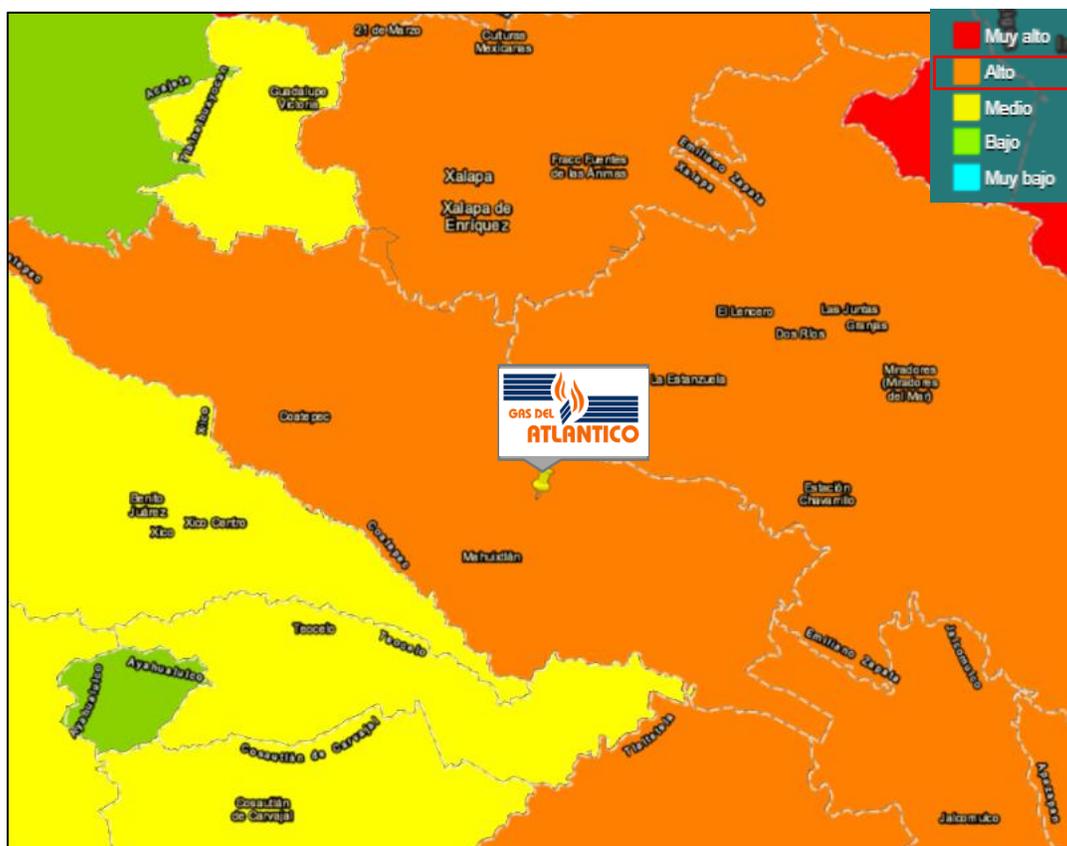


Imagen I.1.C.1.4 Categorización a nivel regional por índice de riesgo por inundación. Recuperado del Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED.

iii. Ciclones tropicales

Los ciclones tropicales son unos de los fenómenos más poderosos y destructivos en la naturaleza. Aún aquellas áreas que se encuentran bien apartadas de la costa pueden estar amenazadas por vientos destructivos, tornados e inundaciones de estas tormentas. ¿Cuán grande es el peligro?; Entre 1970-2010, el promedio de ciclones tropicales por año fue el siguiente (NOAA, 2013):

Océano Atlántico, Mar Caribe y Golfo de México: 11 tormentas tropicales, 6 de las cuales se convirtieron en huracanes

- Océano Pacífico Este: 15 tormentas tropicales, 8 de las cuales se convirtieron en huracanes
- Océano Pacífico Central: 4 tormentas tropicales, 2 de las cuales se convirtieron en huracanes

Mientras que los huracanes son la mayor amenaza a la vida y la propiedad, las tormentas tropicales y depresiones también pueden ser devastadoras. Las inundaciones por lluvias torrenciales y el tiempo severo, como los tornados, pueden causar daños extensos y pérdida de vidas humanas (NOAA, 2013).

Los ciclones tropicales que se forman entre los 5° y 30° grados de latitud norte típicamente se mueven hacia el oeste. Algunas veces los vientos en las capas medias y altas de la atmósfera cambian y giran el ciclón hacia el noroeste y norte. Cuando los ciclones tropicales alcanzan las latitudes cerca de 30° grados Norte, muchas veces se mueven hacia el noreste. Las temporadas de huracanes para cada cuenca y sus temporadas picos son las siguientes (NOAA, 2013):

- Atlántico y Caribe: 1er de junio hasta 30 noviembre con la temporada pico entre mediados de agosto hasta finales de octubre.
- Pacífico Central (Hawái): 1er de junio hasta 30 noviembre 30 con la temporada pico desde julio hasta septiembre.
- Pacífico Este: 15 mayo hasta 30 noviembre.
- Pacífico Noroeste: Los ciclones tropicales pueden formarse durante todo el año.

Respecto al presente proyecto, de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED, el sitio donde se ubica la Planta Coatepec esta categorizado con índice MUY BAJO de riesgo por ciclones tropicales.



Imagen I.1.C.1.5 Categorización a nivel regional por índice de riesgo por ciclones tropicales. Recuperado del Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED.

Por lo que este fenómeno meteorológico no representa una amenaza latente para la salvaguarda de la integridad de las personas, medio ambiente e instalaciones del presente proyecto.

iv. Tornados

Los huracanes y tormentas tropicales pueden también producir tornados. Estos tornados muchas veces ocurren dentro de las bandas de lluvias y tormentas eléctricas que están muy lejos del centro del huracán; sin embargo, éstos también

pueden ocurrir cerca de la pared del ojo. Usualmente, los tornados producidos por ciclones tropicales son relativamente débiles y de corta vida, pero aún representan una amenaza significativa (NOAA, 2013).

Respecto al presente proyecto, de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED, el sitio donde se ubica la Planta Coatepec, esta categorizado como municipio sin presencia de tornados, por lo que este fenómeno hidrometeorológico no representa un riesgo para las operaciones del proyecto.



Imagen I.1.C.1.6 Categorización a nivel regional por índice de riesgo por tornados. Recuperado del Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED.

v. Vientos

Los vientos con fuerza de huracán, 74 mph o más, pueden destruir edificios y casas rodantes. Los escombros, como los letreros, materiales de construcción, moldes y pequeños objetos dejados fuera de las casas se convierten en misiles volantes durante los huracanes. Los vientos por encima de la fuerza de huracán pueden ocurrir bien tierra adentro. En el 2004, el huracán Charley tocó tierra en Punta Gorda en el suroeste de la costa de la Florida y produjo daños mayores bien adentro de la costa a través de la región central de la Florida con ráfagas de más de 100 mph (NOAA, 2013).

Respecto al presente proyecto, de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED, el sitio donde se ubica la Planta Coatepec no es susceptible a presentar vientos con categoría de huracán, esto de acuerdo con los datos históricos de regionalización eólica.

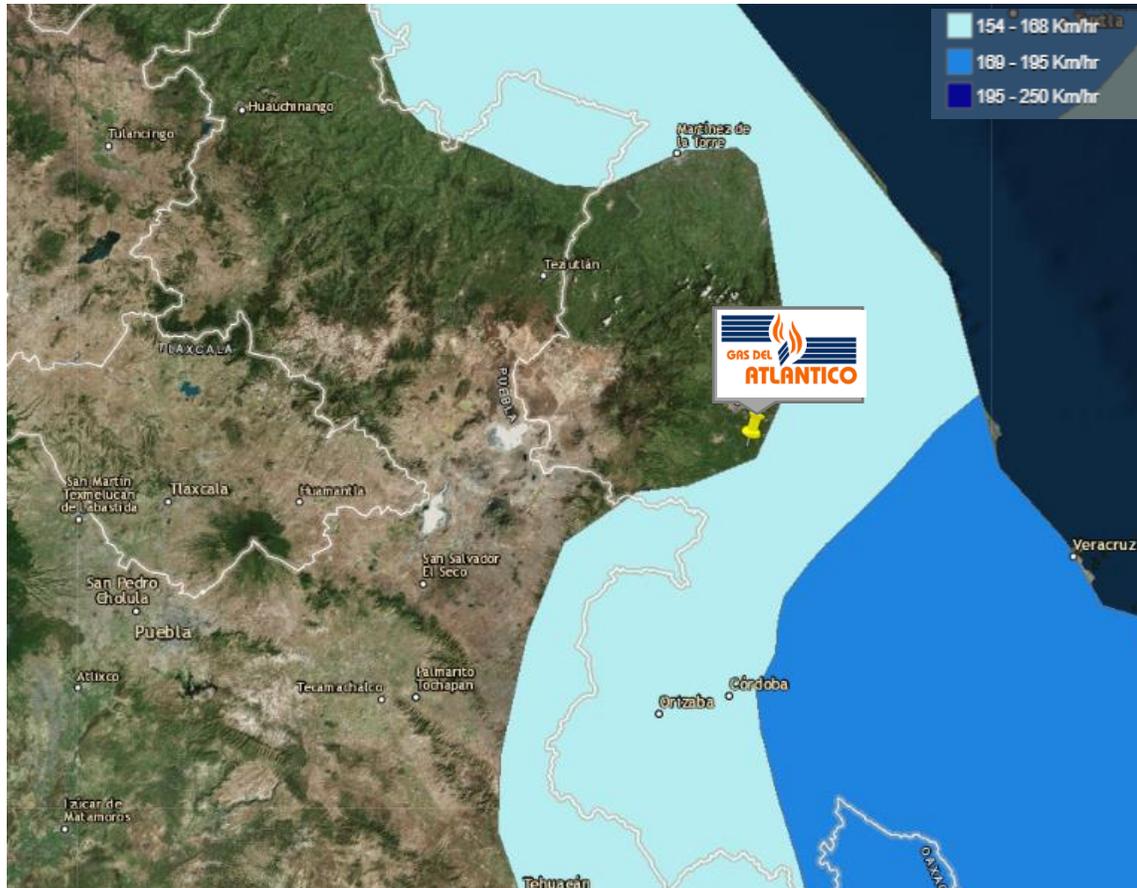


Imagen I.1.C.1.7 Categorización a nivel regional por índice de riesgo por vientos con fuerza de huracán. Recuperado del Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED.

I.1.C.2 Susceptibilidad de la zona a fenómenos geológicos

i. Hundimientos regionales locales, acompañados por agrietamiento del terreno natural

En regiones donde se efectúa extracción de agua subterránea mediante bombeo profundo, es común observar hundimientos de la superficie natural del terreno; tal es el caso de la Ciudad de México. En tales casos, antes de construir cualquier estructura de cimentación, resulta necesario efectuar un tratamiento de estas grietas para restablecer la continuidad del terreno en la superficie, pero no sin antes buscar la solución del problema en su origen, mediante la racionalización de la extracción del agua subterránea (CENAPRED, 2001).

Comúnmente, las estructuras de cimentación de las construcciones en general y las obras para servicio y abastecimiento se ven afectadas cuando se abate la

superficie del agua subterránea y se induce en consecuencia un encogimiento de los sedimentos no consolidados compresibles (mientras más compresibles sean los sedimentos, mayor será el efecto de hundimiento regional y el agrietamiento de la superficie del terreno natural) (CENAPRED, 2001).

En México, existe la experiencia relacionada con esta problemática en ciudades como Aguascalientes y Celaya, y en algunas partes de la zona oriente de la Ciudad de México. El problema repercute directamente en la estabilidad de las construcciones y pone en peligro la integridad de sus ocupantes y sus bienes, además de que ha quedado plenamente comprobado que el hundimiento regional delimita una zona de terreno natural que desciende con respecto a su nivel original y que los efectos más devastadores se presentan en las orillas de este, donde normalmente se presentan agrietamientos y escalonamientos de la superficie del suelo. Es en esta zona donde se generan los daños más severos a las construcciones y a las obras de servicio como drenaje, abastecimiento de agua potable y electrificación (CENAPRED, 2001).

Normalmente en la periferia de las zonas donde se presenta el problema de hundimientos diferenciales, al sumarse los efectos de los desplazamientos verticales y horizontales, la superficie del terreno natural tiende a agrietarse. A estas aberturas de la superficie del suelo se les conoce como grietas de tensión. Bajo estas circunstancias, es frecuente que las grietas de tensión aparezcan donde además existe un contacto o frontera entre dos o más formaciones geológicas distintas. Como se mencionó, un ejemplo de este tipo de problema se encuentra en una parte de la zona oriente de la Ciudad de México, que corresponde a la frontera entre los sedimentos de origen lacustre y algunos cerros como el de El Peñón y el de la Estrella (CENAPRED, 2001).

Ante el alto nivel de peligro que representa para la población la problemática de hundimientos regionales diferenciales y agrietamiento de la superficie del terreno natural, aquí se incluye un mapa de zonificación que se elaboró mediante la superposición de la información referente a las características de las diferentes provincias fisiográficas, la geomorfología, el estudio sobre los diferentes climas existentes en todo el país, así como la localización de las condiciones ambientales que propician la necesidad de extraer agua del subsuelo para consumo humano, agrícola e industrial, identificando las distintas formaciones geológicas involucradas, la edafología, la distribución de vertientes, ríos y cuencas hidrológicas, dando especial atención a las condiciones geológicas y a los datos de precipitación pluvial, mediante el estudio de isoyetas (Véase la imagen I.1.1.2.1) (CENAPRED, 2001).

En lo que se refiere a hundimientos locales de la superficie del terreno natural, desafortunadamente éstos se presentan generalmente como hundimientos súbitos

o colapsos originados por el derrumbe de minas antiguas que se localizan a poca profundidad y que normalmente no se encuentran ubicadas con precisión y confiabilidad (CENAPRED, 2001).

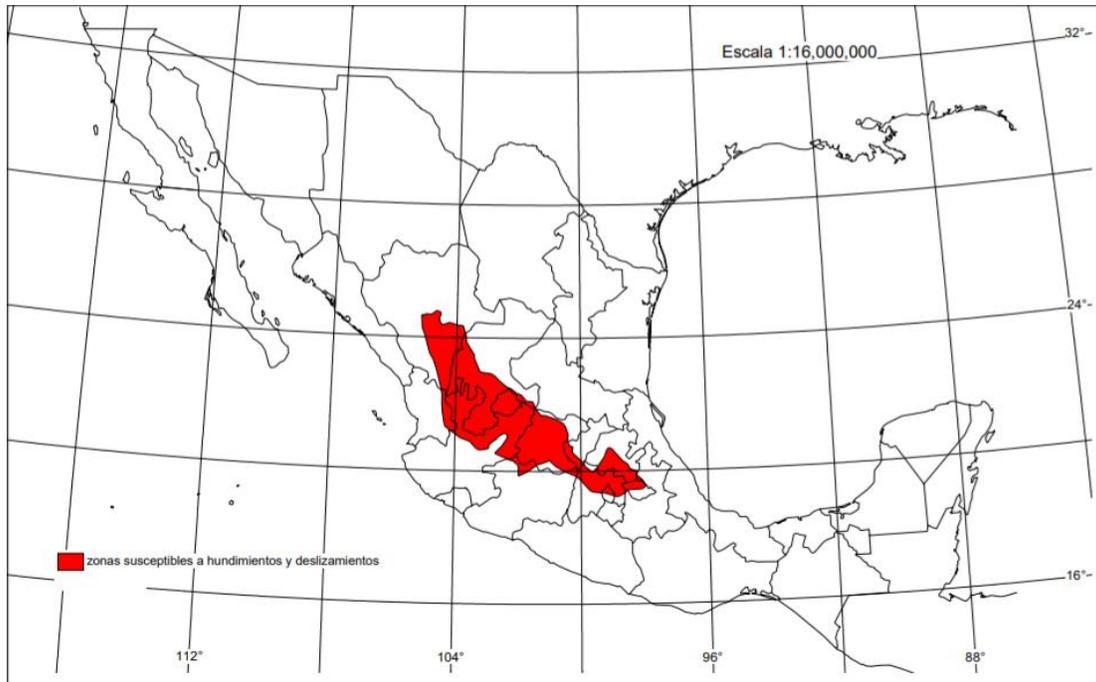


Imagen I.1.C.2.1 Categorización a nivel regional por índice de riesgo por vientos con fuerza de huracán. Recuperado del Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED.

Lo anterior coincide con los históricos del Atlas Nacional de Riesgo del CENAPRED de los municipios que han presentado hundimientos y agrietamientos, por lo que dicho fenómeno geológico no representa un factor de riesgo para la Planta Coatepec.



Imagen I.1.C.2.2 Categorización a nivel regional por índice de riesgo por vientos con fuerza de huracán. Recuperado del Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED.

ii. Susceptibilidad de Laderas

Los procesos de inestabilidad de laderas como los procesos de remoción en masa (PRM), la escorrentía concentrada los hundimientos son productos del efecto del agua y de la gravedad. Otros factores detonadores de éstos son los terremotos y los cambios de uso del suelo derivados de las actividades humanas. Paradójicamente, los factores que causan la inestabilidad de laderas también provocan su estabilidad, éstos son el clima, la topografía, la litología, la vegetación / uso del suelo, el hombre y su infraestructura. La diferencia entre si producen inestabilidad o estabilidad depende de la magnitud, frecuencia y lugar de ocurrencia del proceso (INECOL, 2015).

Por un lado, el agua promueve la inestabilidad de laderas porque la precipitación induce cambios geomofológicos que favorecen la escorrentía, el intemperismo de los materiales geológicos y los PRM. Por otro lado, el agua estabiliza las laderas cuando contribuye al desarrollo de la vegetación (que protege el suelo contra la

erosión y los deslizamientos superficiales en regiones húmedas) y al desarrollo del suelo, el cual es un factor amortiguador de la escorrentía en zonas semi-áridas y áridas. Bajo las mismas condiciones meteorológicas, las características y los mecanismos hidrológicos determinan la frecuencia de la erosión y los diferentes tipos de deslizamientos dentro y fuera de las cuencas potencialmente inestables (INECOL, 2015).

Para entender dónde, cuándo y cómo pueden desencadenarse los procesos de inestabilidad de laderas, es importante tener un conocimiento adecuado de lo que varios autores han llamado zona crítica terrestre (ZCT), en inglés *earth's critical zone*, la cual se define como: "un ambiente heterogéneo en la superficie de la Tierra, en el cual interacciones complejas, que involucran rocas, suelos, agua, aire y organismos vivos, regulan el hábitat natural y determinan la disponibilidad de recursos sustentables para la vida. La ZCT se extiende desde la copa de los árboles hasta los mantos freáticos profundos y se refiere, particularmente, al suelo intemperizado, la regolita y el sustrato rocoso consolidado, en el cual se aloja el manto freático o acuífero. El estudio de la ZCT no sólo debe enfocarse en sus componentes estáticos (pendientes, rocas, suelos, entre otros), sino también en los procesos dinámicos de circulación del agua y en su variabilidad espacial (desde lo microscópico hasta lo macroscópico y lo global) y temporal (desde lo esporádico hasta lo crónico) (INECOL, 2015).

En Veracruz, las laderas potencialmente inestables cubren aproximadamente 25% de la superficie del estado (17,570 km²), lo que corresponde a las zonas montañosas (Sierra Madre Oriental, parte oriental del Cinturón Neovolcánico, la zona de Los Tuxtlas, estribaciones orientales de la Sierra Madre del Sur y septentrionales de las montañas de Chiapas) y de lomeríos, las cuales específicamente abarcan la parte centro del estado de Veracruz, que más precisamente abarcan la subcuenca del río Los Gavilanes y que pertenece a los municipios de Coatepec y Xico (Véase la imagen I.1.1.2.3) (INECOL, 2015).

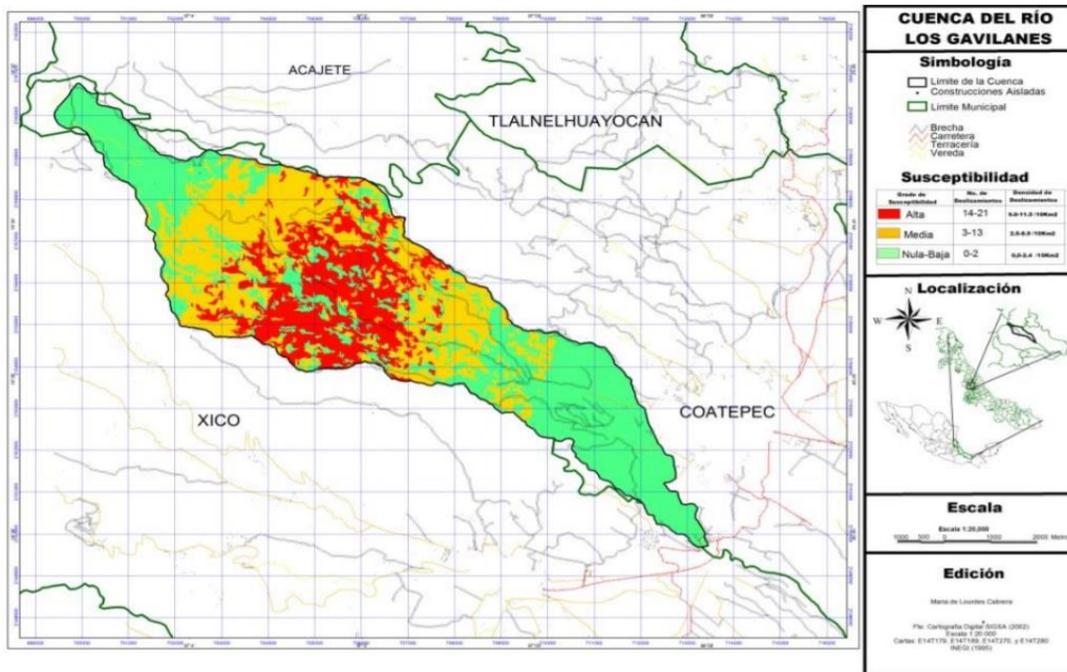
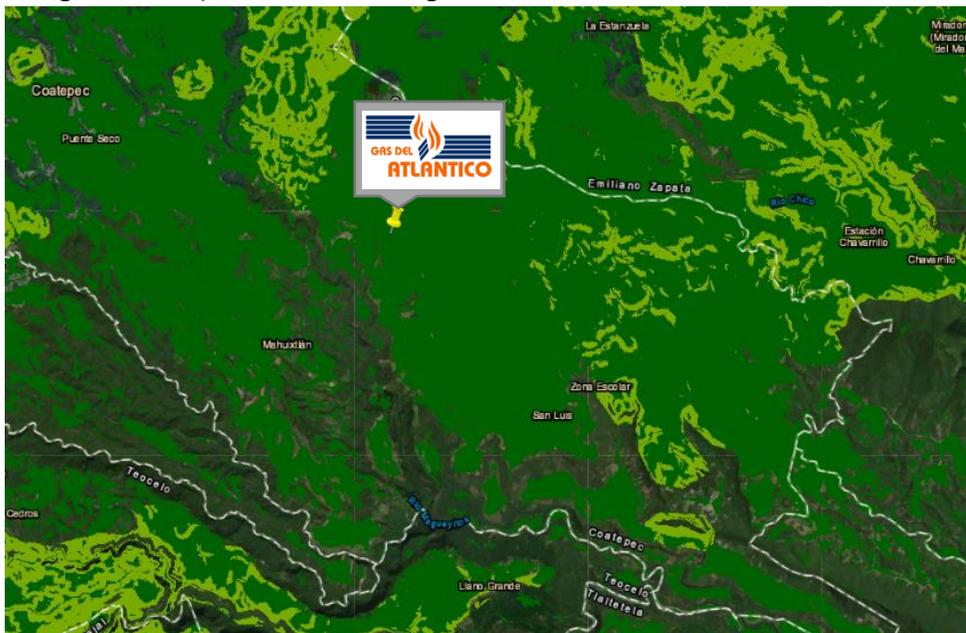


Imagen I.1.C.2.3 Susceptibilidad regional por inestabilidad de las laderas. Recuperado Atlas de Riesgos del Estado de Veracruz.

Sin embargo, de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED, el sitio donde se ubica la Planta Coatepec se encuentra en un área zonificada con susceptibilidad MUY BAJA por inestabilidad de laderas, por lo que este fenómeno geológico no representa un riesgo latente.



Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

Imagen I.1.C.2.4 Categorización a nivel regional de índice por susceptibilidad de inestabilidad de laderas. Recuperado del Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED.

iii. Sismicidad

La República Mexicana está situada en una de las regiones sísmicamente más activas del mundo, enclavada dentro del área conocida como el *Cinturón Circumpacífico* donde se concentra la mayor actividad sísmica del planeta. La alta sismicidad en el país, es debido principalmente a la interacción entre las placas de Norteamérica, la de Cocos, la del Pacífico, la de Rivera y la del Caribe, así como a fallas locales que corren a lo largo de varios estados aunque estas últimas menos peligrosas. La Placa Norteamericana se separa de la del Pacífico pero roza con la del Caribe y choca contra las de Rivera y Cocos, de aquí la incidencia de sismos (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Michoacán, Colima y Jalisco son los estados con mayor sismicidad en la República Mexicana debido a la interacción de las placas oceánicas de Cocos y Rivera que subducen con las de Norteamérica y del Caribe sobre la costa del Pacífico frente a estos estados, también por esta misma acción son afectados los estados de Veracruz, Tlaxcala, Morelos, Puebla, Nuevo León, Sonora, Baja California, Baja California Sur y el Distrito Federal (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

Aunque las zonas epicentrales se localizan en diversos puntos del Pacífico, la Ciudad de México, aunque no se encuentre sobre la costa, se ha convertido en el receptor sísmico de todos ellos debido a que se encuentra lo suficientemente cercana para experimentar sus efectos y, la causa de que estos sean más dañinos en esta zona que en otros lugares, radica entre otras cosas en la naturaleza de su terreno ya que fue fincada en lo que fuera un lago, generando gran preocupación (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

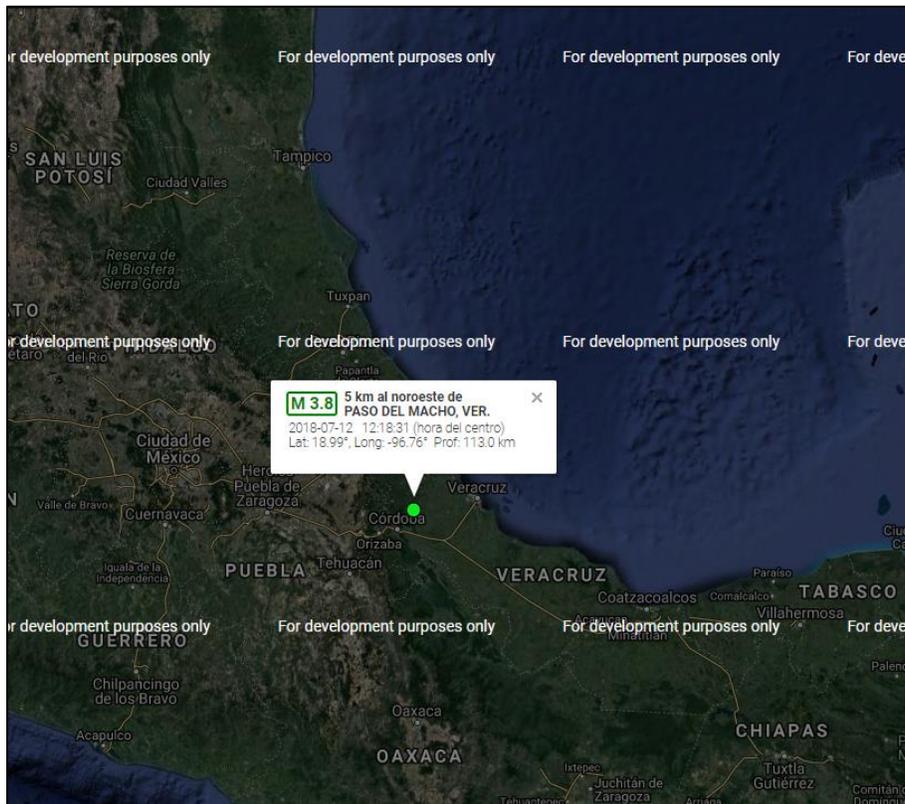
Con fines de diseño antisísmico, la República Mexicana se dividió en cuatro zonas sísmicas, utilizándose los catálogos de sismos del país desde inicios de siglo (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

- La **zona A** es una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.
- Las **zonas B y C** son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.
- La **zona D** es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.



Imagen I.1.C.2.5 Regionalización sísmica a nivel nacional. Recuperado del Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED.

Respecto al presente proyecto, de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED, el sitio donde se ubica Planta Coatepec se encuentra en la región sísmica B (incidencia telúrica media), sin embargo, de acuerdo con datos históricos del servicio sismológico nacional (Instituto de Geofísica, UNAM), en un radio de 200 km de la ciudad de Xalapa, en el periodo comprendido entre 2008-2018 no se han registrado sismos de magnitud superior a 3.8 ° (magnitud baja) (véase la imagen I.1.1.2.6), por lo que la zona donde se ubica la Planta Coatepec no tiene riesgo latente por movimientos telúricos violentos.



1 sismo reportado del 2018-07-01 al 2018-07-25, buscando a partir de todas las magnitudes, prof. menos de 1 a 200 km, a un radio de 109 km alrededor del punto geográfico 19.7°, -96.85°

Información sujeta a cambios | Aviso Legal y Términos de Uso

Buscar en resultados

FECHA Y HORA	LOCALIZACION	LATITUD°	LONGITUD°	PROFUNDIDAD (KM)	MAGNITUD	FECHA Y HORA UTC
2018-07-12 12:18:31	5 km al NOROESTE de PASO DEL MACHO, VER	18.99	-96.76	113.0	3.8	2018-07-12 17:18:31

Imagen I.1.C.2.6 Histórico de sismicidad a nivel regional. Recuperado del Catalogo de Sismos del Servicio Sismológico Nacional.

iv. Fallas

Hasta antes de aceptarse la teoría de la deriva continental (formulada por Alfred Wegener en 1912), se pensaba que los temblores eran los causantes de las rupturas de la corteza (fallas). Sin embargo, hoy en día se sabe que son precisamente las fallas las que dan origen a los temblores. En las costas del Pacífico de nuestro país ocurre un proceso conocido como subducción (consecuencia del movimiento de las placas tectónicas), en el cual la corteza oceánica (placas de Rivera y Cocos) subduce debajo de la corteza continental (placa Norteamericana, donde se asienta la mayor parte del territorio de México), siendo el principal generador de los sismos (Centro de Ciencias de la Tierra - UV, 2016).

La subducción es el proceso tectónico que da lugar, como es sabido y observado en otras partes del mundo (por ejemplo, Japón), a los sismos de mayor magnitud que se han experimentado. La corteza terrestre es la parte "dura" del planeta y su espesor varía generalmente entre 30 y 50 km. Su conformación es heterogénea, lo cual da lugar a que la propagación de las ondas sísmicas no sea igual en todas las direcciones (a diferencia de lo que ocurre cuando se arroja una roca al agua). La corteza constituye el medio de propagación de las ondas sísmicas y sus características geológicas determinan su atenuación o amplificación (Centro de Ciencias de la Tierra - UV, 2016).

Aunque el norte del estado de Veracruz se considera una zona sísmica de baja actividad, es importante cuantificar y cualificar la microsismicidad característica de dicha región, así como determinar su sismicidad base (Centro de Ciencias de la Tierra - UV, 2016).

La parte central del estado, catalogada como una zona de actividad sísmica moderada, ha presentado temblores fuertes, como el de Xalapa del 3 de enero de 1920 (M 6.4), uno de los sismos de mayor impacto en el país, aunque relativamente poco conocido. Además de daños a las edificaciones en poblaciones de importancia como Xalapa, Teocelo, Coatepec, entre otras, este sismo fue el disparador de importantes deslizamientos de laderas a lo largo del río Huitzilapan y Pescados, lo cual provocó la generación de flujos de lodo y escombros que arrasaron con varias poblaciones. Las pérdidas de vidas humanas fueron estimadas en varios cientos (Centro de Ciencias de la Tierra - UV, 2016).

Otro evento sísmico importante en la zona fue el de Veracruz, acaecido el 21 de marzo de 1967 (M 5.7), que produjo daños en aproximadamente 50 edificaciones. Temblores superficiales como éste, no obstante, su moderada magnitud, ha producido daños considerables a las ciudades cercanas, debido a lo superficial de la fuente sísmica, lo que hace necesario el establecimiento de un reglamento sísmico de construcción, así como la observación permanente de este tipo de actividad. El sismo del 28 de agosto de 1973 (M 7.0) es el más reciente en esta región, y produjo daños considerables en las ciudades de Orizaba, Veracruz y Serdán, Puebla (Centro de Ciencias de la Tierra - UV, 2016).

La zona sur de la entidad está clasificada en la regionalización sísmica de la República Mexicana como de alta sismicidad, cuenta con un antecedente importante en el temblor de Jáltipan en 1959 (M 6.4), que destruyó totalmente la localidad y afectó a las ciudades de Minatitlán, Coatzacoalcos y Acayucan. En la misma zona, además, se alojan grandes complejos industriales localizados en una franja expuesta a la ocurrencia de sismos locales y regionales que, bajo ciertas condiciones, podrían generar daños materiales considerables. Por ello se considera

importante conocer el comportamiento de las ondas sísmicas para determinar el peligro al que dichas localidades se encuentran expuestas ante sismos locales y regionales (Centro de Ciencias de la Tierra - UV, 2016).

Respecto al presente proyecto, de acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED, el sitio donde se ubica la Planta Coatepec no se encuentra en ninguna de las fallas del país.

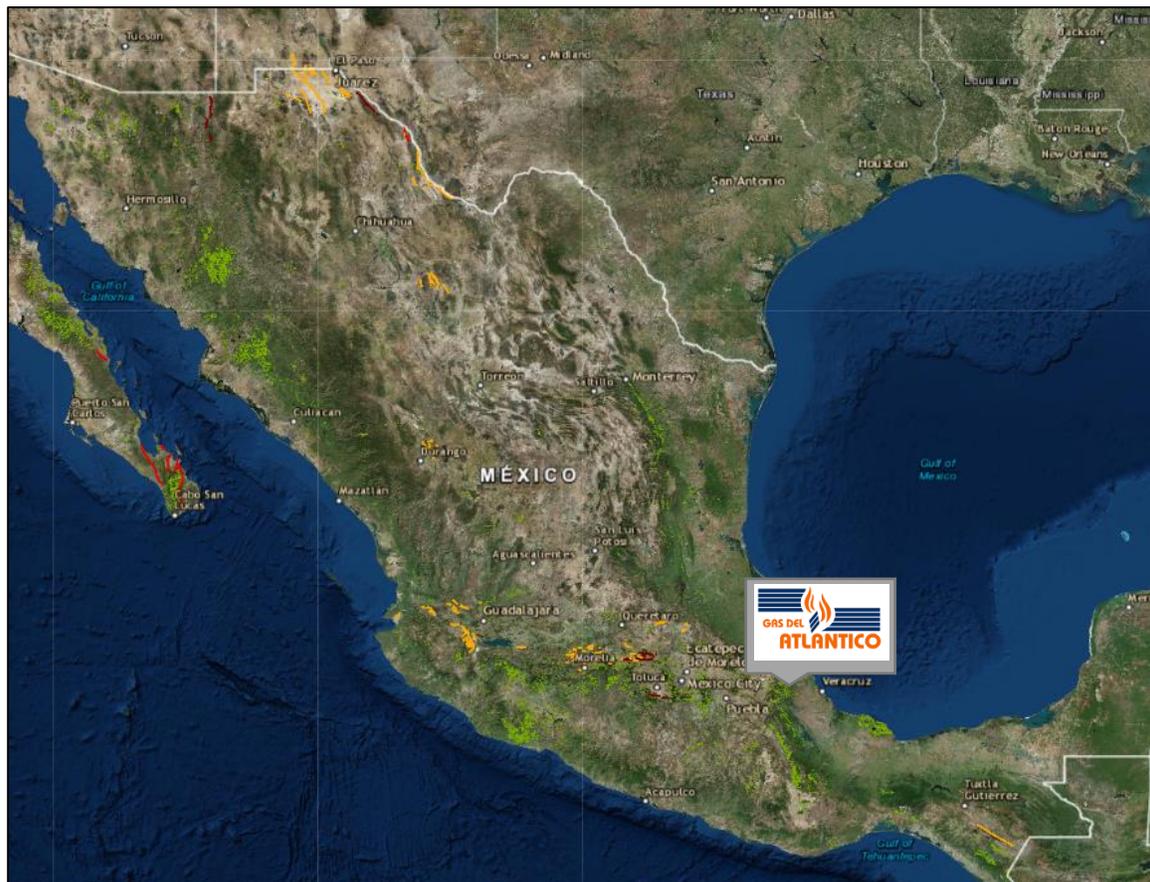


Imagen I.1.C.2.7 Regionalización sísmica a nivel nacional. Recuperado del Atlas Nacional de Riesgos CENAPRED.

I.1.1 PROYECTO CIVIL

I.1.1.1 PLANTA DE ALMACENAMIENTO

i. Urbanización

Todas las áreas destinadas para la circulación interior de los vehículos se tienen compactadas con terminación de asfalto, con las pendientes apropiadas (1%) para desalojar las aguas pluviales, el piso dentro de la zona de almacenamiento es

de concreto. Todas las demás áreas libres de la planta permanecen limpias y despejadas de todo tipo de material combustible, así como de objetos ajenos a la operación de esta.

Por el lado suroeste del terreno se cuenta con un acceso de 8.10 metros de ancho usado para entrada y salida de vehículos repartidores propiedad de la empresa y también con una salida de emergencia de amplitud de 8.05 metros de ancho superior a lo solicitado en la norma oficial correspondiente.

ii. Edificios

Por el lado suroeste del terreno se localizan las construcciones destinadas a las oficinas del personal administrativo, bodega, cuarto de equipo contra incendio, tablero eléctrico, taller y servicios sanitarios. Los materiales utilizados son en su totalidad incombustibles ya que el techo es losa de concreto, paredes de tabique, con puertas y ventanas metálicas.

iii. Estacionamiento y taller para reparación de vehículos

Estacionamiento. Por el lado este del terreno que ocupa la planta se localiza la zona destinada para el estacionamiento interior de los vehículos repartidores, esta área permanece sin techar por lo que su piso está debidamente compactado con terminación de asfalto y cuenta con la pendiente apropiada para el desalojo de aguas de lluvia. Está localizado de tal manera que la entrada o salida de cualquier vehículo a estacionarse no interrumpa la libre circulación de los demás.

Talleres. La Planta cuenta con taller de servicio mecánico para la reparación menor de los vehículos propiedad de Gas del Atlántico S.A de C.V., efectuándose solo las reparaciones que no implican la generación de chispas y está ubicado por el lindero suroeste de la planta.

iv. Servicios Sanitarios

Se localizan por el lado suroeste del terreno. Se cuenta con tres regaderas, cuatro tazas, dos lavabos y un mingitorio múltiple. Están contruidos con materiales incombustibles, techo de losa de concreto, paredes de tabique y cemento, puertas y ventanas metálicas, con dimensiones de acuerdo con la NOM-001-SESH-2014, lo anterior es para uso de los obreros.

Para uso en oficinas se cuenta con servicio sanitario en el interior de estas (para dama y caballeros) así como para la gerencia que consta cada uno de ellos con taza y lavabo.

El drenaje de aguas negras está conectado por medio de tubos de concreto de 15 centímetros de diámetro con pendiente del 2% a una fosa séptica, la cual se localiza en el lado este del terreno de la planta.

v. Zona de almacenamiento

Esta planta cuenta con dos tanques de almacenamiento, tipo intemperie, cilíndrico horizontal, especial para contener Gas L.P., se localizan de tal manera que cumplen con las distancias mínimas específicas de la NOM-001-SESH-2014. Se tienen montados sobre bases de concreto de tal manera que puedan desarrollar libremente sus movimientos de contracción y dilatación. Cuenta con una zona de protección consistente en muretes de concreto armado de 0.60 m de altura y 0.20 m de espesor. Estos recipientes tienen una altura mínima de 2.00 metros, medida de su parte inferior a nivel de piso terminado de la zona de almacenamiento. A un costado de los tanques se tiene una escalera metálica para tener acceso a la parte superior de los mismos, también se cuenta con una escalerilla al frente, misma que es usada para tener mayor facilidad en el uso y lectura del instrumental.

vi. Muelle de llenado

El muelle de llenado se localiza por el lado sur de los tanques de almacenamiento y a una distancia de 6.25 metros de los tanques. Está construido en su totalidad con materiales incombustibles, siendo su techo de lámina galvanizada sobre una estructura metálica y soportado por columnas de acero; su piso es relleno de tierra con terminación de concreto, contando éste en sus bordes con protecciones de ángulo de fierro y de hule para evitar su destrucción y la formación de chispas causadas por los vehículos que tienen acceso al mismo.

Sus dimensiones son las siguientes:

TABLA I.1.1.1 DIMENSIONES DEL MUELLE DE LLENADO	
Largo total	17.00 m
Ancho	14.00 m
Altura del piso	1.20 m
Altura del techo	3.70 m
Superficie	196.98 m ²

vii. Distancias mínimas de diseño

Las distancias mínimas empleadas para el diseño en esta planta son las siguientes:

TABLA I.1.1.2 DISTANCIAS MÍNIMAS DE DISEÑO	
Del tanque de almacenamiento más cercano a:	
Lindero norte	26.60 m
Lindero este	33.74 m
Lindero sur	50.91 m
Lindero oeste	24.60 m
Zona de protección	2.82 m
Tomas de la recepción	7.44 m
Tomas de suministro	7.43 m
Muelle de llenado	6.25 m

Llenaderas	7.37 m
Altura del tanque a piso terminado	2.00 m
De muelle de llenado a:	
Lindero norte	62.69 m
Lindero este	30.62 m
De llenadoras a	
Lindero norte	63.81 m
Lindero este	35.70 m
De bombas a zona de protección:	6.20 m
De compresor a zona de protección:	7.19 m
De tomas de suministro a lindero este:	26.00 m
De tomas de la recepción a lindero oeste:	24.60 m

viii. Datos de los tanques

TABLA I.1.1.3 ESPECIFICACIONES DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Tanque	
Capacidad en kg (H ₂ O)	250 000 kg
Tara en kg	40 031 kg
Peso total en kg	290 031 kg
Carga por soporte	145 015 kg
Peso aproximado de la base	
Densidad del concreto reforzado	2 400 kg/m ³
Volumen	26.838 m ³
Peso	64 411 kg

1.1.1.2 ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

El diseño de la estación de carburación de la **Planta Coatepec** se hizo apegándose a los lineamientos del Reglamento de Gas Licuado de Petróleo vigente a la época que se construyó. A la actualidad, la estación de carburación se apega a los preceptos estipulados en la NOM-003-SEDG-2004.

i. Clasificación

El tipo de clasificación de la planta corresponde a:

- **Tipo B** (comerciales)
- **Subtipo B.1** Aquellas que cuentan con recipientes de almacenamiento exclusivos de la estación
- **Grupo II.** Con capacidad de almacenamiento de 10 000 L de agua al 100%

ii. Urbanización

El área de la estación cuenta con las pendientes y drenajes adecuados para el desalojo de aguas pluviales, el área de circulación cuenta con terminación de asfalto y amplitud suficiente para el fácil y seguro movimiento de vehículos y personas.

iii. Delimitación de la estación

El terreno está delimitado por terrenos sin construcciones en su perímetro noreste y noroeste, en el sureste, se tiene delimitado con malla ciclónica de 2.00 m de altura y al sureste, se tiene libre acceso para los vehículos que necesiten carburar.

iv. Accesos

La estación cuenta con entrada y salida de vehículos, el acceso y la salida es por el lindero Suroeste (km 1.5 de la Carretera Puerto Rico- Córdoba) el cual está libre de barreras para los vehículos que ingresen a carburar. El acceso para personas es parte integral de la entrada para vehículos.

v. Edificaciones

Las construcciones destinadas para servicio sanitario se localizan por le lindero noroeste del terreno general de la estación de gas L.P. los materiales con que fueron construidos son en su totalidad incombustibles: losa de concreto, muros de mampostería y ventanas y puertas metálicas.

vi. Área de almacenamiento

La zona de almacenamiento se delimita perimetralmente por medio de una malla ciclónica de 2.00 m de altura y un muro de tabique de 3.00 m de altura al NPT, evitando el paso a personas ajenas a la Estación. La zona de almacenamiento cuenta con tres accesos, una puerta de 0.90 m de ancho y 2.12 m de alto, las otras puertas son de 1.00 m de ancho y 2.00 m de alto, los cuales son de puerta de malla ciclónica.

vii. Bases de sustentación para recipientes de almacenamiento

Es importante considerar que los tanques instalados son de tipo vertical con capacidad de 5 000 L, cuentan con bases metálicas diseñadas por el fabricante METSA, y por lo tanto para fines de cálculo sólo se realizó el análisis exclusivamente de la cimentación de un tanque (para más información acerca de los cálculos de la cimentación, véase el anexo D).

viii. Datos de los tanques

TABLA I.1.1.4 ESPECIFICACIONES DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Tara en kg

1 083.0 kg

Capacidad en kg de fluido cuya densidad es de 0.60 kg/L	3 000.0 kg
Peso total en kg	4 083.0 kg
Carga por soporte	2 041.5 kg

ix. Protección contra tránsito vehicular

La protección es por medio de postes de concreto armado de 0.20 m x 0.20 m de sección y altura de 0.60 m sobre el NPT e hincado a una profundidad de 0.90 m teniendo una longitud total de 1.50 y espaciados no más de 1.00 m entre caras interiores, colocados perimetralmente en la zona de almacenamiento, la cual protege a los recipientes de almacenamiento, bombas, tuberías y la parte inferior de la estructura de los recipientes. Hay protecciones hechas por tubos en "u" de 101.6 mm (4") de diámetro, cédula 40 de 1.00 m de alto por 1.00 m de ancho e hincados a una profundidad de 0.90 m, en el lugar donde se ubica el despachador (medido volumétrico) colocados en los lados que enfrentan el sentido de la circulación.

x. Trincheras

Las trayectorias de las tuberías, dentro de la zona de almacenamiento son visibles, sobre el nivel de piso terminado y están apoyadas sobre soportes espaciados que evitan su flexión y su desplazamiento lateral, con un claro mínimo de 0.10 m en cualquier dirección, excepto a otra tubería donde estarán separas entre paños cuando menos de 0.05 m por lo tanto no hay trinchera.

xi. Relación de distancias mínimas

Las distancias mínimas utilizadas para el diseño de esta estación de carburación se presentan en la siguiente tabla:

TABLA I.1.1.5 DISTANCIAS MÍNIMAS DE DISEÑO A	
De la cara exterior del medio de protección a:	
Paño del recipiente de almacenamiento (1.5 m)	2.05 m
Bases de sustentación (1.3 m)	2.20 m
Bombas o compresores (0.5 m)	2.23 m
Marco de soporte de toma de la recepción (0.5 m)	N.A.
Marco de soporte toma de suministro (0.5 m)	1.78 m
Tuberías (0.5 m)	2.66 m
Despachadores o medidores de líquido (0.5 m)	1.78 m
Parte inferior de las estructuras metálicas que soportan los recipientes (1.5 m)	2.35 m

TABLA I.1.1.6 DISTANCIAS MÍNIMAS DE DISEÑO B

De recipientes de almacenamiento tipo intemperie sobre NTP a:	
Otro recipiente de almacenamiento (1.50 m)	1.68 m
Límite de predio de la estación (3.0 m)	7.00 m
Oficinas y Bodegas (3.0 m)	N.A.
Talleres (7.0 m)	N.A.
Zona de protección tanques (1.5 m)	2.35 m
Almacén productos combustibles (7.00 m)	N.A.
Planta generadora de energía eléctrica (15.00 m)	N.A.
Boca de Toma de suministro (3.00 m)	6.41 m

TABLA I.1.1.7 DISTANCIAS MÍNIMAS DE DISEÑO C

Boca de toma de suministro a:	
Oficinas y Bodegas (7.5 m)	N.A.
Límite de la estación (7.0 m)	8.08 m
Vías o espuelas de FFCC (15.00 m)	N.A.
Almacenamiento de productos combustibles (7.5 m)	N.A.

TABLA I.4.1.8 DISTANCIAS MÍNIMAS DE DISEÑO D

De boca de toma a la recepción a:	
Límite de la Estación (6.0 m)	N.A.

I) Pintura de identificación

Los medios de protección contra tráfico vehicular están pintados con franjas diagonales alternadas de amarillo y negro.

I.1.2 PROYECTO MECÁNICO

I.1.2.1 PLANTA DE ALMACENAMIENTO

i. Tanques de almacenamiento

Esta planta cuenta con dos tanques de almacenamiento del tipo intemperie cilíndrico-horizontal, especiales para contener gas L.P., los cuales se localizan de tal manera que cumplen con las distancias mínimas reglamentarias.

Están montados sobre bases de concreto, de tal suerte que pueden desarrollar libremente sus movimientos de contracción y dilatación.

Cuentan con una zona de protección consistente en muretes de concreto de 0.60 metros de altura. Estos recipientes cuentan con una altura mínima de 2.00 metros, medida de su parte inferior NPT de la zona de almacenamiento. A cada costado de los dos tanques, se tiene una escalera metálica para tener acceso a la parte superior de los mismos, análogamente se cuenta con una escalerilla al frente, la cual facilita el acceso y el uso del instrumental de lectura de los tanques.

Los tanques de almacenamiento cuentan con las siguientes características:

TABLA I.1.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Características	Tanque 1	Tanque 2
Construido por:	TATSA	TATSA
Según Norma:	NOM-021/2-SCFI-1993	NOM-021/2-SCFI-1993
Capacidad (l agua al 100%)	250 000	250 000
Año de fabricación	1996	2002
Diámetro exterior	3,370 mm	3 380 mm
Longitud total	29 800 mm	29 840 mm
Presión de trabajo	14.00 kg/cm²	14 00 kg/cm²
Factor de seguridad	4	4
Forma de las cabezas	semiesféricas	semiesféricas
Eficiencia	100%	100%
Espesor lámina cabezas	9.5 mm	9.5 mm
Material lámina cabezas	SA-612	SA-612
Espesor lámina cuerpo	16.58 mm	16.58 mm
Material lámina cuerpo	SA-612	SA-612
Coples	210 kg/cm²	210 kg/cm²
No. de Serie	T.P. 1067	T.P.-1879
Tara	40 700 kg	40 700 kg

Cada recipiente cuenta con los siguientes accesorios:

- Un medidor magnético de nivel de líquido marca *Magnetel* de 64.0 mm de diámetro.
- Un termómetro marca *Rochester* con graduación de -20 a 50°C de 12.7 mm de diámetro.
- Un manómetro marca *Eva* con graduación de 0-21 kg/cm² de 0.64 mm de diámetro.
- Dos válvulas de máximo llenado marca *Rego* modelo 3165C de 6.4 mm de diámetro, localizadas una al 86.25% y otra al 90% del nivel del tanque.
- Tres válvulas internas (exceso de flujo) para gas-líquido marca *Rego* modelo A3213A300 con actuador neumático modelo A3213PA de 76 mm (3") de diámetro, con capacidad de 1 136 L.P.M. (300 G.P.M) cada una.
- Dos válvulas internas (exceso de flujo) para gas-vapor marca *Rego* modelo A3212A250 con actuador neumático modelo A3212PA de 51 mm (2") de diámetro, con capacidad de 946 L.P.M (250 G.P.M.) cada una.

- Una válvula interna (exceso de flujo) para gas líquido marca Rego modelo A3212A250 con actuador neumático modelo A3212PA de 51 mm (2") de diámetro, con capacidad de 946 L.P.M. (250 G.P.M.) cada una.
- Dos válvulas multipuerto bridadas marca Rego, modelo A8574G de 102 mm (4") de diámetro, cada una con cuatro válvulas de seguridad marca Rego modelo A3149MG de 64 mm (2 ½ ") de diámetro, con capacidad de 262 m³/ min.
- Un tapón de 51 mm (2") de diámetro.
- Una conexión soldada de los tanques para cable a "tierra".
- Las válvulas de seguridad que se tienen instaladas en la parte superior de los tanques contarán con tubos de descarga de acero cédula 40 de 76 mm (3") de diámetro y de 2.00 metros de altura.

ii. Maquinaria

La maquinaria empleada para las operaciones básicas de trasiego se describe a continuación:

TABLA I.1.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA MAQUINARIA Y EQUIPOS AUXILIARES USADOS

Bombas	
Número	I y II
Operación básica	Llenado de cilindros y carga de autotankes
Marca	Corken
Modelo	1021
Motor eléctrico	10 C.F.
R.P.M:	520
Capacidad nominal	303 L.P.M. (80 G.P.M.)
Presión diferencial de trabajo (máx)	5 kg/cm²
Tubería de succión	76 mm (3") Ø
Tubería de descarga	76 mm (3") Ø
Compresor	
Número	I
Operación básica	Descarga de remolques-tanque
Marca	Corken
Modelo	490
Motor eléctrico	15 C.F.
R.P.M.	740
Capacidad nominal	667 L.P.M (176 G.P.M)

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

Desplazamiento	55 m³/hr
Ratio de compresión	1.5
Tubería de gas líquido	76 mm (3") Ø
Tubería de gas-vapor	51 mm (2") Ø

iii. Controles manuales y automáticos

Controles manuales. En diversos puntos de la instalación se tienen instaladas válvulas de globo y bola de operación manual para una presión de trabajo de 28 kg/cm², las que permanecerán "cerradas" o "abiertas" según el sentido de flujo que se requiera.

Controles automáticos. A la descarga de cada bomba se cuenta con un control automático de 38 mm (1 ½ ") para retorno de gas-líquido excedente a los tanques de almacenamiento, este control consiste en una válvula automática, la que actúa por presión diferencial y está calibrada para una presión de apertura de 5 kg/cm² (71 Lb/in²) en las bombas I y II.

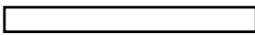
I.1.3 PROYECTO SISTEMA CONTRA-INCENDIO

I.1.3.1 PLANTA DE ALMACENAMIENTO

i. Rótulos de prevención, pintura de protección y colores de identificación

- Los tanques de almacenamiento están pintados de color blanco brillante, en su casquete un círculo rojo cuyo diámetro es aproximadamente el equivalente a la tercera parte del diámetro del recipiente, también tienen inscrito con caracteres no menores a 25 centímetros, la capacidad total en litros de agua, así como la razón social de la empresa.
- Todas las tuberías se encuentran pintadas con pintura anticorrosiva con los colores distintivos reglamentarios, detallando:

TABLA I.1.5.2.8 SEÑALIZACIÓN DE LAS LINEAS DE LA ESTACIÓN

Color de la Tubería	Fluido conducido
	Gas en fase líquida
	Retorno de gas líquido al tanque de almacenamiento
	Gas en fase vapor
	Ductos eléctricos
	Agua
	Aire o gas inerte

- Los muretes de concreto de la zona de protección, así como topes y defensas existentes en el interior de la planta están pintados con franjas diagonales de color amarillo y negro en forma alternada.
- En el recinto de la planta, hay instalados y distribuidos en los lugares apropiados letreros apropiados, letreros con las leyendas: prohibido fumar, gas inflamable, prohibido encender cualquier clase de fuego, se prohíbe el paso a esta zona a personal no autorizado (en zonas de almacenamiento y trasiego), se prohíbe el paso a vehículos y personas no autorizadas (a la entrada de la planta), salida de emergencia (en ambos lados de dicha salida), prohibido estacionarse (en accesos, salida de emergencia y toma siamesa), tabla con colores distintivos (a la entrada de la planta y zona de almacenamiento), etc.

ii. Sistema de seguridad por medio de extintores

- Para la determinación de la cantidad y capacidad de los extintores necesarios en las diferentes áreas que integran la planta, se hizo siguiendo el procedimiento de cálculo de unidades de riesgo "UR" presentes en cada área que se determinan en la NOM-001-SESH-2014, clasificándolas de acuerdo con el riesgo, los factores determinados, así como las unidades de capacidad de extinción asignadas a los diferentes tipos y capacidad de extintores dan los siguientes resultados:
 - Nueve extintores en área de tanques de almacenamiento, bombas y compresor
 - Siete extintores en el muelle de llenado
 - Dos extintores en las tomas de la recepción
 - Dos extintores en las tomas de suministro
 - Siete extintores en el área de almacenamiento
 - Uno junto al tablero eléctrico
 - Uno junto al equipo de bombeo de la red contra incendio.
 - Dos junto a oficinas
 - Uno en los servicios sanitarios
 - Dos en taller del servicio mecánico

- Uno en la caseta de vigilancia
- Los lugares donde están colocados los extintores están señalados de acuerdo a la norma NOM-027-STPS-2008, la ubicación de estos extintores es visible y de fácil acceso, instalados a una altura de 1.50 metros, medidas del piso a la parte más alta del extintor, de fácil sujeción y colocación para ser usados. Cuentan con registro de fecha de adquisición, inspección, revisión y prueba hidrostática en su caso.
- Se cuenta también con un extintor de tipo carretilla con capacidad de 50 kilogramos con agente extinguidor (polvo químico seco), clase ABC, localizado en la zona de almacenamiento. Se cuenta también con un extintor de bióxido de carbono en el cuarto de tableros eléctricos.

iii. Equipos de seguridad

- A la entrada de la planta, se tiene instalado un anaquel con artefactos mata chispas, los cuales son colocados a todos los vehículos que accedan a la planta, así como también se cuenta con un botiquín de primeros auxilios, localizado en la construcción destinada a las oficinas.
- La planta está prevista de un sistema de alarma general a base de una sirena eléctrica la cual tiene alimentación independiente de los demás circuitos eléctricos. Cada determinado tiempo, se realizan pruebas de funcionamiento para corroborar que opere correctamente.
- Se cuenta además con dos trajes especiales para el personal que integra la brigada contra incendio.

iv. Herramientas y ropa de los operarios

- En las áreas clasificadas como clase I, división 1 y 2, se utilizan herramientas anti chispas y equipos adecuados para el uso de ellas a menos que en dichas áreas de trabajo, se detecte que el ambiente no contiene vapores de gas en cantidad mayor que el 20% del límite inferior de combustible.

- Los detectores de gas combustible empleados cumplen la norma ANSI/ISA-S12.13, parte I.
- Los operarios, utilizan ropa de algodón, no permitiéndose el uso de zapatos con protectores metálicos, ropa de nylon o similares, peines u otros objetos de plástico, capaces de generar electricidad estática.
- Los medios de iluminación y lámparas de mano utilizados, deben ser acordes al área donde se pretendan usar/ instalar.

1. Sistema contra incendio a base de agua por aspersión

- Consúltese información relativa a los cálculos del sistema de aspersión en **anexo Memorias de Calculo>Planta de Almacenamiento>Proyecto Contraincendios.**

1.1.3.2 ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

i. Especificaciones de los sistemas contra incendios

El sistema contra incendios de la estación de carburación es por medio de extintores, toda vez que por tener una capacidad de almacenamiento de gas L.P. instalada de 10,000 litros, no se le hace exigible el tener previsto un sistema de protección contra incendio mediante sistemas fijos de aspersión.

ii. Lista de componentes del sistema

- Extintores manuales
- Accesorios de protección
- Alarma
- Comunicaciones
- Entrenamiento de personal

iii. Descripción de los componentes del sistema

1) Extintores manuales

Como medida de seguridad y como prevención contra incendios, se instalarán extintores de polvo químico seco (PQS) de tipo manual de 9 kg y de 50 kg de capacidad cada uno, en los siguientes lugares:

TABLA I.1.3.2.1 LOCALIZACIÓN DE LOS EXTINTORES EN LA ESTACIÓN

Ubicación	Cantidad	Agente extinguidor
Toma de la recepción	N.A.	-
Tablero eléctrico	1	CO ₂
	2	ABC
Despachador	1 extintor de carretilla de 50 kg	
Área de almacenamiento	2	ABC
Oficinas	2	ABC

2) Colocación de extintores

- Se instalaron a una altura máxima de 1.5 metros y mínima de 1.3 metros, medidas a partir del piso a la parte más alta del extintor.
- Se sujetan de tal forma que se puedan descolgar con facilidad al momento de su uso. Los extintores que se encuentran a la intemperie se protegen adecuadamente.
- Se colocaron en sitios de fácil acceso, con buena visibilidad, libres de obstáculos y con la señalización establecida en la NOM-026-STPS-2008 y la NOM-003-SEDG-2004.

3) Accesorios de protección

Se cuenta con un sistema de alarma general a base de una sirena eléctrica, este sistema entra en operación en casos de emergencias.

4) Alarma

La alarma instalada es de tipo sonoro, claramente audible, instalada en el interior de la Estación de Carburación, opera a una corriente eléctrica alterna de 127 V.

5) Comunicación

Se cuenta con un teléfono convencional, conectado a la red pública, adyacente a este se encuentra un directorio telefónico con los teléfonos de emergencias convencionales (bomberos, policía y unidades de rescate correspondientes).

6) Entrenamiento de personal

Se imparte periódicamente un curso de entrenamiento del personal, que abarca los siguientes temas:

- Posibilidades y limitaciones del sistema contra incendios
- Personal nuevo y su integración a los sistemas de seguridad
- Uso de manuales
- Acciones por ejecutar en caso de siniestro:
 - o Uso de accesorios de protección
 - o Uso de los medios de comunicación
 - o Evacuación de personal y desalojo de vehículos
 - o Cierre de válvulas estratégica de gas
 - o Corte de electricidad
 - o Uso de extintores

7) Programas de revisión

Se aplica periódicamente un programa de revisión en las áreas de riesgo, con la finalidad de verificar la correcta funcionalidad y estado físico de cada uno de los extintores, así como la recarga de estos en caso de que sea necesario.

8) Prohibiciones

Se prohíbe el uso en la estación de:

- Fuego
- Para el personal operativo con acceso a las zonas de almacenamiento y trasiego (protectores metálicos en las suelas y tacones de los zapatos, peines, excepto los de aluminio, ropa de rayón, seda y materiales semejantes que puedan producir chispas, lamparas de mano a base de combustibles y las eléctricas que no estén diseñadas para trabajar en atmosferas inflamables.

9) Rótulos de prevención, pintura de protección y colores distintivos

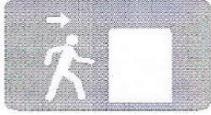
Los tanques de almacenamiento están pintados de color blanco brillante, en sus casquetes se tiene pintado un círculo rojo cuyo diámetro es aproximadamente equivalente a la tercera parte del diámetro del recipiente que lo contiene, también tiene inscrito con caracteres no menores de 15 cm, la capacidad total en litros de agua, razón social de la organización y el número económico.

- La zona de protección del área de almacenamiento, así como los topes y defensas de concreto existentes en el interior de la

Estación, están pintados con franjas diagonales de color amarillo y negro en forma alternada.

- **Rótulos.** En el interior de la estación, se tienen letreros visibles rotulados con pictogramas normalizados, estos se tienen ubicados en lugares visibles, y se encuentran distribuidos cómo se indica en la siguiente tabla:

TABLA I.1.3.2.2 SEÑALETICA DE LA ESTACIÓN		
Rótulo	Pictograma	Lugar
Alarma contra incendios		Interruptores de alarma
Prohibido estacionarse		Cuando aplique, en puertas de acceso de vehículos y salida de emergencias por ambos lados y en la toma siamesa.
Prohibido fumar		Área de almacenamiento y trasiego.
Hidrante		Junto al hidrante.
Extintor		Junto al extintor
Peligro gas inflamable		Área de almacenamiento, tomas de recepción y suministro. Si existe despachador, uno por cada uno.
Se prohíbe el paso a vehículos o personas no autorizadas		Áreas de almacenamiento y tomas de recepción.

Se prohíbe encender fuego		Área de almacenamiento y tomas de recepción y suministro.
Código de colores de las tuberías	LETRERO	Zona de almacenamiento
Salida de emergencia		En su caso, en ambos lados de las puertas.
Velocidad máxima 10 Km/h		Áreas de circulación
Indicaciones de maniobras	LETRERO	Tomas de la recepción y suministro.
Monitor contraincendios	LETRERO	Junto al monitor
Prohibido cargar gas si hay personas a bordo del vehículo	LETRERO	Toma de suministro

10) Dimensiones

Todas las dimensiones mínimas indicadas en esta norma tienen una tolerancia de al menos 2% y todas las dimensiones máximas, tienen una tolerancia de más de 2% en su medición.

I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

A título justificativo, cabe puntualizar que la Planta Coatepec se considera en la clasificación de actividad altamente riesgosa debido a que tiene una capacidad instalada de 510,000 L de gas L.P. (considerando capacidad instalada de almacenamiento en la planta y la estación de carburación). El gas licuado de petróleo en si no aparece en los listados de actividades altamente riesgosas, sin embargo, el mayor componente de dicha mezcla si aparece (60% propano, porcentaje de mezcla de gas L.P. según la HDS de Pemex gas y petroquímica básica), por lo que se hace a continuación el cálculo de la cantidad de ese componente en la planta (considerando capacidad instalada en planta y en estación de carburación) para legitimar el propósito del presente estudio.

El volumen de capacidad instalada en la planta, mas la estación de carburación es de 510,000 L (agua al 100%), o siendo equivalente a 510 m³

Para determinar la cantidad de masa que se tiene, se recurre a la densidad de la sustancia, se usará la densidad del gas en fase líquida, debido a que es en este estado que la mayoría del gas L.P. se almacena en la planta, considerando un valor de 0.540 tomado de la HDS del producto de Pemex gas y petroquímica básica.

La densidad relativa se multiplica por una densidad de referencia, se toma la del agua y se considera de 1000 kg/m³

La densidad está definida por la ecuación 1.2.1:

$\rho = \frac{m}{v} \text{ eq. 1.2.1}$	Donde: ρ Densidad de la sustancia (kg/m ³) m Masa de la sustancia en kg v Volumen de la sustancia en m ³
--	--

Se cuenta con la densidad y con el volumen de la sustancia, se despeja la masa de la ecuación 1, quedando:

$m = \rho * v \text{ eq. 1.2.2}$	Donde: ρ Densidad de la sustancia (kg/m ³) m Masa de la sustancia en kg v Volumen de la sustancia en m ³
----------------------------------	--

Se realiza la aplicación numérica y se obtiene la cantidad de masa de gas L.P. almacenado en la Planta Coatepec, considerando la capacidad instalada de agua al 100% de la Planta y la Estación de Carburación.

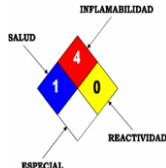
$$m = 540 \frac{Kg}{m^3} * 510 m^3 = 275,400 kg \text{ eq. 1.2.3}$$

Finalmente, se multiplica la masa obtenida por el porcentaje de composición del propano del gas L.P. (60%), quedando la cantidad de masa de propano de 165,240 kg, con lo cual se excede la cantidad de reporte de 500 kg establecida en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas emitido por la Secretaría de Gobernación.

En la tabla 1.2.1 se presenta la sustancia usada en la Planta Coatepec y algunas características básicas.

TABLA 1.2.1 SUSTANCIAS EMPLEADAS Y CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

SUSTANCIA	CAS	ESTADO FÍSICO	DISPOSITIVO DE CONTENCIÓN Y VOLUMEN	PROCESO EN EL QUE SE EMPLEA	CANTIDAD DE USO MENSUAL	CRETIB
-----------	-----	---------------	-------------------------------------	-----------------------------	-------------------------	--------

Gas licuado de petróleo	Propano (74-98-6)	Gaseoso	Planta:2 tanques con capacidad total de 250,000 L c/u	Venta al menudeo	Según la demanda	Inflamable y Riesgos a la Salud 
	Butano (106-97-8) Etil- mercaptano (odorizante) (75-08-1)		E.C. 2 tanques con capacidad total de 5,000 L c/u			

El propósito de la Planta Coatepec es el almacenamiento y distribución de gas L.P. por medio de tres modalidades distintas, a saber:

1. Suministro por medio de cilindros portátiles
2. Suministro por medio de vehículos autotanques
3. Suministro por medio de estación de carburación

De manera general, se presentan a continuación los diagramas de procesos de la planta de almacenamiento y de la estación de carburación, mostrando los principales nodos.

Las actividades del proyecto se pueden resumir principalmente en dos operaciones: almacenamiento y trasiego de gas L.P. En la figura I.2.1 se presenta el conjunto de operaciones que se llevan a cabo en la planta de almacenamiento.

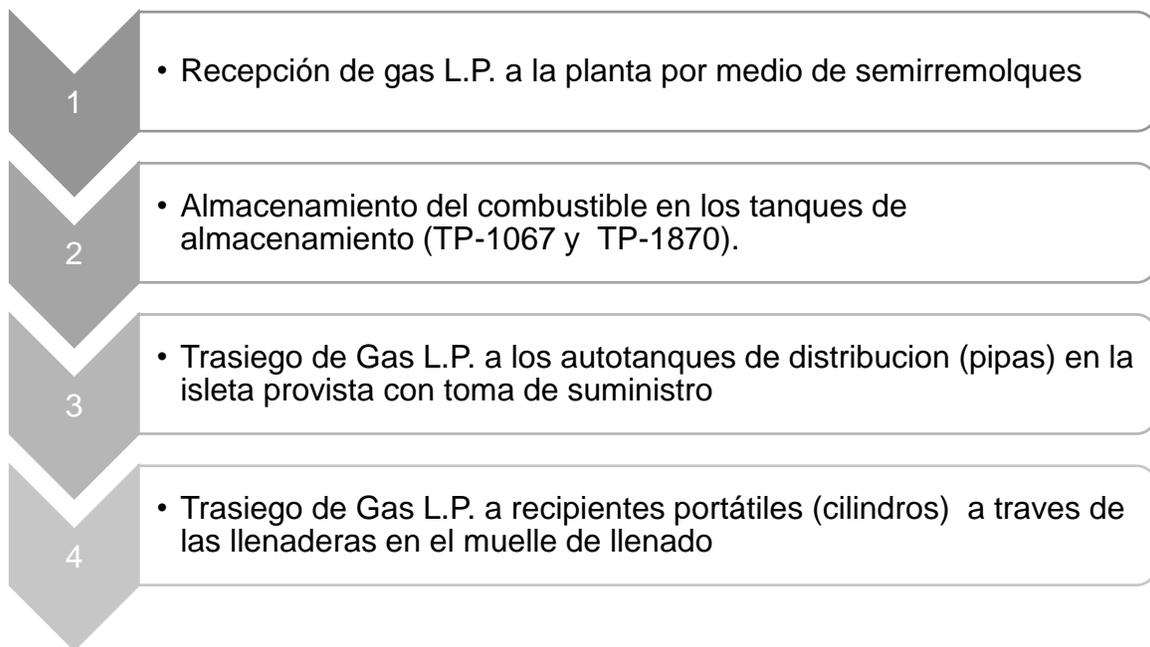


Figura I.2.1: Diagrama de flujo de las actividades de la Planta Coatepec. Información obtenida de la Memoria de Calculo Descriptiva del Proyecto Mecánico y elaboración propia (Véase anexo E).

Para las actividades que se realizan en la estación de gas L.P. para carburación), se enlistan las operaciones en la figura I.2.2

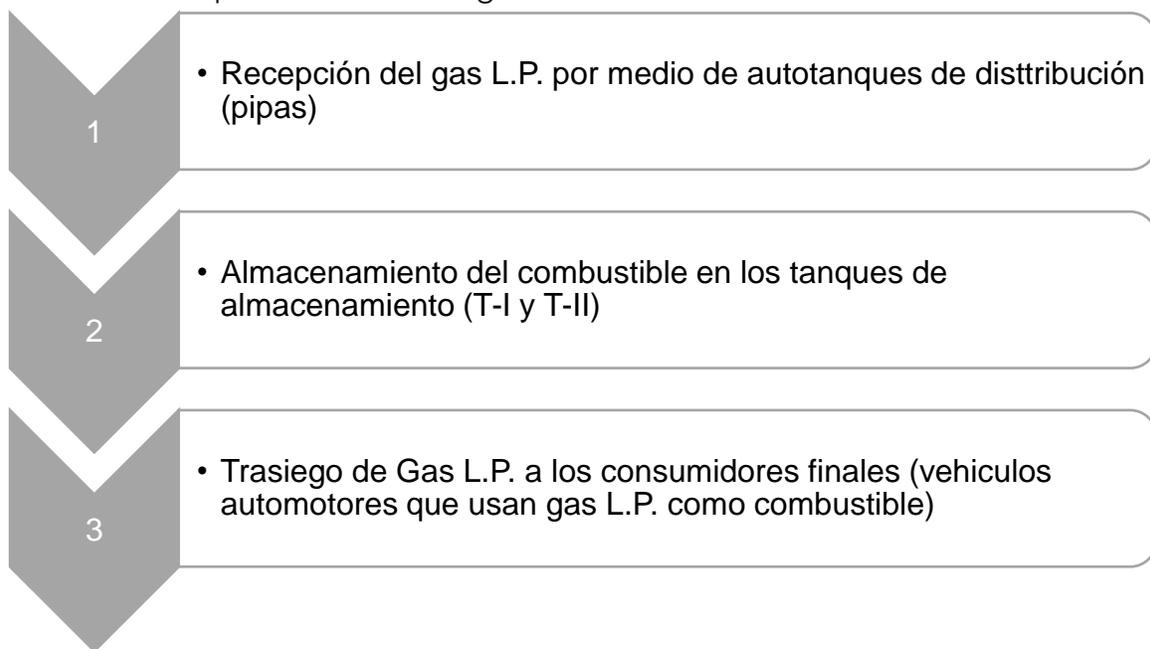


Figura I.2.2 Diagrama de flujo de las actividades de la estación de carburación Coatepec. Información obtenida de la Memoria de Calculo Descriptiva del Proyecto Mecánico y elaboración propia.

I.2.1 HOJAS DE SEGURIDAD

I.2.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA SUSTANCIA DE ESTUDIOS

Conocer las características de peligrosidad de las sustancias manejadas en el proceso es de suma importancia para determinar los probables escenarios de emergencia que pueden ocurrir en la instalación donde se pretendan utilizar o almacenar. Para el análisis de riesgo de capital conocer las características de las sustancias para alimentar los modelos matemáticos que simulen los escenarios identificados. En la tabla I.2.1.1.1 se presentan las características del gas L.P.

TABLA I.2.1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA SUSTANCIA DE ESTUDIO									
Nombre de los componentes	%	No. CAS	No. ONU	LMPE: PPT, CT	IPVS (IDLH)	Grado de riesgo			Especial
						S	I	R	
Gas Licuado de Petróleo (mezcla de hidrocarburos alifáticos)									
Propano	60	74-98-6	1075	Asfixiante simple	2100 ppm	1	4	0	
Butano	40	106-97-8	1011	PPT: 800 ppm	-	1	4	0	
Etil-mercaptano	0.0017 - 0.0028	75-08-1	2363	PPT: 0.95 ppm CT: 2 pmm	500 ppm	2	4	0	

Fuente: PEMEX Gas y Petroquímica Básica, Hoja de hoja de datos de seguridad de GAS L.P.

TABLA I.2.1.1.2 PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL GAS L.P.	
Nombre comercial del producto	Gas licuado comercial odorizado
Nombre químico	Mezcla propano - butano
Sinónimos	Gas L.P., LPG, gas licuado de petróleo
Familia química	Hidrocarburos del petróleo
Fórmula molecular, Estado físico	C ₃ H ₆ + C ₄ H ₁₀
Peso molecular	49.7 g/mol

Temperatura de ebullición @ 1 atm	- 32.5 °C
Densidad de los vapores (aire=1) @ 15.5 °C	2.01 (dos veces más pesado que el aire)
Densidad del líquido (agua = 1) @ 15.5 °C	0.540
Relación de expansión (líquido a gas @ 1 atm)	1 a 242 (un litro de gas líquido se convierte en 242 litros de gas fase vapor, formando con el aire una mezcla explosiva de aproximadamente 11,000 litros).
Solubilidad en agua a 20°C	Aproximadamente 0.0079% en peso (insignificante menos del 0.1%)
Estado físico, color y olor	Gas insípido e incoloro a temperatura y presión ambiente. Tiene un odorizante que le proporciona un olor característico, fuerte y desagradable.
Temperatura de ebullición	-32.5 °C
Temperatura de autoignición	435.0°C
Límite inferior de explosividad (LEL)	1.8 %
Límite superior de explosividad (UEL)	9.3%

Fuente: PEMEX Gas y Petroquímica Básica, Hoja de hoja de datos de seguridad de GAS L.P.

I.2.1.2 PELIGROS DE EXPLOSIÓN E INCENDIO

TABLA I.1.1.2 CARACTERISTICAS			
Punto de flash		-98.0 °C	Punto de flash: Una sustancia con un punto de flash de 38°C o menor se considera inflamable; entre 38°C y 93°C la inflamabilidad es baja (combustible). El punto de flash del LPG (-98°C) lo hace un compuesto sumamente peligroso.
Temperatura de ebullición		-32.5 °C	
Temperatura de autoignición		435.0 °C	
Límites de explosividad:	Inferior	1.8 %	
	Superior	9.3 %	

Mezcla Aire + Gas licuado

Zonas A y B. En condiciones ideales de homogeneidad, las mezclas de aire con menos de 1.8% y más de 9.3% de gas licuado no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición. Sin embargo, a nivel práctico deberá desconfiarse de las mezclas cuyo contenido se acerque a la zona explosiva, donde sólo se necesita una fuente de ignición para desencadenar una explosión.

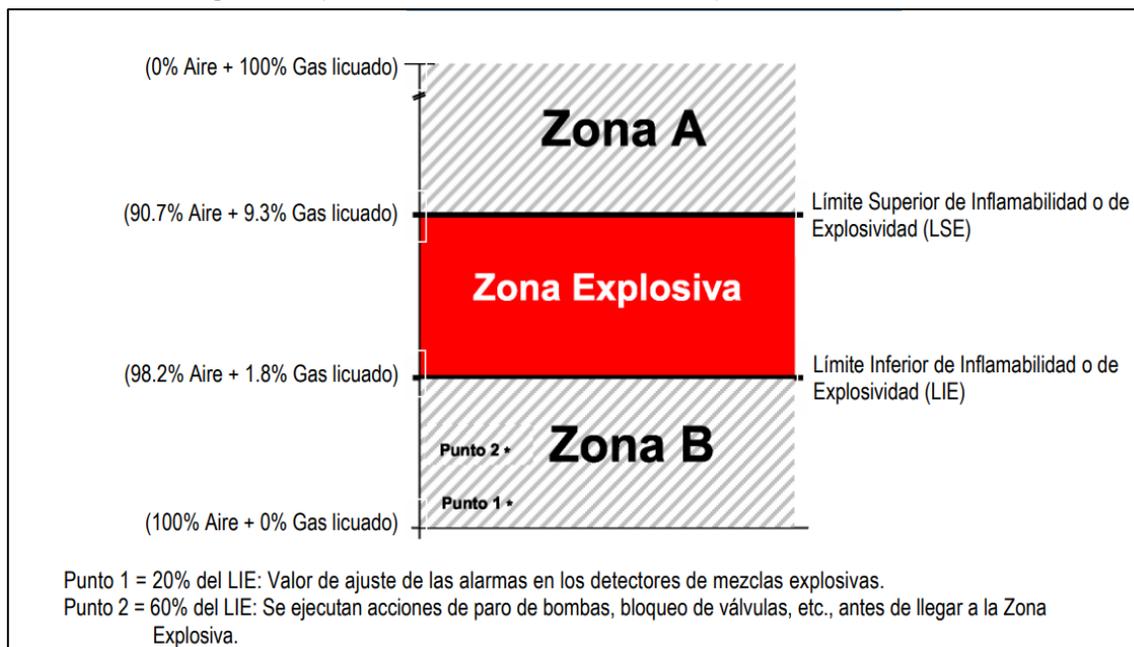


Imagen I.2.1.2.1 Límites de inflamabilidad del gas L.P. La zona coloreada de rojo representa la zona explosiva de la sustancia. Obtenido de la HDS del LPG de PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

I.2.1.2 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Para establecer la toxicidad del gas L.P., se consultaron diferentes bibliografías debido a lo cuestionable que resulta categorizar a tal combustible como tóxico. De acuerdo con la HDS del gas L.P. de Pemex Gas y Petroquímica Básica se sabe que el gas licuado de petróleo no es tóxico; considerándose en tal documento como un asfixiante simple que, sin embargo, tiene propiedades ligeramente anestésicas y que en altas concentraciones produce mareos. No se cuenta con información definitiva sobre características carcinogénicas, mutagénicas, órganos que afecte en particular o que desarrolle algún efecto tóxico.

De igual manera, la Academia Nacional de las Ciencias de Estados Unidos categoriza como principal factor de riesgo en cuestión de riesgos a la salud

causados por el gas L.P. al principal componente del gas (propano), debido a su capacidad de desplazar el oxígeno y por ende generar ambientes anóxicos. Para cuantificar la toxicidad del gas L.P., el Instituto Nacional para la Seguridad e Higiene Ocupacional de Estados Unidos, propone un IDLH para el LPG de 2000 ppm (National Academy of Sciences, 2012). No obstante, para el indicador AEGL, los umbrales de toxicidad son superiores al que se establece para el IDLH (véase la imagen 1.2.1.2.2), esto en fundamento a numerosos estudios en animales con concentraciones hasta de 200,000 ppm y no se han reportado casos por envenenamiento (National Academy of Sciences, 2012)

TABLE 7-1 Summary of AEGL Values for Propane

Classification	10 min	30 min	1 h	4 h	8 h	End Point (Reference)
AEGL-1 (nondisabling)	10,000 ppm ^a (18,000 mg/m ³)	6,900 ppm ^a (12,000 mg/m ³)	5,500 ppm ^a (9,900 mg/m ³)	5,500 ppm ^a (9,900 mg/m ³)	5,500 ppm ^a (9,900 mg/m ³)	CNS depression (Patty and Yant 1929)
AEGL-2 (disabling)	See below ^b	See below ^b	See below ^b	See below ^b	See below ^b	Cardiac sensitization (Reinhardt et al. 1971)
AEGL-3 (lethal)	See below ^c	See below ^c	See below ^c	See below ^c	See below ^c	Cardiac sensitization (Reinhardt et al. 1971)

a The AEGL-1 value is greater than 10% of the lower explosive limit for propane in air of 23,000 ppm. Therefore, safety considerations against the hazard of explosion must be taken into account.

b The AEGL-2 values for all time periods is 17,000 ppm (31,000 mg/m³), which is greater than 50% of the lower explosive limit for propane in air of 23,000 ppm. Therefore, extreme safety considerations against the hazard of explosion must be taken into account.

c The AEGL-3 values for all time periods is 33,000 ppm (59,000 mg/m³), which is greater than the lower explosive limit for propane in air of 23,000 ppm. Therefore, extreme safety considerations against the hazard of explosion must be taken into account.

Imagen 1.2.1.2.2 Condensado de valores de exposición AEGL para propano. Obtenido de (National Academy of Sciences, 2012)

I.2.2 ALMACENAMIENTO

ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

i. Accesorios y equipo

El equipo y accesorios que se utilizan para el almacenamiento y trasiego de Gas L.P. son de acuerdo a las características requeridas para tal fin.

La Estación cuenta con dos recipientes para almacenamiento de Gas L.P. tipo intemperie, vertical, con una capacidad de almacenamiento de 5 000 litros al 100% agua.

ii. Recipiente de almacenamiento

Los recipientes de almacenamiento están contruidos conforme a la NOM-021/2-SCFI-1993. Los tanques están identificados mediante una placa legible proveniente de fábrica, indicando la fecha de fabricación, serie, y espesores de recipiente. La placa queda firmemente adherida al recipiente. La distancia del fondo de los recipientes tipo intemperie de 5,000 L de agua al 100% al piso terminado de la zona de almacenamiento se encuentran a una altura de 1.00 m, cuando la mínima aceptable es de 0.70 m.

Los tanques tienen las siguientes características:

1.2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS TANQUES EQUIPOS AUXILIARES USADOS.

	<i>Tanque I</i>	<i>Tanque II</i>
Construido	METSA	METSA
Según Norma	NOM-021/1-SCFI-1993	NOM-021/2-SCFI-1993
Capacidad (l agua)	5 000 L	5 000 L
Año de fabricación	1999	1999
Diámetro exterior	118 cm	118 cm
Longitud total:	476.9 cm	476.9 cm
Presión de trabajo	14.00 kg/cm²	14.00 kg/cm²
Factor de seguridad	4	4
Forma de cabezas	Semielíptica	Semielíptica
Eficiencia	100%	100%
Espesor lámina cabezas	6.83 mm	6.83 mm
Material lámina cabezas	SA-612-A	SA-612-A
Espesor lámina cuerpo	6.88	6.88
Material lámina cuerpo:	SA-612-A	SA-612-A
Coples	210 kg/cm²	210 kg/cm²
No. de Serie	22 WA	34WA
Tara	1083 kg	11083 kg

Los recipientes de almacenamiento cuentan con los siguientes accesorios:

- Dos válvulas de seguridad, marca *REGO* modelo 3131G de 19 mm (3/4") de diámetro.
- Una válvula de llenado tipo doble *check* para gas líquido marca *Rego* modelo 72797-20R de 32 mm (1 ¼ ") de diámetro.
- Un indicador de nivel, tipo flotador para nivel de gas líquido marca *Rochester* de 32 mm (1 ¼ ") de diámetro.

Los coples de los recipientes con diámetro interior mayor a 6.40 mm se equipan con:

- Una válvula de exceso de flujo para gas líquido marca Rego modelo A3282C de 32 mm (1 ¼ ") de diámetro, con capacidad de 50 G.P.M.
- Una válvula *check* de no retroceso para retorno de gas líquido marca Rego modelo A3176 de 32 mm (1 ¼ ") de diámetro.
- Una válvula *check* de no retroceso para retorno de gas vapor marca Rego modelo A3176 de 32 mm (1 ¼ ") de diámetro.

Estas válvulas por ser elementos independientes estarán seguidas por una válvula de cierre de acción manual después de ellas, según su diámetro. Las válvulas de relevo de presión son asignadas por el fabricante.

Dada la capacidad de los recipientes de almacenamiento en la estación de carburación (5,000 c/u) no requieren de líneas de desfogue.

iii. Escaleras y pasarelas

Para facilitar la lectura de los instrumentos de medición de indicación local de los recipientes de almacenamiento, se cuenta con una escalera junto al tanque de almacenamiento.

iv. Bombas y compresores

El trasiego de gas L.P. en operación de suministro se hace por medio de una bomba, cuyas características son las siguientes:

TABLA I.2.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA DE TRASIEGO

Bomba	
Número	1
Operación básica	Llenado a tanques de carburación
Marca	Blackmer
Modelo	"DV-LGF1D"
Motor eléctrico	3 HP
R.P.M.	1750
Capacidad nominal	132 L.P.M. (35 G.P.M.)
Presión diferencial de trabajo (max)	5 kg/cm²
Tubería de succión	38 mm (1 ½ ")Ø
Tubería de descarga	38 mm (1 ½ ")Ø

La bomba está instalada dentro de la zona de protección de los tanques de almacenamiento. La bomba con su motor está cimentada en una base metálica, la que a su vez está fija por medio de tornillos anclados a otra base de concreto. El motor eléctrico acoplado a la bomba tiene una potencia de 3 CF, cuya capacidad se obtuvo del cálculo de potencia de la bomba requerida plasmado

en la memoria técnica correspondiente. La bomba está diseñada para operar en atmósferas inflamables y está provista con un interruptor automático de sobrecarga, además se encuentra conectada al sistema general de "tierra".

v. Medidores de volumen

La estación de carburación cuenta con una zona de suministro equipada con un despachador metálico, el cual contiene un medidor Neptune de 38 mm (1 ½ ") de entrada y salida, mismo que está conectado a un sistema de control el mecánico para llenado, este medidor volumétrico controla el abastecimiento de gas L.P. a los vehículos que utilizan gas para carburación.

El medidor de flujo para suministro de gas L.P. cuenta con las siguientes características:

TABLA I.2.2.3 CARACTERÍSTICAS DEL MEDIDOR DE FLUJO DE SUMINISTRO	
MARCA	NEPTUNE
TIPO	4D
DIÁMETRO DE ENTRADA Y SALIDA	38 MM
CAPACIDAD:	MAX 227 L.P.M. (60 G.P.M.)
	MIN 45 L.P.M. (12 G.P.M.)
PRESIÓN DE TRABAJO	24.6 KG/CM ²
REGISTRO MODELO:	MECÁNICO

Para proteger de la intemperie a la zona de suministro, se tiene provista esta área con un cobertizo basado en una estructura metálica, permitiendo la libre circulación de aire.

Como mecanismos de seguridad, antes y después del medidor se cuenta con una válvula de cierre manual y después de la válvula diferencial se cuenta con una válvula de relevo de presión hidrostática de 13 mm (1/2 ") de diámetro.

vi. Tuberías y accesorios

Todas las tuberías instaladas para conducir gas L.P. son de acero cédula 80, sin costura con conexiones roscables, diseñadas para operar a una presión de 729 MPa (140 kgf-cm²).

TABLA I.2.2.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN DE GAS (CALIBRE)

TRAYECTORIA	LÍQUIDA	LLENADO	RETORNO LÍQUIDO	VAPOR
De medidor de llenado a tanque	-	N.A.	-	N.A.

De tanques a bomba	32 mm, 51 mm	-	32 mm	-
De bomba a toma de Carburación	38 mm	-	-	19 mm

Las trayectorias de las tuberías dentro de la zona de almacenamiento son visibles, sobre el NPT y están apoyadas sobre soportes espaciados que evitan su flexión y su desplazamiento lateral, con un claro mínimo de 0.10 m, en cualquier dirección, excepto a otra tubería donde están separadas entre paños cuando menos de 0.05 m.

Todas las tuberías, independientemente del fluido que conduzcan cumplen con un mínimo de separación de 0.05 m.

vii. Tomas de la recepción y suministro

La ubicación de las tomas están de tal modo que al cargar o descargar un vehículo no obstaculizan la circulación de los otros vehículos. La conexión de la manguera de la toma y la posición del vehículo que se cargue o descargue está proyectada para que la manguera esté libre de dobleces bruscos con una longitud total de 8.0 metros. Las mangueras de suministro tienen un diámetro nominal de 0.019 m y cuentan en el extremo libre con una válvula de cierre rápido con seguro y acoplador de llenado.

La toma de suministro es de 38 mm de diámetro y cuenta con los siguientes accesorios

- Acoplador 1" Rego para gas líquido
- Válvula de operación manual, para una presión de trabajo de 28 kg/cm² con válvula manual de desfogue.
- Manguera para Gas L.P. con diámetro nominal de 19 mm (3/4")
- Una válvula de relevo de presión hidrostática de 13 mm (1/2 ") de diámetro.
- Una válvula automática doble no-retroceso (*pull-away*) de 19 mm (3/4") de diámetro

La toma de suministro cuenta con un soporte metálico que fija a la manguera para mejor protección contra tirones de manera que la válvula "*pull away*" funcione sellando cualquier salida de gas junto a la toma se cuenta con pinzas especiales para conectar a "tierra" a los vehículos en el momento de hacer el trasiego de gas L.P.

Los accesorios con los que cuenta la estación de carburación son los siguientes:

TABLA I.2.2.5 DESCRIPCIÓN DE LOS ACCESORIOS DE LA ESTACIÓN DE CARBURACIÓN A:

Accesorio	Longitud equivalente
-----------	----------------------

Una válvula de exceso de flujo de 32 mm de diámetro	40.00 ft
Una válvula de globo de 32 mm de diámetro	19.00 ft
Un codo de 32 mm de diámetro	2.90 ft
Una ampliación de 32 mm a 51 mm de diámetro	0.26 ft
Un filtro de paso de 51 mm de diámetro	170.00 ft
Una válvula de bola de 51 mm de diámetro	10.00 ft
Una reducción de 51 mm a 38 mm	0.26 ft
Longitud de tubería: 2.89 m de 32 mm de diámetro x 3.28	9.48 ft
Total	251.90 ft

TABLA I.2.2.6 DESCRIPCIÓN DE LOS ACCESORIOS DE LA ESTACIÓN DE CARBURACIÓN B:

Accesorios de 32 mm Ø	Longitud equivalente
Un codo de 38 mm de diámetro x 90°	11.60 ft
Una válvula de bola 38 mm Ø	12.00 ft
Longitud de tubería 4.91 x 3.28	16.10 ft
Total	39.70 ft
Accesorios de 19 mm y 38 mm Ø	Longitud equivalente
Un medidor volumétrico de 38 mm Ø	1.10 psi
Una válvula de cierre rápido de 19 mm de diámetro	3.05 psi
Manguera 8 m de 19 mm de diámetro	1.00 psi
Contra presión del tanque	20.00 psi
Total	25.15 psi

PLANTA DE ALMACENAMIENTO

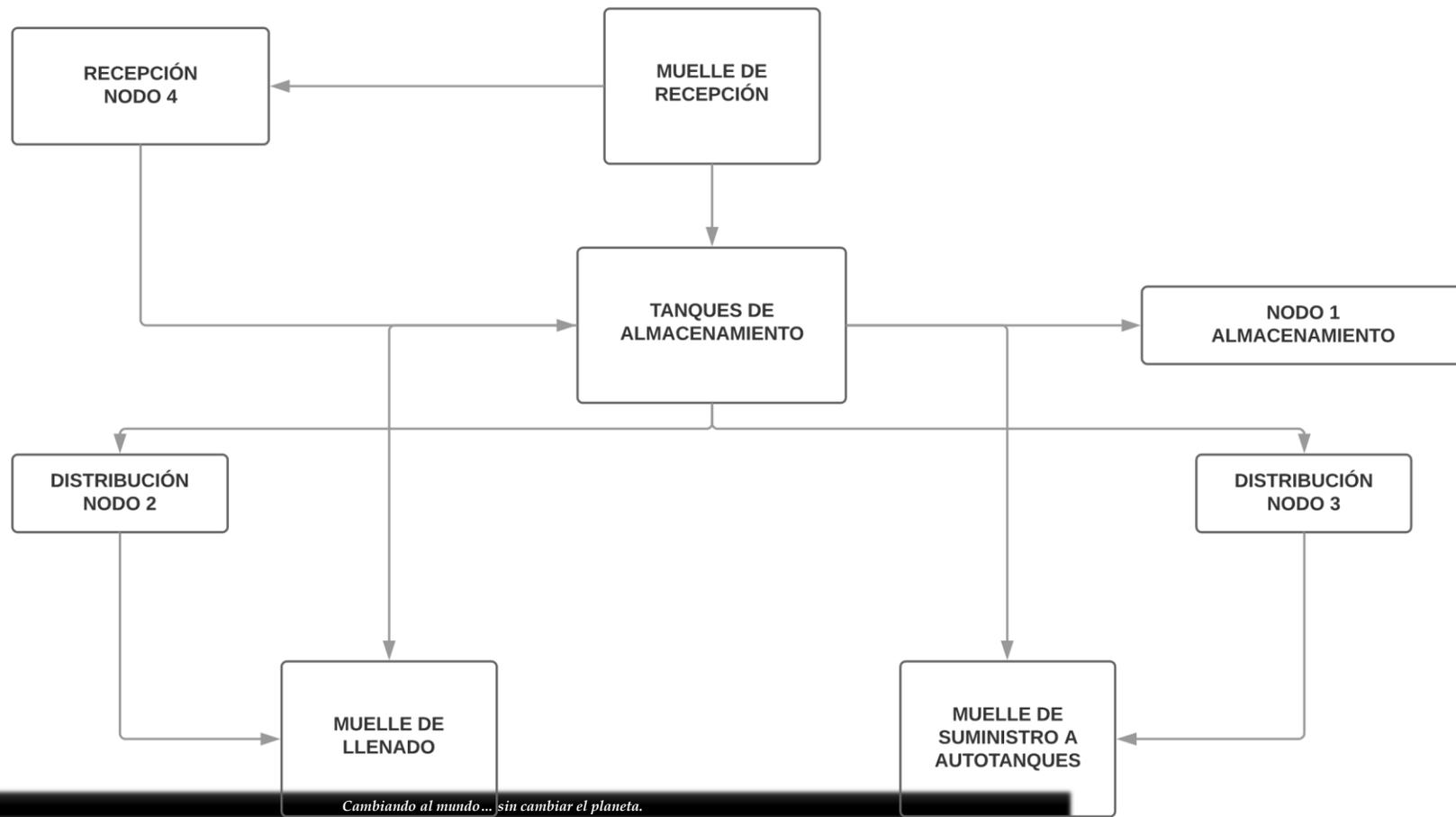
En las tablas I.2.2.1 – I.2.2.4 se enlistan los recipientes de almacenamiento de gas L.P. con los que está equipada la Planta Coatepec y sus características.

PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

GAS DEL ATLÁTICO S A DE C V (PLANTA COATEPEC)

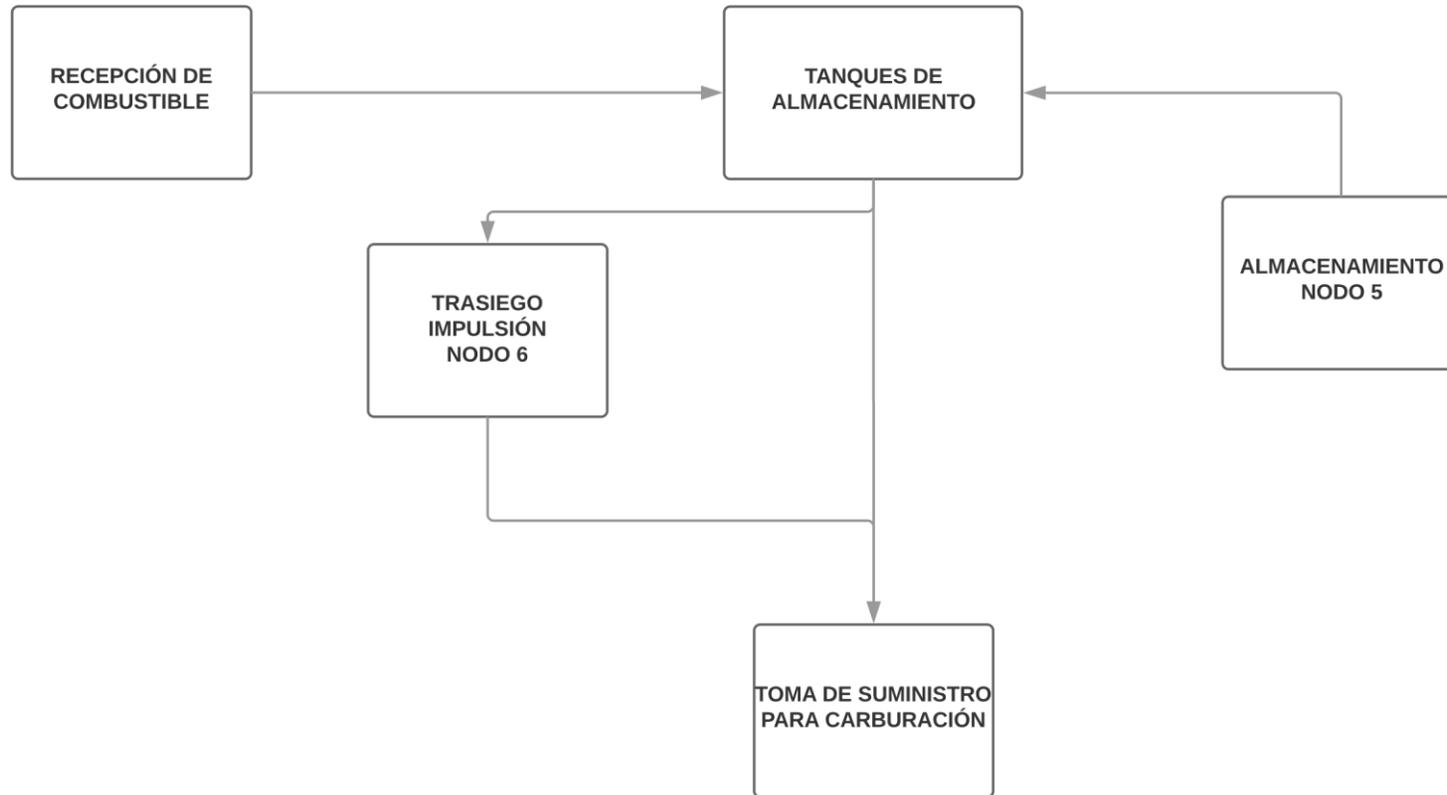
ESTACION DE CARBURACIÓN

GAS DEL ATLÁTICO S A DE C V (PLANTA COATEPEC)



Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.





A continuación, se establecen de manera más detallada el conjunto de procesos que se realizan en la Planta Coatepec.

a) Recepción y descarga de gas de autotanques a tanque de almacenamientos

El abastecimiento de gas L.P., en los tanques de almacenamiento de la planta se realiza por vía terrestre, desde las terminales o refinerías de PEMEX y /o entres privados, por medio de vehículos denominados "autotanques" con una capacidad de 45 mil litros (agua al 100%), hasta la planta de almacenamiento, donde se transfiere a la zona de descarga. Los operadores de descarga siguen el siguiente procedimiento:

- Al inicio de cada turno, el personal encargado de la descarga revisa la capacidad disponible de cada uno de los tanques de almacenamiento.
- Al llegar a la planta el autotransporte se dirige al área de recepción donde es recibido por el personal de descarga. El operador, revisa dicho documento para enterarse del porcentaje del contenido en el autotransporte, también se cerciora de la presión del recipiente con los dispositivos de medición instalados en el vehículo. Indica al operador del autotransporte donde deberá estacionarse y verificará que la unidad esté totalmente detenida, con el motor apagado y que el freno de mano este colocado.
- Toma la lectura del porcentaje del contenido, así como la presión a la que viene, coloca las cuñas metálicas en por lo menos dos de las ruedas para asegurar la inmovilidad del vehículo; también le coloca el cable para aterrizaje de la unidad.
- Acopla la manguera de líquido (normalmente \varnothing 51 mm) misma que está conectada a la tubería correspondiente (pintada de color rojo). Posteriormente procede a la abertura de la válvula para iniciar el trasiego de la unidad al tanque fijo.
- Selecciona en que tanque(s) de almacenamiento se descargará, abrirá las válvulas tanto de líquido como de vapor del recipiente. En la línea del tanque hasta la estación de descarga se abren las válvulas correspondientes, cerciorándose que las válvulas no permanezcan cerradas; accionará el interruptor que pone a funcionar la compresora por medio de su motor eléctrico.
- Durante la operación de descarga, el operador por ningún motivo se retira de la isla y periódicamente verifica el contenido restante en el autotransporte, mediante el medidor rotatorio incorporado en la unidad hasta que alcance el valor de cero. En cuanto el medidor rotatorio marque

cero, el operador apaga el motor de la compresora. Cerrará las válvulas de líquido de las mangueras, así como del autotransporte y las retira de la unidad. Se cierra la válvula de vapor como se indicó anteriormente y desacopla todas las líneas.

- Coloca los tapones respectivos en las tomas de líquidos y vapor del auto transporte, así como en las mangueras, las cuales se colocan en su lugar correspondiente y se retiran las cuñas metálicas y el cable de aterrizaje. Informará al operador que la unidad ha sido descargada y puede retirarse.

b) Carga de las pipas de distribución desde el tanque de almacenamiento

Se trasiega gas L.P. a las pipas de distribución de 5,000 litros (agua al 100%). Estos vehículos suministran el combustible a tanques estacionarios domésticos y/o comerciales. A continuación, se detallan las actividades relativas al trasiego de gas a las pipas de distribución:

- El operador estaciona el autotank en el área de carga, donde el personal encargado del llenado sigue la secuencia de las siguientes operaciones:
- Verifica que el vehículo este completamente apagado; que se encuentren colocadas correctamente las cuñas metálicas en las llantas traseras del vehículo y que el vehículo se encuentre aterrizado (por medio la pinza del cable de aterrizaje). Revisará, utilizando el medidor rotatorio el porcentaje de gas que tiene el autotank (Contenido del sobrante con el que regreso de ruta).
- Con el volumen en porcentaje de gas que contiene el autotank, el llenador podrá calcular la cantidad de gas que habrá de suministrarle al autotank, para que este alcance el 90% de su capacidad; Coloca la palanca indicadora del medidor rotatorio en el nivel que se desee y deja la válvula del medidor rotatorio abierta con el objeto de saber el momento preciso en que el llenado ha llegado al nivel deseado.
- Verifica que no existan fugas en las conexiones de la manguera con el autotank, tanto en las líneas que conducen líquido como las de vapor. Oprime el botón energizado del motor de la bomba. Durante el llenado verifica que se realice con normalidad y por ningún motivo abandonará la supervisión de esta operación; continuamente verificará el porcentaje de llenado de autotank.
- Retira las calzas de las llantas del autotank, revisara en todo su alrededor la unidad, haciendo hincapié que en las tomas no existan fugas. El llenador da aviso al operador para que retire la unidad y la estacione en el lugar asignado a tal autotank. La función de un

operador es la de conducir la unidad en el área de circulación con la precaución debida.

c) Llenado de cilindros portátiles

- El vigilante permite el acceso al interior de la planta a los camiones repartidores de gas doméstico, verificando que en su acceso cuente con el dispositivo mata chispas instalado. El operador del vehículo se estaciona en el andén, apaga el motor, radio, luces y otros accesorios y descarga los cilindros vacíos.
- Posteriormente el personal de llenado selecciona los cilindros a fin de detectar anomalías o desperfectos en los mismos; aquellos que presenten daños en la base, espiga, capuchón o indicios de corrosión se separan y son enviados al taller de mantenimiento para su reparación. En caso de encontrarse en condiciones inadecuadas, se envían al fondo de reposición de cilindros.
- Los cilindros que se encuentran en buenas condiciones pasan al área de llenado, donde son colocados en las básculas respectivas, se les enrosca la manguera de llenado y se abre la válvula. Cuando alcanza el peso deseado, la válvula se cierra automáticamente y se pasan al área de carga para estibarlos en el camión repartidor. Finalmente sale de la planta para realizar el reparto domiciliario.

d) Carga de combustible a unidades particulares (carburación)

- El conductor estaciona el vehículo en el área de carga, donde el llenador sigue la secuencia de las siguientes operaciones:
- Verifica que el vehículo este completamente apagado, que se encuentren colocadas correctamente las cuñas metálicas en las llantas traseras del vehículo y que esté debidamente aterrizado. Mediante el medidor rotatorio previsto, revisa el porcentaje de gas que tiene el vehículo.
- Con el volumen en porcentaje de gas que contiene el vehículo, el llenador podrá calcular la cantidad de gas que habrá de suministrarle el vehículo, para que este alcance el 90% de su capacidad, coloca la palanca indicadora del medidor rotatorio en el nivel que se desee y deja la válvula del medidor rotatorio abierta con el objeto de saber el momento preciso en que el llenado ha llegado al nivel deseado.
- Una vez que el tanque este lleno se procede a desacoplar la manguera, retirar las calzadas y tierras físicas, verificara en todos los lugares estratégicos

que no haya fugas, hecho esto le indicara al conductor que puede encender el vehículo.

TABLA I.2.2.7 DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO DE GAS L.P. (PLANTA DE ALMACENAMIENTO)

CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS	CÓDIGO O ESTÁNDARES DE CONSTRUCCIÓN	DIMENSIONES	CAPACIDAD MÁXIMA DE ALMACENAMIENTO	DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD INSTALADOS		
					Cantidad	Dispositivo	Características
2	<ul style="list-style-type: none"> - ID TANQUE 1: TP-1067 - ID TANQUE 2: TP-1879 - Tanque de almacenamiento tipo intemperie cilíndrico horizontal marca TATSA - Fabricados en 1996 - Presión de trabajo: 14.00 kg/cm² 	Fabricados bajo la NOM-021/2-SCFI-1993 y por estándar ASME 1995.	<ul style="list-style-type: none"> - Longitud total: 29,800 mm - Diámetro exterior: 3,370 mm - Volumen: 250,000 L (agua al 100%) 	500,000 l (agua al 100%)	1	Manómetro	Ø 1/4"
					1	Medidor rotatorio	Ø 1"
					1	Termómetro	Ø 1/2"
					2	Válvula de máximo llenado	Ø 1/4"
					2	Válvulas de seguridad	Ø 4"
					1	Válvula de drenado	Ø 2"
					2	Válvula de exceso gasto vapores	Ø 2"
					1	Válvula de exceso gasto líquida	Ø 2"
					2	Válvula de exceso gasto líquido	Ø 3"

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

					1	Entrada pasa hombre	Ø 15"
--	--	--	--	--	---	---------------------------	-------

TABLA I.2.2.8 DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO DE GAS L.P. (ESTACIÓN DE CARBURACIÓN)

CANTIDAD	CARACTERISTICAS	CODIGO O ESTANDARES DE CONSTRUCCIÓN	DIMENSIONES	CAPACIDAD MÁXIMA DE ALMACENAMIENTO	DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD INSTALADOS		
					Cantidad	Dispositivo	Características
2	<ul style="list-style-type: none"> - ID TANQUE 1: T-I - ID TANQUE 2: T-II - Tanque de almacenamiento tipo intemperie cilíndrico vertical marca METSA - Fabricados en 1999 - Presión de trabajo: 14.00 kg/cm² 	Fabricados bajo la NOM-021/2-SCFI-1993 y por estándar ASME 1995.	<ul style="list-style-type: none"> - Longitud total: 476.9 cm - Diámetro exterior: 118 cm - Volumen: 5,000 L (agua al 100%) 	10,000 l (Agua al 100%)	2	Válvulas de seguridad	Ø 3/4"
					1	Válvula de llenado tipo doble checo para gas líquido	Ø 1 1/4"
					1	Indicador de nivel tipo flotador	Ø 1 1/4"
					1	Válvula de exceso de flujo gas líquido	Ø 1 1/4"
					1	Válvula de check de no retroceso para gas líquido	Ø 1 1/4"
					1	Válvula de check de no retroceso para gas vapor	Ø 1 1/4"

TABLA I.2.2.9 DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO DE GAS L.P. (PLANTA DE ALMACENAMIENTO)

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

ID TANQUE	CAPACIDAD	ILUSTRACIÓN	GEORREFERENCIA (UTM)	
			COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE
TP-1067	250,000 l		721298.58 m E	2149939.72 m N
TP-1879	250,000 l		721303.17 m E	2149935.94 m N

TABLA I.2.2.10 DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO DE GAS L.P. (ESTACIÓN DE CARBURACIÓN)				
ID TANQUE	CAPACIDAD	ILUSTRACIÓN	GEORREFERENCIA (UTM)	
			COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE

T-I	5,000 l		721260.45 m E	2149894.69 m N
T-II	5,000 l		721258.46 m E	2149897.19 m N

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

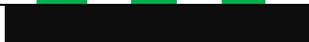
Protección contra la corrosión

Los recipientes, tuberías, conexiones y equipos usados para el almacenamiento y trasiego del Gas L.P. están protegidos contra la corrosión del medio ambiente, mediante un recubrimiento anticorrosivo continua (pintura de esmalte), colocados sobre un primario, que garantiza su firme y permanente adhesión.

Por ser de tipo intemperie, la estación no requiere de protección catódica.

Identificación de tuberías

Para su identificación, las tuberías a la intemperie están pintadas respetando la siguiente nomenclatura:

TABLA I.2.2.11 COLORES DE IDENTIFICACIÓN DE LAS TUBERÍAS		
Agua contra incendio	Rojo	
Aire o gas inerte	Azul	
Gas en fase vapor	Amarillo	
Gas en fase líquido	Blanco	
Gas en fase líquida en retorno	Blanco con banda de color verde	
Tubería eléctrica	Negra	

I.2.3 EQUIPOS DE PROCESO Y AUXILIARES

En la Planta Coatepec debido a la naturaleza de sus actividades, no se realiza transformación de materia prima para generar un bien, las operaciones principales en la planta radican en el almacenamiento y trasiego de gas L.P. para posteriormente distribuir el combustible a los usuarios finales, siendo estos los procesos del proyecto, los cuales serán descritos en este apartado.

A título indicativo, en la Planta Coatepec se desarrollan las siguientes actividades:

- Recepción de gas L.P. en el muelle de recepción
- Almacenamiento del combustible en los tanques de llenado
- Suministro del gas por medio de cilindros portátiles (muelle de llenado)
- Suministro del gas por medio de vehículos auto tanques
- Almacenamiento del gas L.P. en la estación de carburación
- Suministro del gas por medio de una toma de carburación

En el apartado anterior ya fueron descritos a detalle los dispositivos de almacenamiento con los que está equipada la Planta Coatepec, por lo que en este apartado se consagrará a detallar los equipos de procesos y auxiliares correspondientes a los nodos de trasiego e impulsión (a saber: líneas y equipos de impulsión).

Recepción de gas L.P. en el muelle de recepción

La planta es abastecida de gas L.P. por medio de vehículos semirremolques que transfieren el combustible por medio del muelle de recepción. El muelle de recepción está provisto de dos juegos de tomas, contando cada toma con un juego de bocas terminales cada una con las siguientes características:

1. La primera de \varnothing 51 mm (\varnothing 2") para conducir gas en fase líquida; está terminal se enlaza con una línea de 76 mm (\varnothing 3") para conexión con los tanques de almacenamiento.
2. La segunda de \varnothing 32 mm (\varnothing 1 ¼ ") para conducir gas en fase vapor; esta terminal se enlaza con una línea de 51 mm para conexión con los tanques de almacenamiento.

Para garantizar una impulsión óptima del gas L.P. del nodo 4 a los tanques de recepción, la planta está provista por un equipo de compresión el cual se describe en la tabla I.2.3.1.

TABLA I. 2.3.1 EQUIPOS DE PROCESO Y AUXILIARES

ID EQUIPO	CARACTERISTICAS		SISTEMAS DE SEGURIDAD	LOCALIZACIÓN EN PLANTA
Compresor Corken 490	Motor eléctrico	15 HP	<ul style="list-style-type: none"> - Protección contra impactos por muretes de seguridad de 0.60 m - Fijado a una base de concreto - Interruptor automático de sobrecarga - Diseñado para operar en atmosfera explosiva - Conexión a tierra física 	Véase la imagen I.2.3.1
	R.P.M.	740		
	Capacidad nominal	667 LPM		
	Desplazamiento	55 m ³ /h		
	Ratio de compresión	1.5		
	Calibre línea líquido	(\varnothing 3")		
	Calibre línea vapor	(\varnothing 2")		

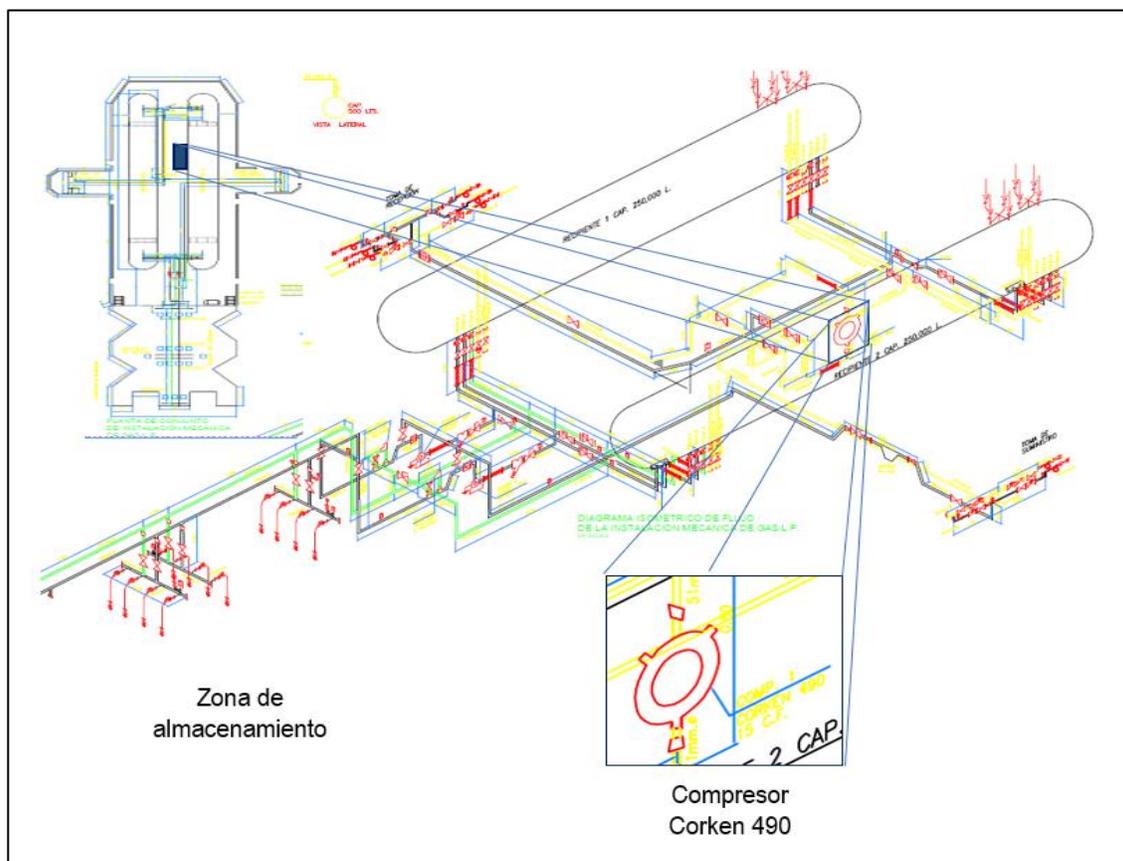


Imagen I.2.3.1 Localización en planta del equipo de impulsión (compresor). Adaptación del plano mecánico de la planta.

Suministro del gas por medio de cilindros portátiles

Uno de los mecanismos por medio del cual la planta suministra gas L.P. es a través de cilindros portátiles que son rellenos en el muelle de llenado adyacente a la zona de almacenamiento. El muelle de llenado cuenta con 4 múltiples de llenado conformado en su totalidad por 16 salidas para recarga de cilindros.

El muelle de llenado se diseñó para asegurar un flujo de gas de 30 L.P.M. (de acuerdo con la memoria técnica justificativa del proyecto mecánico), para lo cual, se instalaron dos equipos de impulsión (bombas) para garantizar el flujo de gas requerido. Las características del equipo de impulsión se describen en la tabla I.2.3.2.

TABLA I. 2.3.2 EQUIPOS DE PROCESO Y AUXILIARES

ID EQUIPO	CARACTERISTICAS	SISTEMAS DE SEGURIDAD	LOCALIZACIÓN EN PLANTA
-----------	-----------------	-----------------------	------------------------

Bombas (I y II) Corken 1021	Motor eléctrico	10 HP	<ul style="list-style-type: none"> - Protección contra impactos por muretes de seguridad de 0.60 m - Fijado a una base de concreto - Interruptor automático de sobrecarga - Diseñado para operar en atmosfera explosiva - Conexión a tierra física 	Véase la imagen 1.2.3.2
	R.P.M.	520		
	Capacidad nominal	303 LPM		
	Presión diferencial	5 kg/cm ²		
	Tubería de succión	(Ø 3")		
	Tubería de descarga	(Ø 3")		

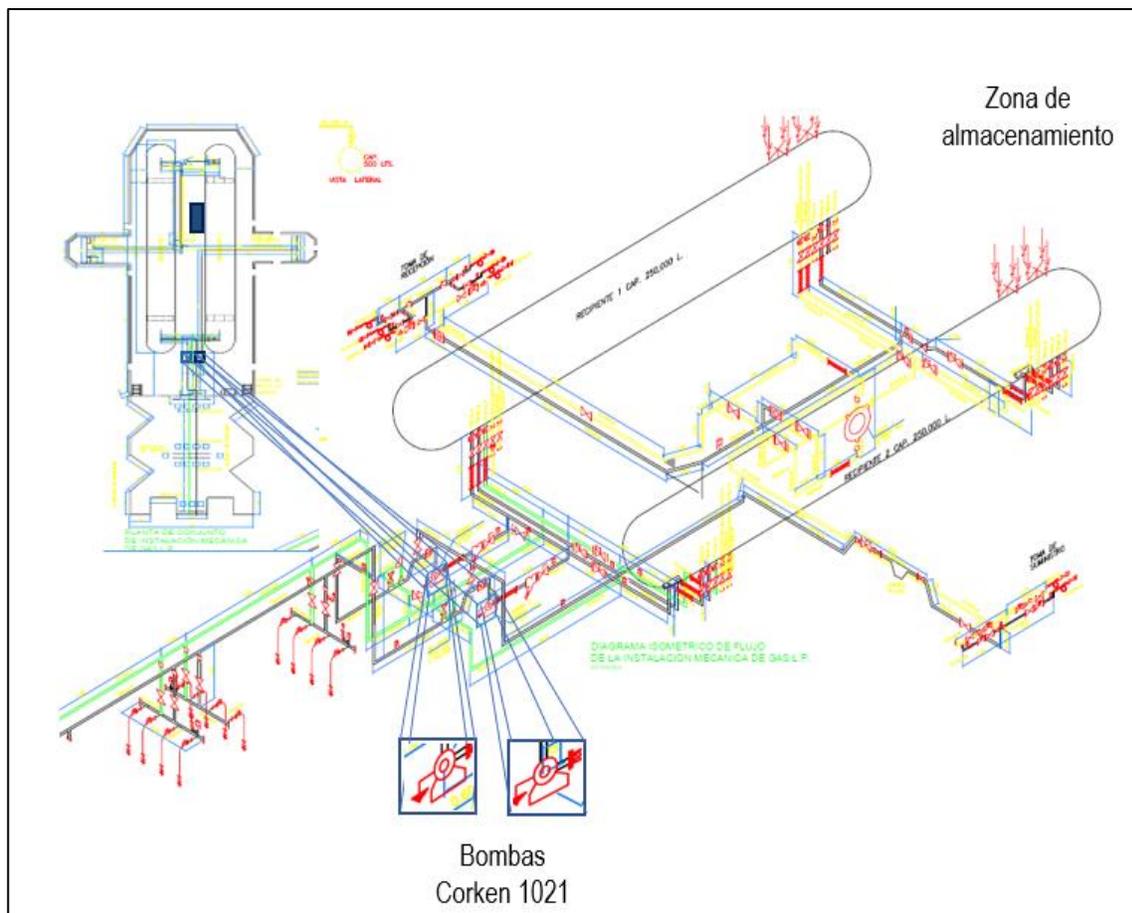


Imagen I.2.3.2 Localización en planta de los equipos de impulsión (bombas). Adaptación del plano mecánico de la planta.

Suministro del gas por medio de vehículos autotanques

El segundo mecanismo por medio del cual la planta suministra gas L.P. es a través de los vehículos autotanques que son abastecidos en el muelle de suministro adyacente a la zona de almacenamiento. La toma de suministro de autotanques es abastecida de gas en fase líquida por los equipos de impulsión del nodo 2 (bombas Corken 1021), por medio de una derivación de las líneas que bifurcan al muelle de llenado y al muelle de suministro. Las líneas que abastecen al muelle de suministro son de 76 mm para gas fase líquida y de 51 mm para gas fase vapor. Ambas líneas finalizarán en el muelle de suministro enlazándose a bocas terminal en el arreglo que se describe en la tabla I.2.3.3.

TABLA I. 2.3.3 EQUIPOS DE PROCESO Y AUXILIARES			
ID EQUIPO	CARACTERISTICAS		SISTEMAS DE SEGURIDAD
Líneas nodo 3	Línea fase líquida (Ø 76 mm)	Bifurcación en dos tomas de 51 mm	<ul style="list-style-type: none"> - Protección contra impactos por muretes de seguridad de 0.60 m - Válvula de exceso de flujo - Válvula de no retroceso - Válvula de globo recta - Válvula de seguridad de 13 mm - Válvula de paro de emergencia a control remoto - Cople /niple con punto de ruptura - Tapón ACME
	Línea fase líquida (Ø 51 mm)	Reducción en boca terminal a 32 mm	

Suministro del gas por medio de una toma de carburación

El tercer mecanismo por medio del cual la planta suministra gas L.P. es a través de la toma de carburación que trasiega el combustible directamente a los vehículos que lo requieran. La toma de suministro de gas L.P. para carburación es abastecida de gas por medio de dos líneas: para fase líquida (\varnothing 38 mm) y para fase vapor (\varnothing 19 mm). Para asegurar un flujo de gas de 2.2 l/s, la estación de carburación tiene provista un equipo de impulsión (bomba) que permite un trasiego adecuado. Las características del equipo de impulsión del nodo 6 se describen en la tabla I.2.3.4.

TABLA I. 2.3.2 EQUIPOS DE PROCESO Y AUXILIARES				
ID EQUIPO	CARACTERISTICAS		SISTEMAS DE SEGURIDAD	LOCALIZACIÓN EN PLANTA
Bomba LGL-1	Motor eléctrico	3 HP	<ul style="list-style-type: none"> - Protección contra impactos por zona de almacenamiento de la estación - Fijado a una base de metálica ancados a base de concreto - Válvula automática calibrada para una presión diferencia del 28.13 kg/cm² y presión de apertura de 5 kg/cm² que actual como control automático a la descarga de la bomba para retorno de gas líquido excedente - Diseñado para operar en atmosfera explosiva - Conexión a tierra física 	Véase la imagen I.2.3.3
	R.P.M.	1750		
	Capacidad nominal	132 LPM		
	Presión diferencial	5 kg/cm ²		
	Tubería de succión	(\varnothing 38 mm)		
	Tubería de descarga	(\varnothing 38 mm)		

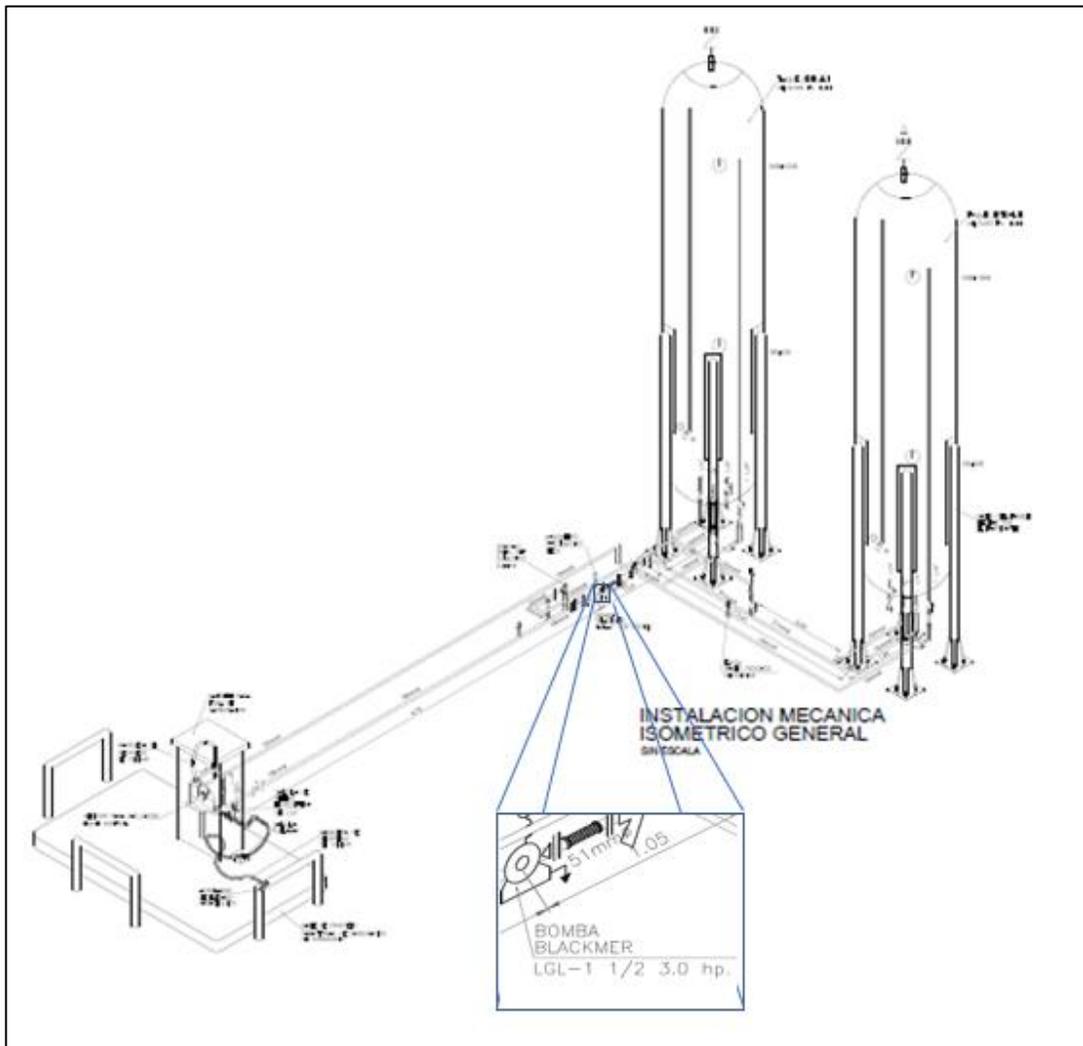


Imagen 1.2.3.3 Localización en planta del equipo de impulsión (bomba). Adaptación del plano mecánico de la estación-

1.2.4 PRUEBAS DE VERIFICACIÓN

La Planta Coatepec se apega a los lineamientos de seguridad emanados por la Secretaría de Energía respectivos a la verificación de la integridad mecánica de los tanques y dispositivos de trasiego instalados, así mismo, tales dispositivos están provistos de diversas "protecciones" para asegurar una óptimo y seguro funcionamiento y reducir el riesgo que por la operación conlleva. En la tabla 1.2.4.1 se detallan las pruebas de verificación a las que son sometidos los equipos y demás dispositivos de la planta, así como los mecanismos de protección.

TABLA I. 2.4.1 PRUEBAS DE VERIFICACIÓN Y SISTEMAS DE SEGURIDAD DE EQUIPOS

ID EQUIPO	PRUEBA DE VERIFICACIÓN	SISTEMAS DE SEGURIDAD
TP-1067 TP-1879	<p>Evaluación de espesores mediante medición ultrasónica usando el método PULSO-ECO (prueba no destructiva), para la verificación de recipientes tipo no portátil para contener gas L.P. en uso.</p> <p>Lineamiento oficial: NOM-013-SEDG-2002</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Protección contra impactos por muretes de seguridad de 0.60m - Fijado a una base de concreto. - Dos válvulas de máximo llenado - Juego de tres válvulas internas de exceso de flujo (1 juego para gas fase vapor y uno para gas fase líquida) con actuador neumático - Válvulas de seguridad para alivio de presión conectadas a tubos de desfogue de 2 m - Pintura anticorrosión - Conexión a tierra física
T-I T-II	<p>Evaluación de espesores mediante medición ultrasónica usando el método PULSO-ECO (prueba no destructiva), para la verificación de recipientes tipo no portátil para contener gas L.P. en uso.</p> <p>Lineamiento oficial: NOM-013-SEDG-2002</p> <p>(Se cuenta con el dictamen, elaborado por la Unidad de Verificación Ing. Remigio Márquez Díaz, UVSELP 171; con fecha del Dictamen del 19 de mayo del 2014, con vigencia por 5 años)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Protección contra impactos por zona de almacenamiento - Dos válvulas de seguridad - Válvula de llenado tipo doble check para gas líquido - Válvula de exceso de flujo para gas líquido - Válvula de check de no retroceso para gas líquido - Válvula de no retroceso para gas vapor - Pintura anticorrosión - Conexión a tierra física

<p>Tuberías, conexiones y Planta en general</p>	<p>Las tuberías son sometidas a pruebas de hermeticidad mediante la técnica de CO₂, haciendo pasar dicha sustancia por las tuberías a una presión 1.5 superior a la de diseño por un tiempo de 60 minutos, después se inspecciona la existencia de fugas en tuberías y conexiones soldadas y roscadas.</p> <p>El radiografiado de las uniones en tuberías y accesorios se realizan mediante el estándar ASME.</p> <p>Lineamiento oficial: Reporte técnico tipo E Reporte técnico tipo F NOM-001-SESH-2014 (Se cuenta con el dictamen, elaborado por la Unidad de Verificación Ing. Pablo Aguilar Pineda, UVSELP 126; con fecha del Dictamen del 17 de junio del 2017, con vigencia del dictamen hasta el 30/01/22)</p> <p>NOM-003-SEDG-2004 (Se cuenta con el dictamen, elaborado por la Unidad de Verificación Ing. Pablo Aguilar Pineda, UVSELP 126; con fecha del Dictamen del 20 de julio del 2017, con vigencia del dictamen hasta el 19/05/19)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Las tuberías de gas líquido y en los tramos que pueda existir atrapamiento entre dos o más válvulas de cierre manual, se tienen instaladas válvulas de seguridad para alivio de presiones hidrostáticas - Para la sujeción fijación de las tuberías se cuenta con soportes metálicos fabricados con canal de fierro, los tubos están protegidos de la corrosión del canal por cinta polykem y felpa como agentes aislantes - Las tuberías se encuentran provistas de un recubrimiento anticorrosión
<p>Equipos de impulsión</p>	<p>Pruebas de seguridad en instalaciones con atmósferas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Válvula automática de seguridad

Corken 490	explosivas e inflamables (áreas peligrosas clasificadas).	- Paros de emergencia (bombas Corken)
Corken 1021 LGL-1	Lineamiento oficial: NOM-001-SEDE-2012 (Se cuenta con el dictamen, elaborado por la Unidad de Verificación Ing. Bulmaro Sánchez Hernández, UVCONAE 302; con fecha del Dictamen del 17 de enero del 2017, con vigencia del dictamen hasta el 17/01/2022)	- Diseñados para operar en atmosfera explosiva - Conexión a tierra física

I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN

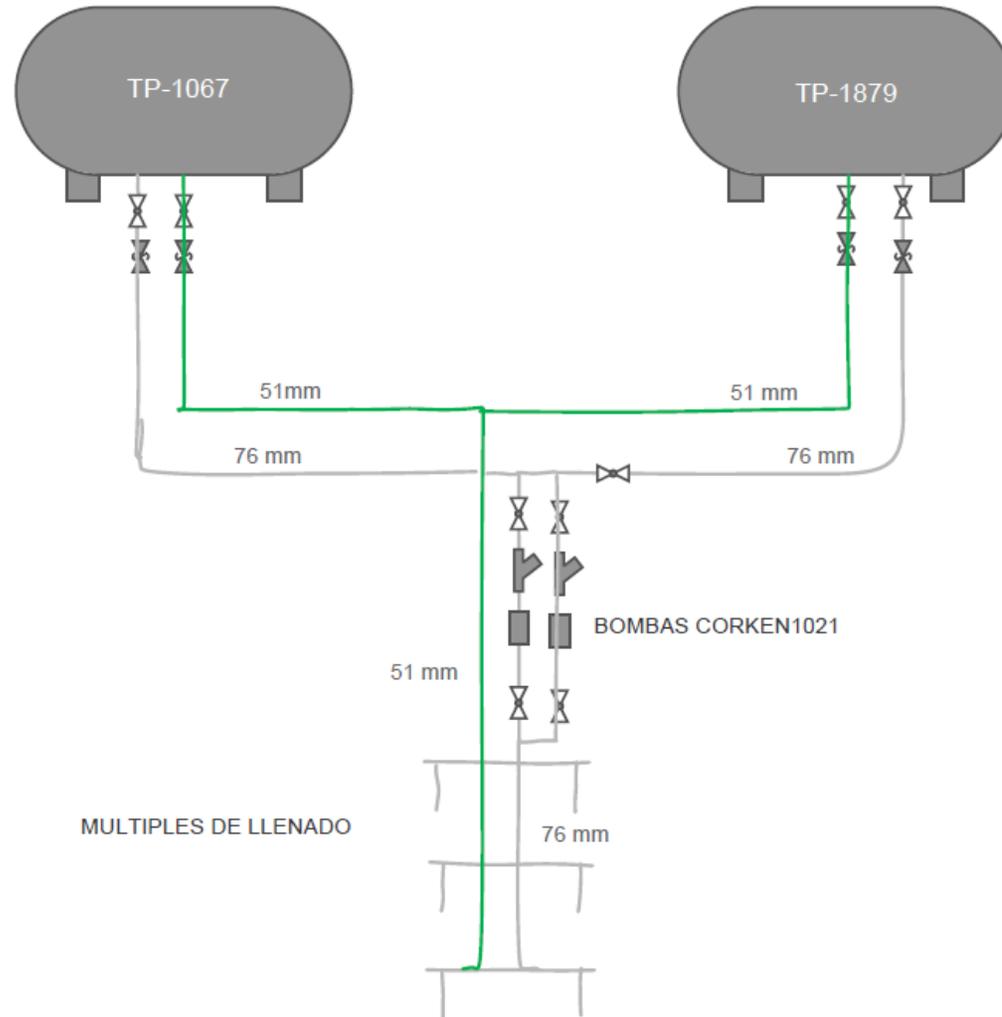
En el apartado I.1 se describieron a grandes rasgos las actividades operativas de la Planta Coatepec y la sustancia que es manejada por la cual se cataloga como actividad altamente riesgosa. El presente apartado se consagra para detallar las características de los nodos. En un primer tiempo, se presentan los diagramas de tuberías e instrumentación extraídos de los nodos donde se maneja gas L.P. y que serán objeto del análisis de riesgo que se abordará en el apartado **I.4**.

A título recapitulativo, los nodos de la Planta Coatepec donde se maneja el gas L.P. y por lo tanto, los nodos considerados riesgosos son los siguientes:

- Almacenamiento de gas L.P. en la Planta de Almacenamiento y Distribución
- Distribución en el muelle de llenado
- Distribución en el muelle de suministro a autotanques
- Abastecimiento del gas L.P. en el muelle de recepción
- Almacenamiento de gas L.P. en la Estación de Carburación
- Distribución en la toma de carburación

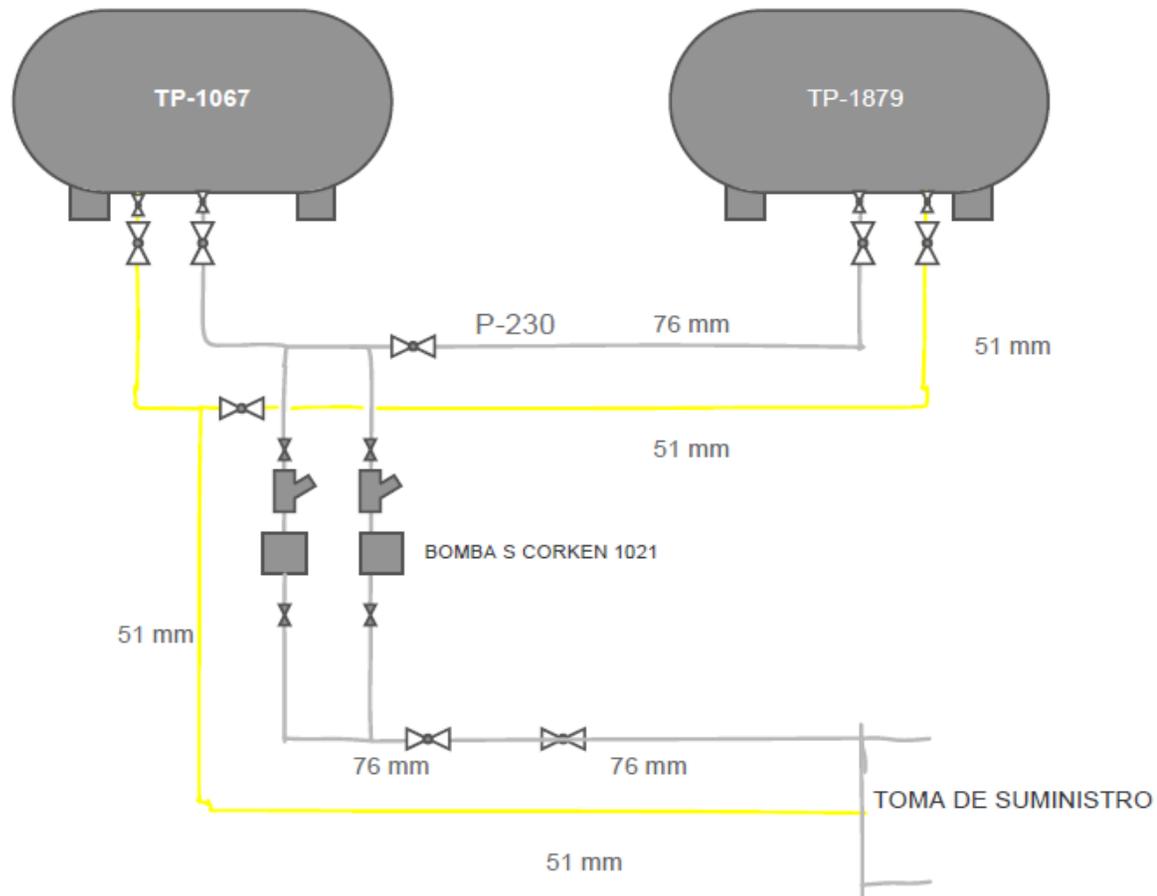
A continuación, se presentan los diagramas de tubería e instrumentación de los nodos de distribución de la planta de almacenamiento y de la estación de carburación. Los nodos de almacenamiento no se presentan en DTI debido a la simplicidad en que se presentan en el plano mecánico, por lo que la totalidad de información que se requiera con fines del análisis de riesgo será obtenida directamente de dicho plano. Los nodos de distribución son presentados en DTI, debido a que se facilita la comprensión de los nodos que podría resultar difícil de

interpretar directamente del plano mecánico y que para el análisis de riesgo se requiere la mayor claridad posible del proceso para poder detectar las desviaciones y los escenarios que se generarían de tales situaciones adversas.



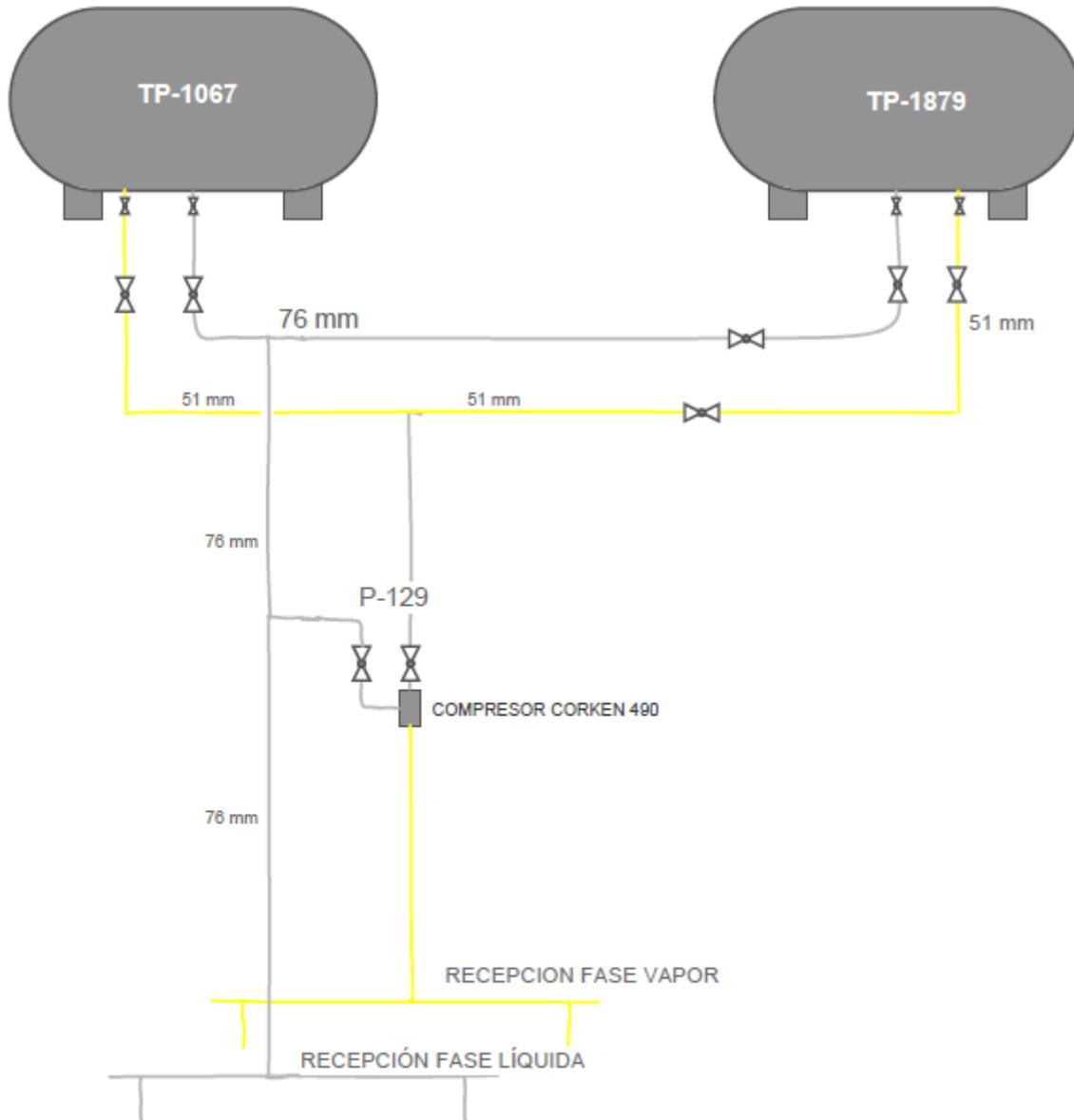
LINEA DE GAS FASE VAPOR 51 mm

LINEA DE GAS FASE LÍQUIDA 76 mm



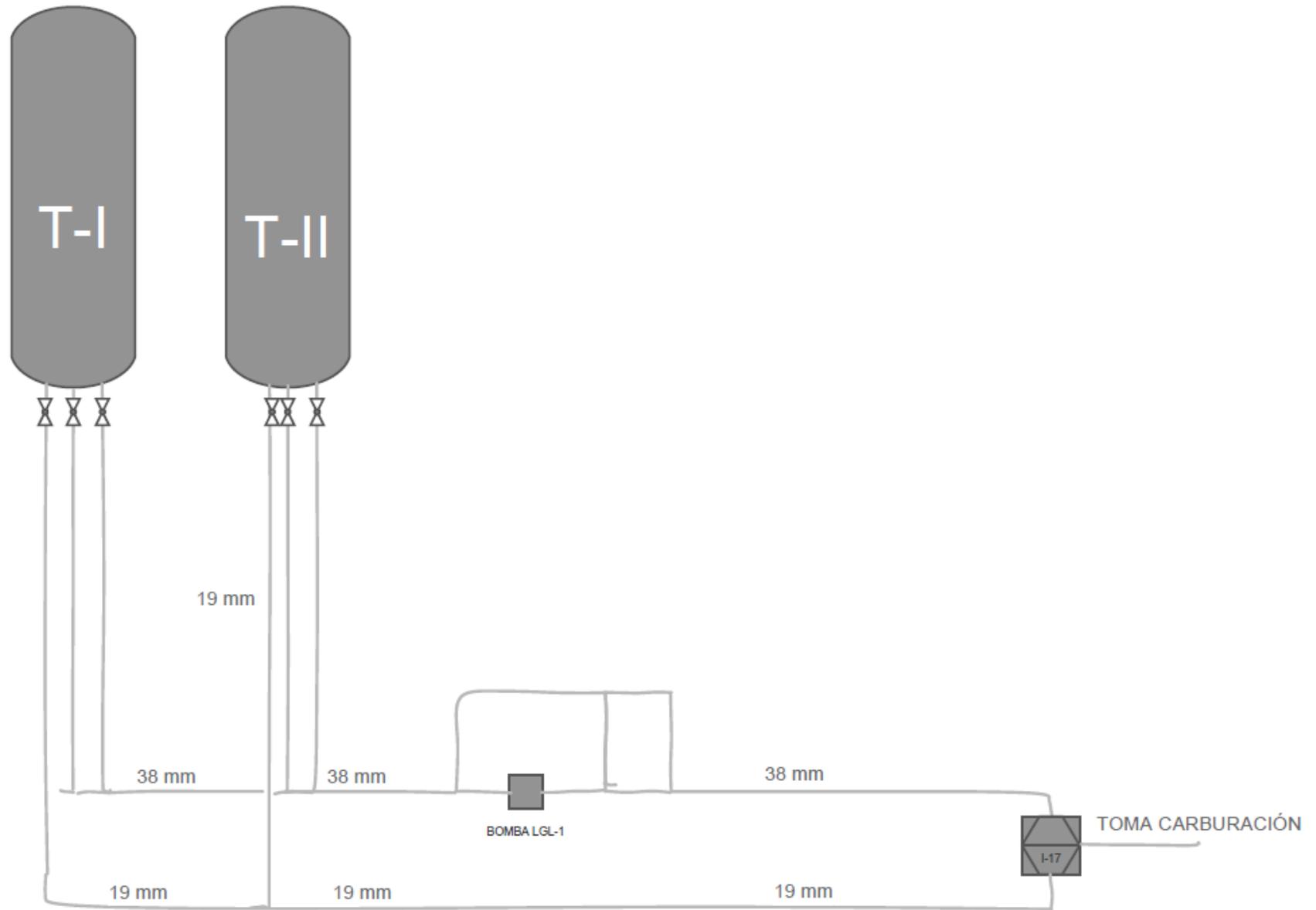
LINEA DE GAS FASE VAPOR 51 mm

LINEA DE GAS FASE LÍQUIDA 76 mm



LINEA DE GAS FASE LIQUIDA 76 mm

LINEA DE GAS FASE VAPOR 51 mm



En las tablas I.3.1 se describen las características de las líneas de distribución de la planta y de la estación.

TABLA I. 3.1 CARACTERÍSTICAS DE LÍNEAS DE TRANSPORTE					
ID LINEA	DIMENSIONES		CONDICIONES DE OPERATIVAS		
	DIÁMETRO	LONGITUD ¹	PRESIÓN (kg/cm ²)	TEMPERATURA ² (°C)	FASE DEL PRODUCTO
TP-1867 / 1879 a muelle de llenado	76 mm	53.26 m	24.61	19.6	LÍQUIDO
	51 mm	46.91 m	5		LÍQUIDO
TP-1867 / 1879 a toma de suministro	76 mm	51.96 m	24.61	19.6	LÍQUIDO
	51 mm	40.92 m	5		LÍQUIDO
Toma de recepción a TP-1867/1879	76 mm	34.30 m	11	19.6	LÍQUIDO
	51 mm	66.06 m	7		VAPOR
T-I / T-II a toma de carburación	38 mm	4.75 m	5	19.6	LÍQUIDO
	19 mm	10.22 m	5		VAPOR

I.3.1 ESPECIFICACIONES DEL CUARTO DE CONTROL

Para el caso de la planta de almacenamiento y distribución, se tienen provistos controles manuales y controles automáticos, a saber:

a. Controles manuales

En diversos puntos de la instalación, se tendrán instaladas válvulas de globo y bola de operación manual para una presión de trabajo de 28 kg/cm², las que permanecerán "cerradas" o "abiertas" según el sentido del flujo que se requiera.

b. Controles automáticos

A la descarga de cada bomba, se contará con un control automático de 38 mm (1 ½ ") para retorno de gas en fase líquida excedente de los tanques de almacenamiento, este control consistirá en una válvula automática que actuará por presión diferencial y estará calibrada para una presión de apertura de 5 kg/cm² (71 lb/cm²) en bombas I y II.

¹ Las longitudes de las líneas fueron calculadas del plano del proyecto mecánico. No se consideran longitudes equivalentes por accesorios.

² La totalidad de las líneas de la Planta Coatepec operan a temperatura ambiente, la cual se toma como referencia del capítulo XXX de la MIA-P.

I.3.2 SISTEMAS DE AISLAMIENTO

Las zonas con riesgo de incendio de la Planta Coatepec son aquellas en donde se almacena el gas L.P., en referencia al plano del proyecto civil, se puede distinguir que el layout es congruente con las distancias mínimas estipuladas en la normativa vigente (NOM-001-SESH-2014), así mismo, las áreas en donde se llevan a cabo actividades de reparación y de mantenimiento (talleres), se encuentran aislados de las zonas de almacenamiento por las áreas de oficinas (véase la imagen I.3.1).

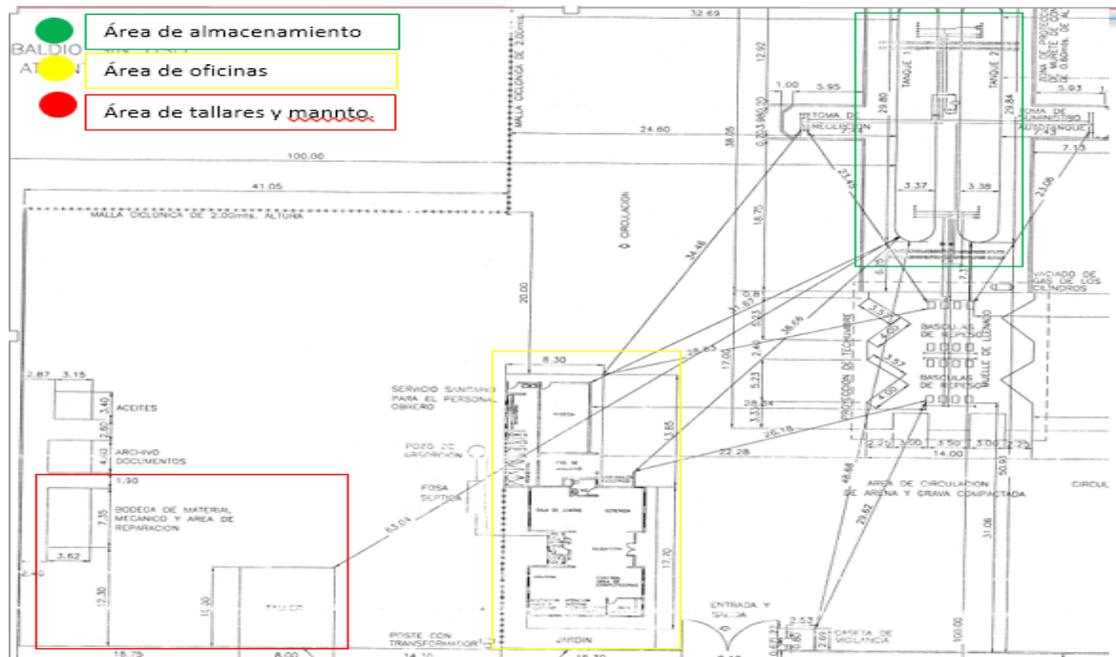


Imagen I.3.1 Layout de la planta de almacenamiento y distribución. Adaptado del plano del proyecto civil.

I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

I.4.1 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES

Los accidentes que tuvieron lugar en Flixborough en 1974 seguido por el de Beek en 1975, la tragedia del accidente de gas en Bhopal en 1984, el terrible accidente en San Juan Ixhuatepec, Ciudad de México en 1984 sacudieron la industria de procesos químicos y fungieron como la piedra angular para forzarla a modernizarla con el enfoque de seguridad y prevención de accidentes. Con el incremento de la preocupación y conciencia colectiva y las iniciativas gubernamentales, la reducción del riesgo se convirtió en una parte integral de la industria petroquímica. Esto condujo al desarrollo del campo de la seguridad e higiene por medio de una

amplia gama de técnicas y estudios intensivos acerca de los peligros y riesgos que supone el sector de procesos industriales.

Incontables empresas y gobiernos alrededor del mundo se han volcado hacia el enfoque de la prevención de pérdidas y accidentes, toda vez que las plantas procesadoras han mantenido una tendencia de volverse más grandes y en muchos casos situándose dentro o a proximidad de áreas densamente pobladas, lo cual incrementa los peligros de pérdidas de vidas humanas y/o bienes materiales.

Khan et al., 1999 revisó brevemente algunos de los principales accidentes en la industria de procesos químicos que ocurrieron durante el periodo comprendido entre los años de 1926 – 1970. En esta revisión de casos de estudio, se analizaron los accidentes para entender el daño potencial de los diferentes tipos de accidentes y encontrar el común de denominador de las causas o los errores que condujeron al desastre. En este tenor, también se evaluaron los daños potenciales que diferentes tipos de eventos accidentales tales como incendios, explosiones y liberaciones tóxicas han tenido lugar en la historia del sector de procesos. Finalmente se concluyó que la explosión de nubes de vapor supone el mayor riesgo de daño. Este estudio destaca la necesidad de establecer en prioridad la prevención de accidentes, de evaluar las consecuencias y del desarrollo de planes actualizados de respuesta a emergencias y desastres en la industria de procesos químicos.

Chang et al., 2006 revisaron 242 accidentes de tanques de almacenamiento que ocurrieron en instalaciones industriales a lo largo de 40 años. Las causas que conllevaron a los accidentes fueron expresadas por medio de un diagrama de *Ishikawa* de manera sistemática. De este estudio se mostró que el 74% de los accidentes ocurrieron en refinerías, terminales y plantas de almacenamiento de petróleo crudo. Se mostró también que los incendios y explosiones contaron alrededor del 85% de los accidentes revisados. Tuvieron lugar 80 accidentes, de los cuales 33% ocurrieron a causa de relámpagos, 30% por errores humanos incluyendo mantenimiento y operaciones fallidas. Otras causas fueron fallas de los equipos, sabotaje, rompimiento y ruptura de tanques y tuberías, electricidad estática, etc. La mayoría de estos accidentes de tanques de almacenamiento se pudo haber evitado si buenas prácticas de ingeniería en el diseño, construcción mantenimiento y operación hubieran sido practicadas y si se hubiera implementado un programa de seguridad adecuado.

Por otro lado, un estudio donde se revisó una base de datos de incidentes en instalaciones de gas L.P. ocurridos en la unión americana, reveló que la causa de 10 eventos ocurridos estaba ligada al equipo de trasiego que se usó (mangueras). De los 10 incidentes, se encontró que 6 tuvieron como causa directa fallos

mecánicos y de equipos, tres por causa de negligencia y/o error humano y uno no pudo definirse la causa (Park et al., 2006)

En la **tabla I.1.4.1.1** se hace un condensado de los antecedentes de accidentes en instalaciones de gas L.P. similar a la que se analiza en el presente estudio de riesgo.

TABLA I.1.4.1.1 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES RELACIONADOS CON EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE GAS L.P.							
AÑO	CIUDAD Y/O PAÍS	INSTALACIÓN	EVENTO	CAUSA	NIVEL DE AFECTACIÓN (COMPONENTES AMBIENTALES AFECTADOS)	ACCIONES REALIZADAS PARA SU ATENCIÓN	FUENTE
N/D	Italia	Planta de almacenamiento de gas L.P. ubicada en un recinto industrial parcialmente confinado	Fuga incontrolada de gas en el semirremolque proveedor durante trasiego a tanque de almacenamiento de la planta. La fuga de gas generó una serie de eventos en cadena, a saber: <ul style="list-style-type: none"> - Charco de gas en estado líquido - Evaporación del gas y formación de nube - Dispersión de la nube - Fuente de ignición alcanzada por la nube de gas - <i>Flash fire</i> - Incendio tipo charco "<i>poolfire</i>" - <i>BLEVE</i> - <i>Fireball</i> 	El artículo de donde se obtuvo este accidente no es explícito con la ubicación exacta de la fuga ni de las causas que desencadenaron los eventos, no obstante, se presume que una de las causas fue que las mangueras y/o líneas del semirremolque presentaron fugas. Otra causa fue la evidente negligencia del operador responsable del trasiego, pues hubo un tiempo de respuesta de 5 minutos para detectar la fuga.	Daños catastróficos a las instalaciones adyacentes al accidente (en un radio de 30 m).	S/D	(Bubbico & Marchini, 2008)
1998	Bucheon, Corea del Sur	Planta de almacenamiento de gas L.P.	Fuga incontrolada de gas con probable fuente del semirremolque proveedor o de autotanque de	El autor del artículo donde se obtuvo este incidente refiere que algunas de las	Daños graves a equipo e instalaciones en un radio de	- Instalación de cortinas de agua en zonas de descarga de combustible (<i>sprinklers</i>)	(Park et al., 2006)

TABLA I.1.4.1.1 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES RELACIONADOS CON EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE GAS L.P.

AÑO	CIUDAD Y/O PAÍS	INSTALACIÓN	EVENTO	CAUSA	NIVEL DE AFECTACIÓN (COMPONENTES AMBIENTALES AFECTADOS)	ACCIONES REALIZADAS PARA SU ATENCIÓN	FUENTE
			distribución en zona de descarga de combustible (muelle de recepción) que desencadenó los siguientes eventos: - Pool fire - BLEVE	causas que pudieran desencadenar este incidente son: - El riesgo de incendio se acentuó debido a que en la planta se realizaban operaciones de descarga de producto a los tanques de almacenamiento (del semirremolque) al mismo tiempo que se realizaba recarga de cilindros portátiles en áreas relativamente congestionadas - Juntas de mangueras en mal estado y de equipo de maniobra para la descarga de combustible del semirremolque - Error humano o	130 m a la redonda del accidente.	- Sustitución de mangueras de descarga por brazos de descarga - Implementación de distancias de seguridad mayores entre áreas de descarga y área de llenado	

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.



TABLA I.1.4.1.1 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES RELACIONADOS CON EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE GAS L.P.							
AÑO	CIUDAD Y/O PAÍS	INSTALACIÓN	EVENTO	CAUSA	NIVEL DE AFECTACIÓN (COMPONENTES AMBIENTALES AFECTADOS)	ACCIONES REALIZADAS PARA SU ATENCIÓN	FUENTE
				negligencia durante la operación de trasiego de recepción de gas (comienzo de movimiento del semirremolque mientras la manguera de descarga todavía estaba conectada) - Fallo de la válvula de seguridad de los tanques de almacenamiento			
1984	San Juan Ixhuatepec, CDMX	Centro de almacenamiento y distribución de gas L.P. (operado por PEMEX)	Probable sobrellenado de un tanque lo cual provocó la ruptura de una tubería de alimentación, subsecuente formación de nube de gas que fue dispersada por el viento. - Explosión de la nube de vapor - Incendios generalizados - BLEVE's en efecto dominó	Causas no son claras, sin embargo, el autor donde se obtuvo este evento refiere que el incidente pudo estar ligado a fallas el sistema de control de llenado, <i>layout</i> (espaciamento) inadecuado de los recipientes de almacenamiento y/o por negligencia humana.	Daños graves a instalaciones y personas en un radio de hasta 403 m a la redonda de las explosiones. La explosión dejó un cráter de 200 m de radio con oficialmente 503 personas muertas y 7000 heridos.	- Implementación de mayores distancias de seguridad entre tanques.	(López-Molina, Vázquez-Román, & Díaz-Ovalle, 2012)

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.



Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

Grupo Ambiental Hábitat Bio-Manuel Aguilar Hernández

Centro de Certificación
ISO 9001:2008.



NÚMERO DE ACREDITACIÓN: UVPROFEPA072 ACREDITADA A PARTIR DE 2005-10-21

En el presente estudio se analizan las posibles desviaciones que pueden generar eventos de riesgo en las instalaciones de la Planta de Almacenamiento para Distribución de Gas L.P., así como de la Estación de Carburación de la empresa Gas del Atlántico, S.A. de C.V. Planta Coatepec.

I.4.2 METODOLOGIAS DE IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN

La identificación de los eventos de Riesgo, tienen como objetivo analizar e identificar desviaciones en cada una de las etapas de la recepción y suministro de Gas L.P. en la Planta de Almacenamiento.

Se incluye la cantidad máxima de Gas L.P. que se almacena en la Planta de Almacenamiento y Estación de Carburación, así como información preliminar necesaria para la Identificación de Riesgos:

Sustancia	Cantidad Existente	Cantidad de reporte	Uso
Gas L.P.	<p>2 Tanques de 250,000 lts c/u</p> <p>y</p> <p>2 Tanques de 5,000 lts c/u (Gas carburante)</p> <p>=275,400 Kgs</p>	50,000 kg	<p>Almacenamiento para Distribución en auto-tanque, cilindros y suministro a carburación de vehículos automotores.</p>

Aunque existen diversas metodologías para desarrollar los análisis de riesgos. La selección de la metodología más apropiada en cada caso depende de la disponibilidad de información y del nivel de detalle que se desee alcanzar.

El primer paso en el análisis de riesgos es la identificación de actividades o amenazas que impliquen riesgos durante las fases de construcción, operación/mantenimiento y cierre/abandono de la organización.

Una vez identificadas las amenazas o posibles aspectos iniciadores de eventos, se debe realizar el estimativo de su probabilidad de ocurrencia, en función de las características específicas; además, se debe realizar el estimativo de la severidad de las consecuencias sobre los denominados factores de vulnerabilidad que podrían resultar afectados (personas, medio ambiente, sistemas, procesos, servicios, bienes o recursos, e imagen empresarial).

Para detectar los riesgos que involucran las instalaciones y operaciones de la **Planta Coatepec**, se hará uso de la herramienta *Dow fire and explosion index (F & EI)*. El índice de riesgo de incendio y explosión (*F&EI*) (*Dow fire and explosion index F&EI, por sus siglas en inglés*) es un procedimiento rápido y sistemático para evaluar procesos por los peligros intrínsecos a su actividad, esto en función a la guía de clasificación del (*F&EI*) (p. ej. equipos propensos a fallar y generar un accidente potencialmente indeseable) y con esto, tomar decisiones para minimizar el riesgo y prevenir accidentes (López-Molina et al., 2012). El índice (*F & EI*), está basado en datos históricos y en datos pragmáticos relacionados a los tipos de sustancias manejadas en la planta, lo cual lo hace un diagnostico preliminar fehaciente con relación a otras metodologías más subjetivas.

El índice (*F & EI*) permite determinar el máximo de perdidas realísticas que podrían ocurrir bajo las condiciones operativas más adversas y es muy conveniente cuando se aplica a procesos que manejan combustibles, sustancias inflamables o materiales reactivos.

- a. Factores que componen el índice (F & EI)
 - Factor material (MF)
 - Peligros generales del proceso (F₁)
 - Peligros especiales del proceso (F₂)
 - Factor de riesgo de la unidad de proceso (F₃)

El factor de riesgo de la unidad de proceso es el producto de multiplicar los peligros generales y especiales (véase la ecuación 1.4.2.1):

$$F_3 = F_1 * F_2 \quad (eq.1.4.2.1)$$

Para calcular el índice (F & EI) se ocupa la ecuación 1.4.2.2:

$$Dow F \& EI = MF * F_3 \quad (eq.1.4.2.2)$$

Finalmente, se compara el índice de riesgo obtenido en la ecuación 1.4.2.2 contra el indicador cualitativo del grado de peligro de la metodología F & Ei reportado en la tabla 1.4.2.1.

Indicadores cualitativos de peligro índice F&EI	
F & EI	Grado de peligro
1 – 60	Leve
61-96	Moderado
97-127	Intermedio
128-158	Alto
>159	Severo

El índice (F & EI) también se usa para obtener los radios de exposición (ER por sus siglas en inglés) y, por lo tanto; el área de exposición del riesgo. El valor del área de

exposición (VAE por sus siglas en inglés) se tiene de la superficie de exposición y la densidad poblacional.

Después, se calcula el factor de daño (DF por sus siglas en inglés) el cual se calcula por medio del índice F & El y del factor de riesgo de la unidad de proceso.

Finalmente, multiplicando el DF y el VAE se obtiene el índice máximo probable de daño a bienes (MPPD por sus siglas en inglés).

Identificación de los peligros (Hazard identification)

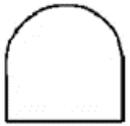
El objetivo primordial de la identificación de riesgos es contestar la pregunta ¿Qué puede salir mal? Este es la etapa principal pues los riesgos que no son identificados no pueden ser por consecuencia, cuantificados. Algunas de las técnicas usadas para la identificación de riesgos, son:

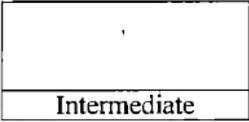
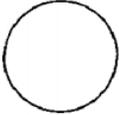
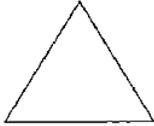
- Análisis HAZOP
- Análisis de modo, causa y efecto (*FMEA por sus siglas en inglés*)
- Árbol de fallas
- Análisis ¿Qué pasa sí?
- Análisis preliminar de riesgos (*PHA*)
- Y las listas de chequeo

Para este estudio, se usará el método del árbol de fallas como herramienta para identificar los riesgos. Cabe mencionar que el método del árbol de fallas es una metodología deductiva para identificación de riesgos, usando simbología del algebra *Booleana* (véase la tabla 1.4.2.2), en la cual se pueden hallar accidentes y/ desviaciones de la operación del proceso que se esté estudiando. Este método comienza con un accidente bien definido y se van derivando en las ramas, los diferentes escenarios que pudieron dar lugar al accidente en cuestión.

Para el caso del presente estudio, dichos accidentes fueron extraídos de la literatura consultada para obtener los antecedentes de accidentes para plantas de almacenamiento y distribución de gas L.P., (véase el apartado 1.4.1).

FUNCIONES LÓGICAS DE BOOLE USADAS PARA EL ÁRBOL DE FALLOS

Símbolo Booleano	Prueba lógica	Descripción
	<p>And (y)</p>	<p>El evento de salida ocurrirá solo cuando todos los eventos de entrada existan simultáneamente</p>

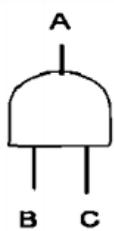
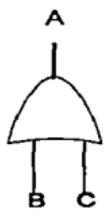
	<p>Or (o)</p>	<p>El evento de salida ocurrirá si alguno de los eventos de entrada ocurre</p>
	<p>Evento intermedio</p>	<p>Este evento de fallo resulta de las interacciones de otros eventos de fallo que tienen lugar por pruebas lógicas como las definidas precedentemente</p>
	<p>Evento básico</p>	<p>Una falla de componente que no requiere posterior desarrollo. Este es el más bajo nivel de resolución del árbol de fallos</p>
	<p>Evento de consecuencia externa (external or house event)</p>	<p>Una condición o un evento que funge como una condición de frontera del árbol de fallos</p>
	<p>Símbolo de transferencia</p>	<p>Este símbolo indica que el árbol de fallos se sigue desarrollando adelante en otra página y se etiqueta usando un código numérico. Los símbolos de transferencia son comúnmente usados para evitar emparejar símbolos lógicos idénticos repetidas veces en un árbol de fallos.</p>

Estimación de frecuencias y jerarquización del riesgo (*Frecuency estimation & risk ranking*)

La estimación de frecuencias sirve para calcular la frecuencia/probabilidad de cada escenario desastroso identificado en la etapa anterior. Básicamente existen dos modos de obtener las frecuencias, una es por medio de datos históricos de accidentes y la otra es por análisis del árbol de fallos.

El árbol de fallos permite el cálculo del evento analizado más catastrófico por medio del cálculo del conjunto de los fallos mínimos que se encuentran en las ramas del árbol y que se definen como el conjunto de eventos menores que conllevan al evento mayor catastrófico. En este sentido, el árbol de fallos se usa para determinar la probabilidad del evento catastrófico o accidental superior por medio de reglas de probabilidad elementales (véase la tabla I.4.2.3). La frecuencia o probabilidad de fallo de los eventos menores (eventos que están en las ramas del árbol) son estimadas de históricos de accidentes y por criterios de ingeniería del analista. Una vez que se obtiene la información de fallo de todos los eventos menores, se puede calcular la frecuencia del evento mayor.

REGLAS ELEMENTALES DE PROBABILIDAD ACOPLADAS A ALGEBRA DE BOOLE

Símbolo de la prueba lógica	Algebra de Boole	Relación de probabilidad
	$A = BC$	$P(A) = P(B)P(C)$
	$A = B + C$	$P(A) = P(B) + P(C) - P(A)P(B)$

Una vez obtenidos los valores de las frecuencias / probabilidades de los riesgos identificados por el árbol de eventos, se jerarquizarán en relación al valor obtenido de cada evento y con respecto a la tabla de referencia para jerarquizar el riesgo propuesta por (Cantos-Figuerola de la Sierra, 2011).

VALORES DE REFERENCIA PROPUESTOS PARA JERARQUIZAR EL RIESGO

Frecuencia	Valor de referencia	Valoración cualitativa
------------	---------------------	------------------------

Alta	$>10^{-4}$	No aceptable, se deben de tomar medidas para reducir el riesgo
Significativa	$\geq 10^{-5}$	Aceptable considerando medidas preventivas
Baja	$\leq 10^{-6}$	Aceptable
Muy Baja	$\leq 10^{-7}$	Ideal, improbable de ocurrencia

Detección de los riesgos en el/ los procesos (*process screening*)

Para detectar los riesgos que involucran las instalaciones y operaciones de la **Planta Coatepec**, se hará uso de la herramienta *Dow fire and explosion index (F & EI)*. Para la aplicación numérica de dicha metodología, se utilizó el algoritmo en formato .xls descargado de la página web de la Unión Europea llamada *safety to safety* en el apartado *safety management* (gestión de seguridad)³ (**véase el anexo Metodologías PHA > F & EI**).

Para obtener los resultados del índice **F & EI**, se alimentó al algoritmo con la información que se presenta en la tabla I.4.2.2.1, cabe puntualizar que todos los factores que se presentan fueron obtenidos en base a la materia en cuestión (gas L.P.), sin embargo, dado que dicho material no se encontró como tal en el algoritmo **F & EI**, se usó como material de referencia al propano (por ser el componente principal del gas L.P.)⁴. Los demás datos que no aparecen en la tabla I.4.2.2.1, fueron seleccionados por defecto para el escenario preconfigurado del algoritmo para almacenamiento de gas L.P. (*LPG Storage*)

DATOS CON LOS QUE SE ALIMENTÓ EL ALGORITMO F & EI.		
Concepto	Valor	Fuente
Material factor (Factor numérico de la sustancia o material de interés)	21	Obtenido de la tabla de materiales (<i>material data</i>) existente en el algoritmo de cálculo del F & EI, véase el
Health rating (Nh) (Factor de sanidad)	1	

³ Safety to Safety (S/F). *Training – Dow Fire and Explosion Index. Spreadsheet calculator* retrieved from: (http://www.safety-s2s.eu/modules.php?name=s2s_wp4&idpart=2&op=v&idm=37)

⁴ HDS Gas L.P. – PEMEX Gas y petroquímica básica.

Flammability rating (Nf) (Factor de inflamabilidad)	4	anexo Metodologías PHA > F & EI.
Inestability rating (Ni) (Factor de inestabilidad)	0	
Operating pressure (Presión de operación) (kPa)	1373	Presión de operación obtenida de la memoria técnica correspondiente al proyecto mecánico véase el anexo Memorias técnicas > Proyecto mecánico.
Relief pressure setting Kpa g (Presión de apertura de las válvulas de relevo)	1374	
Q storage Kg (Cantidad de gas almacenado en la planta en Kg)	275,400	Cantidad considerando los tanques de almacenamiento de la planta y los de la estación de carburación Factor de conversión obtenido de la página Lipigas. ⁵ (1.92 l / Kg de gas L.P.)
Corrosion and Erosion (Factor de corrosión y erosión)	0.1	Datos obtenidos de (Nirupama, 2010):
Leakage, joints, packing, flexible joints (Factor de fuga por	0.1	

⁵ Lipigas (S/F). PREGUNTAS FRECUENTES: ¿Cómo convertir kilos a litros?. Retrived from: <https://www.lipigas.cl/atencion-al-cliente/preguntas-frecuentes/como-convertir-kilos-a-litros>

juntas, empaques, juntas flexibles)		
Sistemas de control de proceso (C1), tomado para botón de paro de emergencia (emergency shutdown)	0.96	Factores numéricos del proceso obtenidos de (Nirupama, 2010)
Sistema de control para aislamiento de material y/o contención (C2), tomado para: válvulas de control de sobrellenado en operación de trasiego	0.91	
Protección contra incendios (C3), tomado para aspersores de agua y extintores portátiles.	0.84	
Valor del metro cuadrado de la instalación (para cálculo del valor del área de exposición)	\$1,080.00/ m ²	Valor obtenido de los apartados II.1.4 y II.1.5 de la MIA-P.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos por el algoritmo para calcular el índice **F & EI**.

TABLA I.4.2.2.2 RESULTADOS DEL ALGORITMO F & EI

Fire and Explosion Index

Instalación: LPG Storage (Planta Coatepec)	Proceso: Almacenamiento	Analista: I.Q. Ma. Erika Ortiz López	Revisión: I.I. Daniel Calte Mendoza
---	-----------------------------------	--	---

Material de interés: 275,400 kg de gas L.P. (calculado como propano)

Factor del material: 21

Base factor: 1

Factor general de riesgo del proceso (F₁)		1.85
Factor especial de riesgo del proceso (F₂)		3.66
Factor de riesgo unitario (F₃ = F₁*F₂)		6.771
Fire and explosión index (F & EI)		142.27
Factor de perdida de crédito (C1 * C2* C3)		0.733
Radio de exposición	$\frac{0.84 * F \& EI}{3.028}$	40 m
Área de exposición		5,026.56 m²
Valor del área de exposición (VAE)		\$ 5,428,684.8
Factor de daño (DF)		1
Base MPPD (Daño máximo base probable de daño a la propiedad) (VAE* DF)		\$ 5,428,684.8
Actual MPPD (Base MPPD * CF)		\$ 3, 979,225.9

Comparando el índice Dow *F & Ei* obtenido en la tabla I.4.2.2.2 con la tabla de valores criterio del método (véase la tabla I.4.2.2.3) tenemos que la **Planta Coatepec** cae en la categoría de ALTO riesgo, sin embargo, todavía se encuentra en una categoría de riesgo técnicamente permisible.

TABLA I.4.2.2.3 RESULTADOS DEL ALGORITMO F & EI	
Índice (F & EI)	Grado de riesgo
1 - 60	Bajo
61-96	Moderado
97-127	Intermedio
128-158	Alto
159-167	Severo
>168	No permisible

a) Identificación de los peligros (Hazard identification)

Para este estudio de riesgo, se usará el método del árbol de fallas para identificar las posibles causas de fallos en los sistemas de almacenamiento de gas L.P. de la **Planta Coatepec** cuyo fallo podría desencadenar accidentes potencialmente indeseables. Se enlistan a continuación, los cuatro eventos identificados como las principales causas que pueden dañar al sistema de almacenamiento de una planta de almacenamiento y suministro de gas L.P., de acuerdo con la literatura consultada. (Nirupama, 2010):

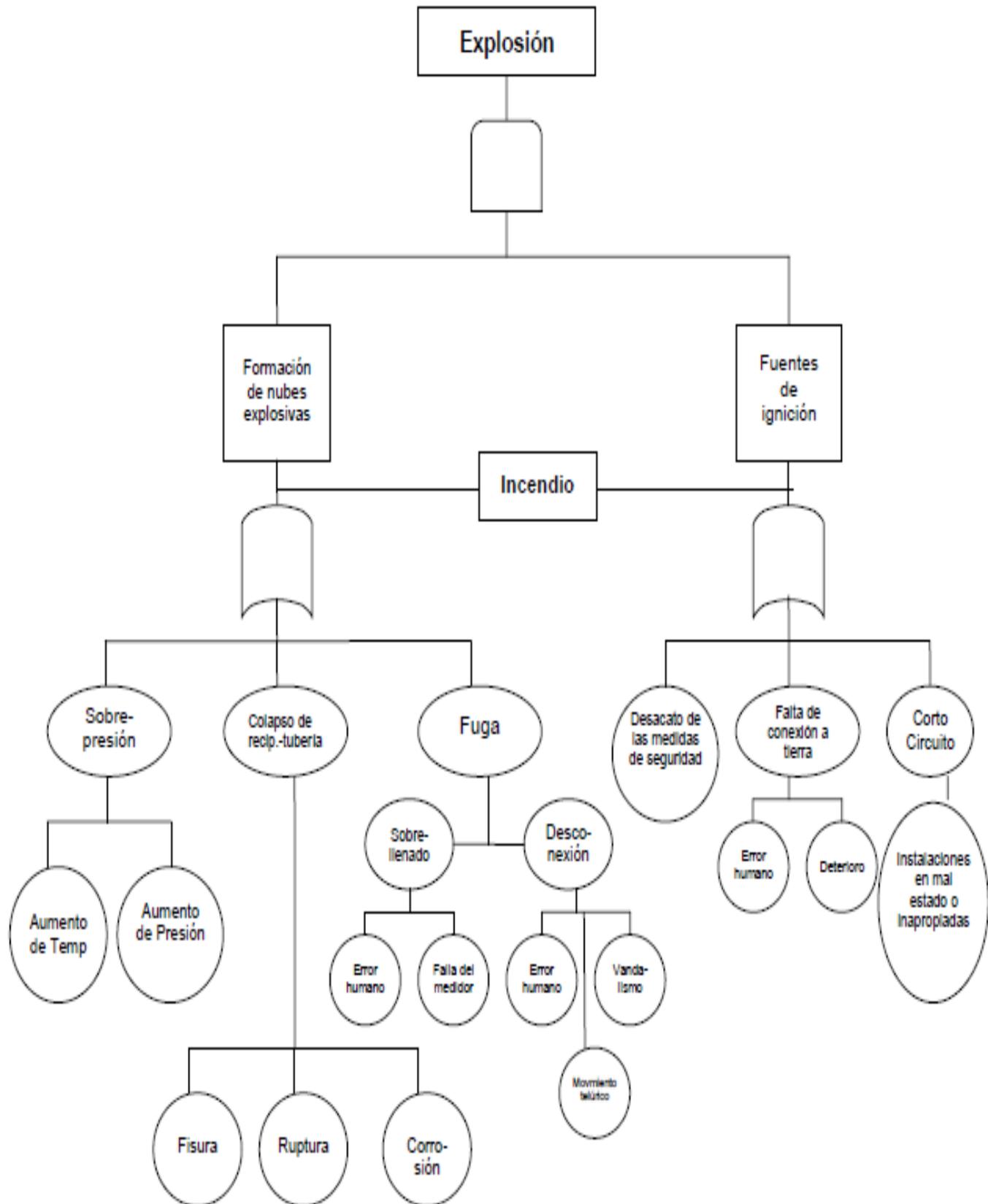
- **Sobrellenado.** Este accidente puede desencadenar un derrame de gas L.P del tanque a gran escala. Este accidente ocurre cuando el indicador de nivel falla o el operador no observa el nivel de dicho indicador, lo cual causa que el nivel del combustible en el tanque aumente de manera peligrosa. Al mismo tiempo, si la alarma de nivel falla o tarda en mandar una advertencia o el operador no actúa o tarda en actuar después de percibir la alerta de la alarma entonces el nivel del tanque incrementaría de manera vertiginosa hasta que la válvula de entrada de flujo no se cerrara.
- **Sobrepresión del tanque de almacenamiento.** Un tanque de almacenamiento puede presentar ruptura por sobrepresión y desencadenar un derrame potencial del gas. Existen dos razones principales por las cuales se puede producir sobrepresión en un tanque de almacenamiento, sea por bloqueo de la válvula de seguridad o caída repentina de la presión barométrica. Así mismo, si el sistema de alarma por alta presión del tanque de almacenamiento falla o el operador no actúa o tarda en tomar acciones adecuadas después de percibir la alerta de sobrepresión, la presión en el tanque aumentará vertiginosamente.
- **Fuga y/o liberación de gas por negligencia humana.** Puede haber fugas del tanque de almacenamiento por causa de descuidos del (os) operador y fallos en los equipos de control. Si por error, durante operaciones de limpieza de tanques o muestreo, se alinean válvulas en configuración "abierto" y por descuido no se cierran antes de iniciar cualquier operación de trasiego al tanque, se tendría como consecuencia un derrame potencial del gas L.P.
- **Fallas/ Fallos / Daños mecánicas del tanque de almacenamiento.** Daños de bridas, juntas, empaques, válvulas, mangueras o en casos extremos ruptura del tanque llevarían a un derrame potencial del gas L.P. si las bombas de trasiego no son detenidas.

Si los eventos anteriores no son identificados y controlados, pueden desencadenar consecuencias potencialmente indeseables, a saber:

- Un derrame potencial de gas L.P. precedido por una explosión de una nube de vapor inflamable.
- Fugas de gas L.P. por fallas / fallos / daños mecánicos en tanques de almacenamiento y/o líneas que pudieran causar dardos de fuego (*jetfire*), nubes inflamables y explosivas.

- Incendios, *fireballs* y *BLEVE*.

Por todo ello y de acuerdo a los factores de riesgo, se tiene que en las instalaciones objeto del presente estudio de riesgo, los accidentes o incidentes pueden originarse entre otras causas, por fallas inherentes al sistema, tales como las que a continuación se indican:



Falla / Desviación	Accidente hipotético					Metodología empleada para la identificación del riesgo	Componente ambiental afectado
	Fuga	Derrame	Incendio	Explosión	Unidad o equipo		
El operador no observa el indicador de nivel	X		X	X		Árbol de fallos (fault tree)	Atmosfera (emisión de gas L.P.) considerado como gas efecto invernadero
Fallo en el (los) indicador (es) de nivel	X		X	X			
El tanque rebasa el nivel de seguridad de almacenamiento	X		X	X			
No se actúa o se tarda en cerrar la línea de descarga	X		X				
El operador no actúa frente al evento de sobrepresión del tanque	X			X	X	Árbol de fallos (fault tree)	Atmosfera (emisión de gas L.P.) considerado como gas efecto invernadero
Fallo de la alarma de sobrepresión	X			X	X	Árbol de fallos (fault tree)	Atmosfera (emisión de gas L.P.) considerado como gas efecto invernadero
Fallo de válvula de relevo de presión	X			X	X		

Fallo de la válvula de venteo	X			x	X		
Ruptura del tanque por descompresión súbita (fallo de equipos de compresión)	X			x	X		
Alineación inadecuada de válvulas en operación de muestreo	X		x			Árbol de fallos (fault tree)	Atmosfera (emisión de gas L.P.) considerado como gas efecto invernadero
Manguera de trasiego no está debidamente conectada	X		x			Árbol de fallos (fault tree)	Atmosfera (emisión de gas L.P.) considerado como gas efecto invernadero
Descuido del operador durante el trasiego	X		X				
Fallo de bombas (no se detienen)	X		X				
Ruptura de tuberías	X		x		X	Árbol de fallos (fault tree)	Atmosfera (emisión de gas L.P.) considerado como gas efecto invernadero
Fallo en válvulas	X		x		X		

Fallo en mangueras	X		X	X			
Fallo en sellos-empaques	X		X	X			
Fallo en bridas	X		X		X		
Fallo en bombas y compresores	X		X		X		
(t = avería catastrófica del tanque) Debilitamiento del material del tanque	X		X		X	Árbol de fallos (<i>fault tree</i>)	Atmosfera (emisión de gas L.P.) considerado como gas efecto invernadero
Sobrepresión en el tanque	X		X		X		Por impacto en caso de ruptura, daños a flora adyacente (flora del tipo bloque mesófilo de montaña)
(T = Incendio / Explosión) Fuga de combustible por causa de daños mecánicos	X		X		X	Árbol de fallos (<i>fault tree</i>)	Emisiones a la atmosfera por combustión súbita de gas L.P.

Fuga por operación indebida del operador o negligencia	X		X		X	Incendio de flora adyacente a la planta (bosque mesófilo de montaña)
Fuga por sobrepresión	X		X		X	
Fuga por sobrellenado	X		X		X	

A continuación, se mencionan la metodología por defecto utilizada en el análisis de los riesgos de la organización, que aunque existen diferentes métodos, se considera como más apropiado para el nivel de detalle deseado.

Con la información proporcionada se llevó a cabo la identificación de riesgos, aplicando la metodología de estudio de Riesgo y Operatividad (HAZOP). Dicha metodología identifica a través de la aplicación de palabras guía y parámetros de proceso, desviaciones que pueden desencadenar posibles escenarios de riesgo ambiental (como fuga, incendio o una explosión de Gas L.P.), que puedan afectar al personal, al ambiente o a las instalaciones.

Aunque la identificación de riesgos es el objetivo principal del método, los problemas de operatividad deben ser revelados cuando éstos tienen impacto negativo en la rentabilidad de la instalación o conducen también a riesgos. Se determinaron así los escenarios peligrosos para el personal, instalaciones, terceras partes, medio ambiente y las situaciones que derivarían en una pérdida de producción.

El estudio de HAZOP aquí realizado, se basó en un análisis en forma metódica y sistemática de los procesos, la operación, la ubicación de los equipos y del personal en las instalaciones de la Planta de Gas L.P., la acción humana (de rutina o no) y los factores externos, revelando las situaciones riesgosas.

Se enfocó este estudio en determinar cómo un proceso de los que aquí se realizan de manera rutinaria puede apartarse de sus condiciones de diseño y sus condiciones normales de operación; Se plantearon las posibles desviaciones que pudieran ocurrir a través de un multidisciplinario de expertos.

El análisis HAZOP se realizó de acuerdo a la siguiente metodología:

Etapa	Descripción
1	Se determinaron los nodos dentro del circuito seleccionado para el estudio.
2	Se seleccionaron los parámetros importantes del proceso con una palabra guía.
3	Se identificaron las posibles desviaciones con la combinación de parámetros y palabras guía.
4	Se identificaron las causas que afectan la intención de diseño y se determinaron sus frecuencias
5	Se identificaron las consecuencias sin protecciones y se determinó su gravedad.
6	Se listaron las protecciones existentes del nodo.
7	Se determinó el índice de riesgo sin protecciones y con protecciones usando la matriz de índice de riesgo.

Etapa	Descripción
8	Se llevó a cabo una verificación y evaluación para decidir si se acepta o no el riesgo.
9	Se sugieren recomendaciones y se listan para asignarles una clase de jerarquización, con base en la matriz de clase de riesgo para reducir las frecuencias de las causas y/o la gravedad de las consecuencias.
10	Elaboración de un plan de trabajo basándose en la lista de recomendaciones para efectuar las medidas correctivas para mitigar el riesgo.

Metodología de Jerarquización de Riesgos.

Los riesgos identificados mediante la metodología HAZOP fueron jerarquizados cualitativamente asignando valores numéricos en las columnas C y F de las hojas de trabajo HAZOP de acuerdo a las siguientes consideraciones.

[C] consecuencia: Definición del Índice de Consecuencias en base a consideraciones económicas y poblacionales.

Rango	Consecuencia	Descripción
4	Catastrófico	Fatalidad/daños irreversibles y pérdidas de producción mayores a USD \$1,000,000.00
3	Severa	Heridas múltiples/daños mayores a propiedades y pérdidas de producción entre \$100,000 y \$1,000,000 USD.
2	Moderada	Heridas ligeras/daños menores a propiedades y pérdidas de producción entre \$10,000 y \$100,000 USD.
1	Ligera	No hay heridas/daños mínimos a propiedades y pérdidas de producción menores a \$10,000 USD.

[F] frecuencia: Definiciones de las Categorías con base en la Probabilidad de un Evento:

Categoría	Evento	Tiempo en años entre fallas	Rango de probabilidad por año	Definición (con base en el tiempo de vida de operación de la planta)
1	Raro	100 a 320	0.01 a 0.003	No esperado que ocurra

2	Eventual	32 a 100	0.03 a 0.01	Posibilidad remota de que ocurra
3	Posible	10 a 32	0.1 a 0.03	Esperado que ocurra una vez
4	Probable	3 a 10	0.3 a 0.1	Esperado que ocurra más de una vez
5	Frecuente	1 a 3	1 a 0.3	Esperado ocurra cuando menos anualmente

Habiéndose identificado y evaluado los riesgos de la instalación, se realizó la jerarquización de estos mediante la técnica cuantitativa de Matriz de Frecuencia contra Consecuencia. Con lo que se obtiene el valor [R] riesgo de las tablas de trabajo HAZOP:

Matriz de Jerarquización

Consecuencia vs. Probabilidad (C x F = Riesgo).

Riesgo=C x F		CONSECUENCIA			
		1	2	3	4
FRECUENCIA	5	5	10	15	20
	4	4	8	12	16
	3	3	6	9	12
	2	2	4	6	8
	1	1	2	3	4

Una vez obtenido el valor de [R] se realizó así mismo una ponderación del riesgo determinado en función de la aceptabilidad de los mismos de acuerdo a las siguientes consideraciones:

La priorización de una situación de riesgo. Determinada en función del nivel crítico de riesgo, esto es del daño que pueda ocasionar al entorno, el cual en función de la magnitud puede ser: Inaceptable, indeseable, Aceptable con controles y Aceptable.

Rango	Riesgo	Descripción
1, 2 y 3	BAJO	Riesgo generalmente aceptable.
4 a 6	MEDIO	Se debe de revisar y en su caso modificar los procedimientos de control de proceso.

8 a 10	ALTO	Se debe revisar y en su caso modificar los procedimientos y controles, tanto de ingeniería como administrativos, en un período de 3 a 12 meses.
12 a 20	EXTREMO	Se debe revisar y en su caso modificar los procedimientos y controles, tanto de ingeniería como administrativos, en un período de 3 a 6 meses.

Para la aplicación de dicha metodología se consideran que los principales riesgos potenciales de la instalación se encuentran localizados en áreas específicas y dadas las operaciones a efectuar en la Planta de almacenamiento para distribución de Gas L.P., se consideran las siguientes áreas como nodos a evaluar para la instalación.

Para determinar donde se registran estas fallas, y proceder con la identificación de riesgos, se aplica la metodología: Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP), considerando para ello la distribución de la Planta de Almacenamiento, cuyas áreas y operaciones a evaluar son aquellas que involucran el manejo o almacenamiento del material peligroso, es decir del gas, mismas que corresponden a las siguientes:

- ❖ RECEPCIÓN Y SUMINISTRO.
- ❖ TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LA PLANTA
- ❖ ANDEN DE LLENADO DE CILINDROS
- ❖ TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE ESTACIÓN DE CARBURACIÓN
- ❖ ISLA DE LLENADO DE LA ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

En donde los probables peligros, se derivan del manejo y almacenamiento de materiales peligrosos, considerándose como los principales riesgos:

- Fuga de gas l.p., en:
 - ❖ Tuberías.
 - ❖ Mangueras.
 - ❖ Válvulas.
 - ❖ Compresora.
 - ❖ Bomba.
 - ❖ Tanque de almacenamiento fijo.
 - ❖ Cilindros portátiles.
 - ❖ Autotanques.

- Incendio de gas l.p.
 - ❖ Tuberías.
 - ❖ Mangueras.
 - ❖ Válvulas.
 - ❖ Compresora.
 - ❖ Bomba.
 - ❖ Tanque de almacenamiento fijo.
 - ❖ Cilindros portátiles.
 - ❖ Autotanques.

- Explosión de gas l.p.
 - ❖ Tanque de almacenamiento fijo.
 - ❖ Cilindros portátiles.
 - ❖ Autotanques.

De ahí que, considerando las condiciones de operación de las diferentes áreas de trabajo y de acuerdo a los flujos indicados para cada una de estas, se considera dicho parámetro constante a lo largo del sistema, por lo que en la simulación se habla de áreas, no obstante que el origen puede ser cualquier accesorio o dispositivo antes mencionado, aplicándose esa premisa dado que sea cual fuere el punto donde se registre el evento, los flujos se mantienen constantes a lo largo del proceso o sistema.

Observándose, como resultado de la ocurrencia de alguno de los riesgos antes manifestados, y en función de la concentración del gas l.p. y tiempo de exposición, los probables efectos a nivel salud, que a continuación se indican:

- ❖ Irritación de piel y ojos.
- ❖ Quemaduras.
- ❖ Intoxicación por la inhalación, y
- ❖ Muerte.

Además, tomando en cuenta que se requiere de energía eléctrica en el establecimiento, otro riesgo, es la de cortos circuitos o fuentes de ignición; derivados de la generación de energía estática o uso de equipo eléctrico no aprobado para atmósferas inflamables carente de sellos y especificaciones necesarias.

NODOS A EVALUAR PARA LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO PARA DISTRIBUCIÓN DE GAS L.P.

Nodo	Descripción
01	RECEPCIÓN Y SUMINISTRO.
02	TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LA PLANTA
03	ANDEN DE LLENADO DE CILINDROS
04	TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE ESTACIÓN DE CARBURACIÓN
05	ISLA DE LLENADO DE LA ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

1. RECEPCIÓN Y SUMINISTRO

NODO	Palabra- guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
1.1	No	interrupción flujo	Conexión o acoplamiento inadecuado de las líneas de conducción. Falla mecánica en las bombas de trasiego. Baja presión de aire a instrumentos	Desconexión de la manguera de la toma de recepción y no se accionan las válvulas de seguridad. Fuga de Gas L.P. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición. Disparo o baja de carga en Tanque Cavitación en bomba.	4	2	8
1.2	No	No se realiza inmovilización de la unidad	No se colocaron las calzas. No se accionó el freno de la unidad. Sismo.	Desplazamiento de la unidad. Desacoplamiento de las conexiones. Fuga de Gas L.P. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición.	5	2	10
1.3	Distinto	Equipo o sistema distinto al requerido	Se instala un sistema de descarga del auto tanque superior a la capacidad de diseño (flujo) de las líneas de conducción. Se	Incremento de presión en líneas de conducción. Accionamiento de las válvulas de seguridad. Fuga de gas L.P.	3	3	9

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

NODO	Palabra- guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
			conectan las mangueras de trasiego erróneamente	Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición.			
1.4	No flujo	Aumento de presión	Válvula de paso de la toma de recepción cerrada	Sobrepresión en la línea de conducción (manguera). Desconexión de la manguera. Fuga de Gas L.P. Formación de nubes inflamables. Posible conato de incendio en presencia de una fuente de ignición. Atrapamiento de gas L.P. en la línea.	4	2	8
1.5	Distinto	Equipo o conexiones distintas de las del diseño	Se instala en la toma de suministro (carga) un sistema de bombeo superior a la capacidad de diseño (flujo) de las líneas de conducción. Se conectan las mangueras de trasiego erróneas.	Incremento de presión en líneas de conducción. Accionamiento de las válvulas de seguridad. Fuga de gas L.P. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición.	3	2	6
1.6	Incremento	Incremento de la presión	Sobrellenado	Sobrepresión en el autotank. Fuga de gas L.P.	4	3	12

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

NODO	Palabra- guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
			Falla y/o deterioro del medidor magnético. Error humano. Obstrucción en la línea del tanque de almacenamiento. Falla en el funcionamiento de válvulas	Conato de incendio. Deflagración o Explosión. Iritación de piel u ojos en las personas directamente expuestas. Variación en la temperatura. Daño a equipo Perdidas económicas Daño en tuberías			
1.7	Incremento	Incremento de la temperatura	Incendios en predios o áreas próximas a la toma de suministro	Sobrepresión. Fuga de Gas L.P. Incendio. Explosión	3	3	9
1.8	Distinto	Personal operador distinto	Desconocimiento de la operación de trasiego.	Fuga de gas L.P. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición.	4	2	8
1.9	No	No existe prevención	Arranque del autotanque estado conectada la toma de suministro.	Deterioro de las líneas de conducción, válvulas o mangueras. Fuga de Gas L.P. Conato de incendio.	4	2	8
1.10	No	No Hay prevención	Falta de atención en las labores encomendadas	Escape o fuga de gas L.P.	4	2	8

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

NODO	Palabra- guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
			Inicia el trasiego sin haber concluido las conexiones.	Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición.			
1.11	Menos	Falta de mantenimiento	Falta de mantenimiento. Negligencia en la implementación de medidas preventivas y correctivas.	Fugas en válvulas. Desperfectos en sello. Corrosión de la línea. Corrosión de la tubería y formación paulatina de pequeños orificios. Fuga de Gas L.P. Incendio en presencia de una fuente de ignición. Explosión en presencia de una fuente de ignición.	3	2	6
1.12	No	No se realiza conexión a tierra	Fallas del sistema de tierras. El operador no conecta la unidad al sistema de tierras.	Generación de energía estática. Probabilidad de incendio en caso de registrarse simultáneamente una fuga de gas L.P.	5	2	10
1.13	No	Asegurar la integridad de las instalaciones	Desgaste de los soportes. Manguera expuesta al tránsito vehicular.	Deterioro paulatino de las mangueras. Fuga de Gas L.P. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición.	4	1	4

NODO	Palabra- guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
1.14	menos	Menor presión en la entrada del tanque	Daño o desgaste mecánico en bombas de trasiego Fugas en equipos o líneas Mal funcionamiento de válvulas	Disparo o baja de carga en tanque de almacenamiento Cavitación en bomba Liberación del gas creando un ambiente altamente tóxico Intoxicación de trabajadores y habitantes de los alrededores			

2. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LA PLANTA

NODO	Palabra-guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
2.1	Mayor	Mayor presión	Se trasiega gas L.P. en estado vapor.	Incremento de la presión en los tanques de almacenamiento. Accionamiento de la válvula de seguridad. Fuga de combustible. Formación de una nube inflamable. Conato de incendio y/o explosión en presencia de una fuente de ignición.	3	3	9

NODO	Palabra-guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
2.2	Incremento	Aumento de la presión	Sobrellenado del recipiente. Error humano. Falla y/o deterioro del medidor magnético.	Sobrepresión en el tanque. Accionamiento de las válvulas de seguridad. Fuga de gas L.P. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición. Deflagración o Explosión. Irritación de piel u ojos en las personas directamente expuestas o la muerte.	3	3	9
2.3	Incremento	Aumento de temperatura	Incendios en predios o áreas próximas	Sobrepresión en los tanques de almacenamiento. Accionamiento de las válvulas de seguridad. Fuga de Gas L.P. Incendio en presencia de una fuente de ignición. Explosión en presencia de una fuente de ignición.	3	3	9
2.4	Distinto	La integridad mecánica disminuye, siendo distinta del diseño	El espesor de los tanques disminuye siendo insuficiente para soportar la presión ejercida	Fisuras en el cuerpo del tanque, con la consecuente fuga de energético.	3	4	12

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

NODO	Palabra-guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
			durante el almacenamiento.				

3. ANDEN DE LLENADO DE CILINDROS

NODO	Palabra-guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
3.1	No	Falta de controles operacionales	Falta de inspección del estado que guardan los tanques portátiles. Manejo de tanques en mal estado.	Presentan fugas. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición. Explosión.	5	2	10
3.2	No	Agentes externos no controlados	Sismos	Caídas de cilindros que pueden provocar fugas de gas l.p	4	1	4
3.3	No	No hay Conexión a tierra	Deterioro del sistema de tierras de alguna de las llenaderas que constituye el muelle.	Generación de electricidad estática. Incendio en caso de presentarse simultáneamente una fuga de gas L.P.	4	2	8

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

NODO	Palabra-guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
3.4	Incremento	Aumenta la Temperatura	Incendios por factores externos	Sobrecalentamiento de los cilindros. Explosión. Fuga de gas L.P. y formación de nubes explosivas. Incendio en caso de presentarse simultáneamente una fuga de gas L.P.	3	2	6
3.5	No	interrupción del flujo	Conexión o acoplamiento inadecuado de las líneas de conducción a la válvula de servicio del cilindro.	Desconexión de la manguera de La toma de carga. Fuga de Gas L.P. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición.	4	1	4
3.6	No	prevención	Falta de atención en las labores encomendadas. Inicia el trasiego sin haber concluido las conexiones.	Escape o fuga de gas L.P. Sobrellenado de los cilindros portátiles. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición.	5	2	10
3.7	Menos	mantenimiento	Falta de mantenimiento.	Fugas en pistolas de llenado y en válvulas.	3	2	6

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

NODO	Palabra-guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
			Negligencia en la implementación de medidas preventivas y correctivas.	Desperfectos en sello. Corrosión de la tubería y formación paulatina de pequeños orificios. Fuga de Gas L.P. Incendio en presencia de una fuente de ignición. Explosión en presencia de una fuente de ignición.			

4. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LA ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

NODO	Palabra-guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
4.1	Mayor	presión	Se trasiega gas L.P. en estado vapor.	Incremento de la presión en los tanques de almacenamiento. Accionamiento de la válvula de seguridad. Fuga de combustible. Formación de una nube inflamable. Conato de incendio y/o explosión en presencia de una fuente de ignición.	3	3	9

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

NODO	Palabra-guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
4.2	Incremento	presión	Sobrellenado del recipiente. Error humano. Falla y/o deterioro del medidor magnético.	Sobrepresión en el tanque. Accionamiento de las válvulas de seguridad. Fuga de gas L.P. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición. Deflagración o Explosión. Irritación de piel u ojos en las personas directamente expuestas o la muerte.	3	3	9
4.3	Incremento	de temperatura	Incendios en predios o áreas próximas a la Estación de Carburación de Gas L.P.	Sobrepresión en los tanques de almacenamiento. Accionamiento de las válvulas de seguridad. Fuga de Gas L.P. Incendio en presencia de una fuente de ignición. Explosión en presencia de una fuente de ignición.	3	3	9
4.4	Distinto	de diseño	El espesor de los tanques disminuye siendo insuficiente para soportar la	Fisuras en el cuerpo del tanque, con la consecuente fuga de energético.	3	4	12

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

NODO	Palabra-guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
			presión ejercida durante el almacenamiento.				

5. ISLA DE LLENADO DE LA ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

NODO	Palabra-guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
5.1	No	control	Falta de inspección del estado que guardan los dispensarios y los sistemas de llenado	Presentan fugas. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición. Explosión.	5	2	10
5.2	No	Orden	Sismos	Daños en los dispensarios. Pueden provocar fugas de gas L.P	4	1	4
5.3	No	Conexión a tierra	Deterioro del sistema de tierras de alguna de los dispensarios	Generación de electricidad estática. Incendio en caso de presentarse simultáneamente una fuga de gas L.P.	4	2	8
5.4	No	interrupción del flujo	Conexión o acoplamiento Inadecuado de las líneas de	Desconexión de la manguera del sistema	4	1	4

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

NODO	Palabra-guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
			conducción a la válvula de servicio	de llenado. Fuga de Gas L.P. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición.			
5.5	No	prevención	Falta de atención en las labores encomendadas. Inicia el trasiego sin haber concluido las conexiones.	Escape o fuga de gas L.P. Sobrellenado. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición.	5	2	10
5.6	Menos	Mantenimiento	Falta de mantenimiento. Negligencia en la implementación de medidas preventivas y correctivas.	Fugas de sistema de llenado y en válvulas. Corrosión de la tubería y formación paulatina de pequeños orificios. Fuga de Gas L.P. Incendio en presencia de una fuente de ignición. Explosión en presencia de una fuente de ignición.	3	2	6
5.7	No	interrupción flujo	Conexión o acoplamiento inadecuado de las líneas de conducción.	Desconexión de la manguera de la toma de recepción y no se	4	2	8

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

NODO	Palabra-guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
				accionan las válvulas de seguridad. Fuga de Gas L.P. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición			
5.8	No	inmovilización	No se colocaron las calzas. No se accionó el freno de la unidad. Sismo.	Desplazamiento de la unidad. Desacoplamiento de las conexiones. Fuga de Gas L.P. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición.	5	2	10
5.9	Distinto	Equipo o sistema distinto al requerido	Se instala un sistema de descarga del auto tanque superior a la capacidad de diseño (flujo) de las líneas de conducción. Se conectan las mangueras de trasiego erróneamente	Incremento de presión en líneas de conducción. Accionamiento de las válvulas de seguridad. Fuga de gas L.P. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición.	3	3	9

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

NODO	Palabra-guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
5.10	No flujo	Aumento de presión	Válvula de paso de la toma de recepción cerrada	Desconexión de la manguera. Fuga de Gas L.P. Formación de nubes inflamables. Posible conato de incendio en presencia de una fuente de ignición. Atrapamiento de gas L.P. en la línea.	4	2	8
5.11	Distinto	del diseño	Se instala en la toma de suministro (carga) un sistema de bombeo superior a la capacidad de diseño (flujo) de las líneas de conducción. Se conectan las mangueras de trasiego erróneas.	Incremento de presión en líneas de conducción. Accionamiento de las válvulas de seguridad. Fuga de gas L.P. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición.	3	2	6
5.12	No flujo	Aumento de presión	Válvula de paso de la toma de suministro o carga cerrada estando en operación la bomba	Sobrepresión en la línea de conducción (manguera).	4	2	8

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

NODO	Palabra-guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
				Desconexión de la manguera. Fuga de Gas L.P. Formación de nubes inflamables. Posible conato de incendio en presencia de una fuente de ignición. Irritación de piel y ojos. Atrapamiento de gas L.P. en la línea.			
5.13	Incremento	de presión	Sobrellenado Falla y/o deterioro del medidor magnético. Error humano.	Sobrepresión en el autotanque. Fuga de gas L.P. Conato de incendio. Deflagración o Explosión. Irritación de piel u ojos en las personas directamente expuestas.	4	3	12
5.14	Incremento	de temperatura	Incendios en predios o áreas próximas a la toma de suministro	Sobrepresión. Fuga de Gas L.P. Incendio.	3	3	9

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

NODO	Palabra-guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
				Explosión			
5.15	Distinto	del operador	Desconocimiento de la operación de trasiego.	Fuga de gas L.P. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición.	4	2	8
5.16	No	prevención	Arranque del autotanque estado conectada la toma de suministro.	Deterioro de las líneas de conducción, válvulas o mangueras. Fuga de Gas L.P. Conato de incendio.	4	2	8
5.17	No	prevención	Falta de atención en las labores encomendadas. Inicia el trasiego sin haber concluido las conexiones.	Escape o fuga de gas L.P. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición.	4	2	8
5.18	Menos	mantenimiento	Falta de mantenimiento. Negligencia en la implementación de medidas preventivas y correctivas.	Fugas en válvulas. Desperfectos en sello. Corrosión de la línea. Corrosión de la tubería y formación paulatina de pequeños orificios. Fuga de Gas L.P.	3	2	6

NODO	Palabra-guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias	F	C	R
				Incendio en presencia de una fuente de ignición. Explosión en presencia de una fuente de ignición.			
5.19	No	Conexión a tierra	Fallas del sistema de tierras. El operador no conecta la unidad al sistema de tierras.	Generación de energía estática. Probabilidad de incendio en caso de registrarse simultáneamente una fuga de gas L.P.	5	2	10
5.20	No	asegurar	Desgaste de los soportes. Manguera expuesta al tránsito vehicular.	Deterioro paulatino de las mangueras. Fuga de Gas L.P. Conato de incendio en presencia de una fuente de ignición.	4	1	4

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

Con la finalidad de jerarquizar los riesgos latentes en las diferentes áreas de la Planta de Almacenamiento para Distribución de Gas L.P. y estación de carburación, a continuación se presentan los resultados del análisis Hazop en forma tabulada para facilitar su interpretación:

1. RECEPCIÓN Y SUMINISTRO DE GAS L.P.

NODO	Palabra-guía	Desviación	Índice de riesgo	
1.1	No	interrupción flujo	8	ALTO
1.2	No	inmovilización	10	ALTO
1.3	Distinto	Equipo o sistema distinto al requerido	9	ALTO
1.4	No flujo	Aumento de presión	8	ALTO
1.5	No	Interrupción de flujo	5	MEDIO
1.6	No	inmovilización	10	ALTO
1.7	Distinto	del diseño	6	MEDIO
1.8	No flujo	Aumento de presión	8	ALTO
1.9	Incremento	de presión	12	EXTREMO
1.10	Incremento	de temperatura	9	ALTO
1.11	Distinto	operador	8	ALTO
1.12	No	prevención	8	ALTO
1.13	No	prevención	8	ALTO
1.14	Menos	mantenimiento	6	MEDIO
1.15	No	Conexión a tierra	10	ALTO
1.16	No	asegurar	4	MEDIO

2. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LA PLANTA

NODO	Palabra-guía	Desviación	Índice de riesgo	
2.1	Mayor	presión	9	ALTO
2.2	Incremento	de presión	9	ALTO
2.3	Incremento	de temperatura	9	ALTO

NODO	Palabra-guía	Desviación	Índice de riesgo	
2.4	Distinto	de diseño	12	EXTREMO

3. ANDEN DE LLENADO DE CILINDROS

NODO	Palabra-guía	Desviación	Índice de Riesgo	
3.1	No	NO CONTROL	10	ALTO
3.2	No	Orden	4	MEDIO
3.3	No	Conexión a tierra	8	ALTO
3.4	Incremento	de la Temperatura	6	MEDIO
3.5	No	interrupción del flujo	4	MEDIO
3.6	No	prevención	10	ALTO
3.7	Menos	mantenimiento	6	MEDIO

4. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LA ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

NODO	Palabra-guía	Desviación	Índice de Riesgo	
4.1	Mayor	presión	9	ALTO
4.2	Incremento	de presión	9	ALTO
4.3	Incremento	de temperatura	9	ALTO
4.4	Distinto	de diseño	12	ALTO

5. ISLA DE LLENADO DE LA ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

NODO	Palabra-guía	Desviación	Índice de Riesgo	
5.1	No	control	10	ALTO
5.2	No	Orden	4	MEDIO
5.3	No	Conexión a tierra	8	ALTO
5.4	No	interrupción del flujo	4	MEDIO
5.5	No	prevención	10	ALTO
5.6	Menos	Mantenimiento	6	MEDIO
5.7	No	interrupción flujo	8	ALTO
5.8	No	inmovilización	10	ALTO
5.9	Distinto	Equipo o sistema distinto al requerido	9	ALTO
5.10	No flujo	Aumento de presión	8	ALTO
5.11	Distinto	del diseño	6	MEDIO
5.12	No flujo	Aumento de presión	8	ALTO
5.13	Incremento	de presión	12	EXTREMO

NODO	Palabra-guía	Desviación	Índice de Riesgo	
5.14	Incremento	de temperatura	9	ALTO
5.15	Distinto	del operador	8	ALTO
5.16	No	prevención	8	ALTO
5.17	No	prevención	8	ALTO
5.18	Menos	mantenimiento	6	MEDIO
5.19	No	Conexión a tierra	10	ALTO
5.20	No	asegurar	4	MEDIO

METODOLOGÍA WHAT IF...?

Para lograr los objetivos de estudio, se realizó un análisis What if...? que comprendiera todo el sistema de regulación y medición de gas, se analizó línea por línea los diagramas de tubería e instrumentación, como buena ayuda en la identificación de los riesgos potenciales en un sistema dado, para identificar consecuencias adversas que pudieran producirse, por ejemplo, fuga, derrame, explosión, etc.

Cuando se condujo el análisis de peligros y funcionamiento, un análisis detallado de los diagramas de tubería e instrumentación se llevó a cabo. El método Qué pasaría si...? Fue usado para identificar peligros posibles en un sistema dado, y para determinar si una consecuencia resultaría (es decir, un derrame, un incendio, una explosión, etc.) El método de qué pasaría si...? es un método para identificar peligros aprobados por el instituto Americano de Ingenieros Químicos en su publicación de guías de procedimientos para la evaluación de peligros de 1985, (American institute of chemical Engineers (AIChE) Guidelines for Hazard Evaluation procedures, 1985) para plantas actualmente en existencia. Las facetas de estudio individual en cada sistema de proceso, fueron determinadas donde una variable fue medida o fue observada.

Estas variables incluyen:

- ❖ Temperatura

- ❖ Diferencial de Presión
- ❖ Razón de flujo
- ❖ Control e instrumentación
- ❖ Maquinaria
- ❖ Operaciones y personal de mantenimiento (oportunidad para error).

Con el intenso estudio de cada faceta y escenarios Qué pasaría si..? los escenarios de fugas del gas l.p., fueron identificados y jerarquizados para conocer las posibles consecuencias de gravedad que se tendrían tanto al personal como a las instalaciones.

La forma de análisis de identificación de peligros usada en este análisis de riesgos de seguridad de funcionamiento fue originada de la matriz de análisis de riesgos, la matriz fue tomada del "Guidance for Preparation of a Risk Management and Prevention Program, California office of emergency and response Commission of the state of California". Esta matriz de análisis de riesgos consistió de probabilidad de fuga (A) y gravedad de consecuencias por causa de una fuga de sustancias químicas altamente peligrosas (B), Análisis del factor de fuga (A*B). Para varios niveles, Probabilidad de fuga (A) y gravedad de consecuencias por causa de una fuga de sustancias químicas altamente peligrosas (B) son representadas por los valores siguientes:

Probabilidad:

Bajo	Cada 100 años, no esperado en esta planta, pero puede ocurrir.
Mediano	Cada 10 a 100 años, probablemente pueda ocurrir durante la vida del útil de esta planta
Alto	Una vez cada 10 años.

Gravedad de consecuencias:

Bajo	Resulta en problemas en operaciones o lesión singular, o daños a la propiedad menos de \$100,000 (dólares E.U.)
Mediano	Resulta en lesiones múltiples, interrupción significativa de las operaciones, o daños a la propiedad entre \$100,000 (dólares E.U.) y \$ 1,000,000 (dólares E.U.)
Alto	Resulta en muerte o daños a la propiedad, pérdidas de producción más de \$ 1, 000,000 (dólares E.U.)

	Nivel Probabilidad (A)	Gravedad de las consecuencias (B)
Bajo	1	1
Mediano	2	3
Alto	4	5

PROBABILIDAD * CONSECUENCIA = RIESGO		GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS (B)		
		BAJO (1)	MEDIO (3)	ALTO (5)
NIVEL PROBABILIDAD (A)	BAJO (1)	1	3	5
	MEDIO (2)	2	6	10
	ALTO (4)	4	12	20

Índice de riesgo

BAJO	1-3
MEDIO	4-6
ALTO	10-20

APLICACIÓN DEL MÉTODO WHAT IF...?

Proyecto: **ACCESORIOS. BOMBAS.**

No	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO	ACCIÓN RECOMENDADA	
1	¿Qué pasaría si existiera una restricción en la tubería de entrada a la bomba?	Causaría vaporización del líquido y cavitación dentro de la misma.	Ocurriría una caída de presión, la cual provocaría un mal funcionamiento en la bomba.	Ver diseño e instalación de la misma. Inspección y supervisión de la planta. Mantenimiento preventivo y correctivo. Llevar bitácora de mantenimiento.	
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	* Seguir los procedimientos de seguridad.		1	1	1 BAJO
2	¿Qué pasaría si se instalan los accesorios restrictivos o codos cerca de la apertura de entrada a la bomba?	Aumentaría la cavitación.	Ocurriría una caída de presión. Podría ocurrir una turbulencia en el flujo.	Ver diseño e instalación de la misma. Inspección y supervisión de la planta. Mantenimiento preventivo y correctivo. * Llevar bitácora de mantenimiento.	

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

No	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA	
					* Procedimientos de operación.	
		Implementos de Seguridad Instalados	Probabilidad (A)		Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
		* Seguir los procedimientos de seguridad.	1		1	1 BAJO
3	¿Qué sucedería si se instala un reductor concéntrico en la entrada de la bomba?	Aumentaría la cavitación. Existiría un mal funcionamiento de la bomba.	Ocurriría una caída de presión. Existiría una acumulación de vapor que puede inferir en el funcionamiento de la misma.		Debe usarse siempre un reductor excéntrico, cuando se reduce el diámetro de la tubería a la entrada de la bomba, y cuando exista la posibilidad de que dentro de la misma haya gas o aire. El reductor debe instalarse con la parte recta hacia arriba. Inspección y supervisión de la planta. Mantenimiento preventivo y correctivo.	
		Implementos de Seguridad Instalados	Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)	
		Seguir los procedimientos de seguridad.	1	1	1 BAJO	

No	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
4	¿Qué sucede si en la instalación se inclina la tubería hacia arriba en dirección a la bomba?	* Cavitación de la bomba.	* Existiría vaporización en la tubería de entrada a la bomba.		En la instalación se debe hacer un desnivel en la tubería de una o dos pulg., en diez pies de longitud entre la bomba y el tanque de almacenamiento, ya que permitirá que el gas fluya hacia el tanque y sea reemplazado por el líquido. Dar mantenimiento preventivo y correctivo.
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Seguir los procedimientos de seguridad.		1	1	1 BAJO
5	¿Qué pasaría si existiera una gran cantidad de líquidos en largas tuberías a la entrada de la bomba?	Existiría un mal funcionamiento, la bomba cavitara.	Sucedería una vaporización continua por largo tiempo durante el cual la bomba está llena de vapor.		* Revisión de diseño, operación e instalación. Instale una válvula de retención cerca de la bomba cuando la tubería de descarga es larga con el fin de evitar que el gas retorne a la bomba cuando la misma no esté trabajando. Mantenimiento preventivo y correctivo

No	PREGUNTA/CASO		RESPUESTA		CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)		
	* Seguir los procedimientos de seguridad.		1	1	1 BAJO		
6	* ¿Qué pasaría si la bomba no gira?	Posible vibración. Materiales extraños en su interior.	* Daño por sobrecalentamiento del motor.		Revisión de diseño, operación e instalación. Mantenimiento preventivo y correctivo. Posible atascamiento de las paletas o bien estén quebradas. Rodamientos malos o atascados. Presión diferencial muy avanzada.		
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)		
	* Seguir los procedimientos de seguridad.		1	1	1 BAJO		
7	¿Qué pasaría si existiera un calentamiento del motor o sobrecarga del interruptor?	Posiblemente el motor esté sobrecargado.	Podría sobrecalentarse el motor.		Mantenimiento preventivo y correctivo.		

No	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
			Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
		Implementos de Seguridad Instalados			
		* Seguir los procedimientos de seguridad.	1	1	1 BAJO
8	* ¿Qué pasaría si existiera una transferencia lenta de gas vapor?	Existiría un mal funcionamiento del compresor. Posible vibración. Filtro obstruido. Válvulas del compresor en las líneas de succión o de descarga.		* Existiría un retardo en la operación.	Revisión de diseño, operación e instalación. Mantenimiento preventivo y correctivo
		Implementos de Seguridad Instalados			
		* Seguir los procedimientos de seguridad.	2	1	2 BAJO

Proyecto: RECEPCIÓN Y SUMINISTRO

No.	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA	
9	¿Qué pasaría si existiera una fuga en la descarga del transporte, esto sucedería en el trasvase?	Esto se debe a que no se colocará bien la válvula de globo a la punta de llenado de la toma de recepción, es decir al acoplador relleno para líquido.	Al existir una fuga se formaría una nube flamable. Posible formación de un flamazo. Posible explosión.		Supervisión en la operación. Colocar pull-away Mantenimiento preventivo y correctivo. Procedimiento de operación y mantenimiento.	
						Implementos de Seguridad Instalados
			* Seguir los procedimientos de seguridad.	4	3	12 ALTO
10	¿Qué pasaría si en la operación se sobrepresionara la tubería de gas líquido en la descarga?	* Se abriría la válvula de relevo hidrostático de acción pop.	Fuga de gas con posible formación de una atmósfera inflamable. Posible flamazo.		Supervisión en la operación. Mantenimiento preventivo y correctivo.	
					Procedimiento de operación y mantenimiento.	

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

No.	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	* Seguir los procedimientos de seguridad.		2	1	2 BAJO
11	¿Qué pasaría si existiera gas atrapado en la tubería de descarga de gas líquido?	Existiría un aumento de presión que sería mayor y entraría en operación la válvula de relevo hidrostático.	Posible ruptura de la mirilla con fuga de gas l.p. provocando con esto una posible atmósfera inflamable. Esto sucedería siempre y cuando las válvulas de relevo no funcionaran.		Paro automático Supervisión y mantenimiento Accionar alarma.
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Medidas de seguridad. Aplicar los procedimientos del plan programa para la prevención de accidentes.		2	1	2 BAJO

No.	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
12	¿Qué pasaría si existiera una falla en la válvula de descarga del semirremolque?	Fuga de material de manera continúa. Al incendiarse podría aumentar la temperatura del envolvente metálico del remolque tanque en la superficie en la que se encuentra el gas-vapor. No funcionan las válvulas de seguridad.	Posible formación de nube flamable con la consecuencia de que al formarse el incendio no podrían llegar a la válvula, por lo que podría calentar el material envolvente del semirremolque pudiendo crear una nube explosiva.		Paro automático Supervisión y mantenimiento Accionar alarma. Colocar un sistema de enfriamiento en la zona.
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Medidas de seguridad. Programa para la prevención de accidentes.		4	3	12 ALTO
13	¿Qué pasaría si existiera una falla en las válvulas de seguridad y se encontrara cerrada la válvula de exceso de flujo para líquido y la válvula de entrada al tanque de almacenamiento?	Se tendría una contra-presión muy fuerte en toda la línea de gas – líquida, la cual provocaría una fuga en la zona más débil, que en este caso sería la mirilla. No funcionan las válvulas de relevo hidrostático.	Posible formación de nube flamable con la consecuencia de que al formarse el incendio no podría crear una nube explosiva.		Paro automático Supervisión y mantenimiento Accionar alarma. Colocar un sistema de enfriamiento en la zona.

No.	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Medidas de seguridad. Programa para la prevención de accidentes. Brigada contra incendio		2	3	6 MEDIO

Proyecto: TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LA PLANTA

No.	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
14	¿Qué pasaría si se sobrellevara el (los) tanque(s) de almacenamiento por una mala operación en el vapor de gas?	Se abrirían las válvulas de seguridad del multiport las cuales tiene una capacidad de descarga de 294 m3/min.	Posible fuga con formación de una nube inflamable.		Paro automático Supervisión y mantenimiento Accionar alarma.
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Medidas de seguridad. Ver medidas del programa para la prevención de accidentes. Accionar el sistema de aspersión.		1	5	5 MEDIO
15	¿Qué pasaría si	Es casi imposible porque	Posible formación de una nube		Supervisión de la

	existiera una sobrepresión en el(los) tanque(s) de almacenamiento y fallaran las válvulas de seguridad del multiport?	se tienen 6 válvulas de seguridad y en caso de que una de ellas no funcionara las otras entrarían en operación.	inflamable. Que en el caso de encontrar una fuente de ignición podría provocar una explosión con consecuencias mayores.	operación y descarga Mantenimiento preventivo y correctivo. Revisión de las condiciones del tanque de almacenamiento.	
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Procedimientos del Programa para la Prevención de Accidentes. Capacitación del personal de las brigadas. Simulacros.		4	3	12 ALTO

Proyecto: ANDEN DE LLENADO

No.	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO	ACCIÓN RECOMENDADA	
16	¿Qué pasaría si se existiera una falla en las válvulas automáticas de llenado?	Mal enroscado de la válvula al recipiente portátil.	Posible fuga de gas l.p. con formación de una nube flamable y explosiva.	Supervisión de la operación Paro automático Mantenimiento preventivo y correctivo. Accionar alarma si fuera necesario.	
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Procedimientos del Programa de Prevención de		1	3	3

Accidentes. Capacitación del personal. Simulacros.			BAJO
---	--	--	-------------

Proyecto: ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

No.	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
17	¿Qué pasaría si se existiera una falla en las válvulas automáticas de llenado?	Mal enroscado de la válvula al recipiente vehículo automotor.	Posible fuga de gas l.p. con formación de una nube flamable y explosiva.		Supervisión de la operación Paro automático Mantenimiento preventivo y correctivo. Accionar alarma si fuera necesario.
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Procedimientos del Plan Interno de Protección Civil. Capacitación del personal. Simulacros.		1	5	5 MEDIO

Proyecto: TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

No.	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
18	¿Qué pasaría si existiera una sobrepresión en el tanque de almacenamiento utilizado en la estación de carburación?	Es probable que falle la válvula de seguridad. Mala calibración de la válvula.	Posible formación de una nube inflamable. Que en el caso de encontrar una fuente de ignición podría provocar una explosión con consecuencias mayores.		Supervisión de la operación y descarga Mantenimiento preventivo y correctivo. Revisión de las condiciones del tanque de almacenamiento.
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Procedimientos del Programa para la Prevención de Accidentes. Capacitación del personal de las brigadas. Simulacros.		2	5	10 ALTO

Conceptos básicos de escenarios de emergencias por fuego y explosión aterrizados al proceso operativo en la instalación

A continuación se presenta una breve descripción de los riesgos asociados al proyecto incluyendo una breve introducción al fenómeno del fuego, incendios y explosiones que permitirán una comprensión más clara del presente informe y de las consideraciones realizadas para el planteamiento de los escenarios de riesgo modelados.

Los materiales peligrosos pueden presentar riesgos de incendio con características especiales que deben ser comprendidas para diseñar mecanismos de prevención y control. Comenzaremos con las medidas del potencial de inflamabilidad y continuaremos con una breve explicación de cómo pueden evaluarse los efectos de un incendio.

Medidas del potencial de inflamabilidad

Las medidas más comunes del potencial de inflamabilidad de los materiales que son inflamables o combustibles son:

- 1) puntos de ignición o "flash points",
- 2) límites inferiores de inflamabilidad o de explosión;
- 3) límites superiores de inflamabilidad o de explosión; y
- 4) temperaturas de auto ignición.

Estos datos se encuentran disponibles en diversos manuales y bases de datos de materiales peligrosos si se conocen y se listan normalmente en las hojas de seguridad de materiales (HDS) de sustancias químicas.

Puntos de ignición o "flash points"

El "flash point" o punto de ignición de una sustancia combustible, es en términos simples, la mínima temperatura de un material a la que los vapores sobre su superficie líquida o sólida se incendian y queman cuando son expuestos a una fuente de ignición específica sin causar necesariamente una combustión autosostenida del líquido o sólido. Los puntos de ignición varían de temperaturas muy por debajo de los cero grados Fahrenheit para los gases inflamables (tales como el gas natural, gas LP, propano o butano), y líquidos volátiles inflamables (como la gasolina), a cientos de grados sobre cero para aceites combustibles pesados. (Nota: La temperatura a

la que los vapores sobre un líquido o sólido se incendian y continúan ardiendo debido a la combustión autosostenida del líquido o sólido es conocida como punto de incendio o "fire point". Estas temperaturas se encuentran disponibles en la literatura profesional sólo para una cantidad relativamente pequeña de materiales).

Los materiales con puntos de ignición bajos, en relación con la temperatura ambiente son fácilmente encendidas por una chispa (ya sea de un metal frotándose con otro metal o piedra o debido a la electricidad estática) o una flama de cualquier fuente. Frecuentemente, son sustancias que se encuentran normalmente en estado gaseoso a temperatura ambiente o líquidos que se evaporan rápidamente o entran en ebullición al momento de ser liberadas. Estos vapores o gases pueden ser a veces transportados por el viento hasta una fuente de ignición a cierta distancia del lugar de descarga del material y generar un "flamazo" de vuelta a la fuente de la emisión causando uno o más de los peligros de fuego que se describen posteriormente.

Las sustancias con puntos de ignición cercanos a la temperatura ambiente también se encienden con facilidad por medio de chispas o flama. La diferencia principal entre estos materiales y los descritos en el párrafo anterior es que la fuente de ignición debe estar más cerca del combustible para que tenga lugar la ignición. Esto sigue a la observación de que tales materiales son generalmente líquidos de volatilidad menor a materiales con puntos de ignición sustancialmente más bajos.

Mientras mayor sea la temperatura del punto de ignición sobre la temperatura ambiente, se vuelve más difícil encender una sustancia. Bajo circunstancias normales, un combustible con un punto de ignición alto no puede encender con una chispa o hasta una flama cercana, a menos que: 1) el combustible sea un líquido rociado al aire en forma de una niebla fina; 2) el combustible sea un sólido dividido finamente; 3) una porción del combustible se haya calentado hasta cerca de su punto de ignición por una fuente de calor cercana y entonces se haya expuesto a una fuente de ignición; o 4) el combustible se caliente a una temperatura igual o mayor a su punto de ignición antes de ser liberado y encuentre una fuente de ignición antes de enfriarse.

Límites de inflamabilidad y explosividad

Es bastante bien conocido que la combustión no puede tener lugar en ausencia de una cantidad mínima de oxígeno, ya sea que se encuentre disponible en el aire mezclado con los gases o vapores emanados de una sustancia combustible o de un

componente interno del combustible. De la misma forma, debe haber suficientes vapores o gases combustibles disponibles en la mezcla aire-combustible para soportar y sostener la combustión. Así, existen límites inferiores y superiores asociados con las concentraciones del combustible en el aire que se incendian y permiten que las flamas se dispersen alejándose de la fuente de ignición (permiten que las flamas se propaguen). Las concentraciones de combustible por debajo del límite inferior contienen una cantidad insuficiente de combustible para encender y propagar su flama y se les conoce como demasiado ligeras para arder. Aquellas que se encuentran por encima del límite superior son consideradas demasiado ricas para encender; esto es, contienen demasiado combustible y/o muy poco oxígeno, como es el caso de un motor de automóvil que se encuentra "ahogado".

La concentración mínima de un vapor o gas en el aire que puede incendiarse y propagar flama se le conoce como su concentración límite inferior de inflamabilidad (LII) o su concentración límite inferior de explosividad (LIE o LEL) y usualmente se expresa como un porcentaje por volumen de los vapores combustibles en el aire. Las palabras inflamabilidad y explosividad se utilizan de manera intercambiable, de tal forma que los valores LII son típicamente iguales a los valores LIE en la literatura. La razón detrás de esto es que la concentración de un combustible que arde en el aire también es de esperarse que explote bajo las condiciones apropiadas. Esta suposición es aproximadamente verdadera para algunos combustibles (donde los valores LIE precisos pueden ser ligeramente mayores que los valores LII), pero se ha vuelto ampliamente aceptada a través de décadas de uso.

De manera similar al caso anterior, la concentración máxima de un gas o vapor en el aire que puede incendiarse y propagar flama se le conoce como límite superior de inflamabilidad (LSI) o límite superior de explosividad (LSE o UEL) del combustible. De nuevo, las palabras inflamabilidad y explosividad se usan comúnmente de forma intercambiable.

Los valores LII o LIE se relacionan con los puntos de ignición de las sustancias combustibles en que el punto de ignición es en teoría la temperatura a presión atmosférica a la que una sustancia debe elevarse para producir una concentración de gas o vapor sobre su superficie equivalente a su concentración LII o LIE. Esta relación no siempre se observa en la práctica, sin embargo, a causa de que el equipo y procedimientos de medición del punto de ignición, como se mencionaba anteriormente, no siempre predicen valores precisos.

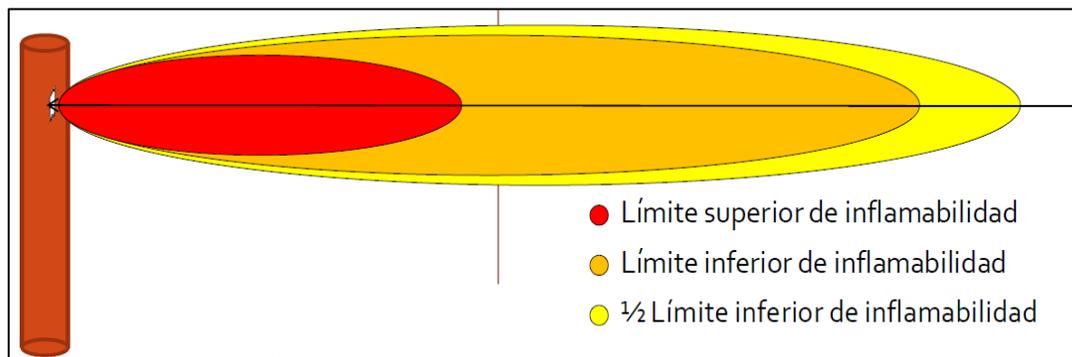


Imagen I.4.2.2.1 Descripción gráfica de los límites de inflamabilidad de las sustancias.

Para los casos de fuga del producto que nos interesa, el material fugado comienza con una concentración de 100 % gas – 0 % aire y se diluye hasta una concentración 100 % aire – 0 % gas.

Temperaturas de autoignición

La temperatura de ignición o autoignición (TAI) de una sustancia, ya sea sólida, líquida o gaseosa, es la temperatura mínima para iniciar o causar una combustión autosostenida en ausencia de chispa o flama. Estas temperaturas deben de ser vistas como aproximaciones, aún más que los puntos de ignición o límites de inflamabilidad, debido a los muchos factores que pueden afectar los resultados de las pruebas. De hecho, debemos notar que muchos de los valores que se encuentran actualmente en la literatura fueron determinados utilizando métodos de prueba que ahora se consideran obsoletos. Los nuevos métodos adoptados por la ASTM demuestran frecuentemente temperaturas sustancialmente menores para el inicio de la combustión que métodos anteriores.

Medidas de los efectos de inflamabilidad

Es obvio que el contacto directo con una flama de cualquier tipo no es una buena idea durante cualquier período de tiempo prolongado debido a que el calor extremo puede incendiar los materiales combustibles o quemar severamente y destruir el tejido vivo. Lo que puede no entenderse completamente es que el fuego también puede causar daños o lesiones a distancia a través de la transmisión de la radiación térmica, de forma no muy distinta a como el sol calienta la tierra. Tal radiación, la cual es completamente distinta a la radiación nuclear, es más potente sobre la superficie de la flama y se debilita rápidamente al alejarse en cualquier dirección. En consecuencia, durante una fuga mayor de material peligroso en

donde se involucre el fuego, los daños a la propiedad y las lesiones a las personas pueden ocurrir no solo en las áreas donde se encuentra el fuego, sino también en la zona que rodea el incendio.

Los niveles de radiación térmica (también conocidos como flujos de radiación térmica) se miden y se expresan en unidades de potencia por unidad de área, del elemento que recibe la energía.

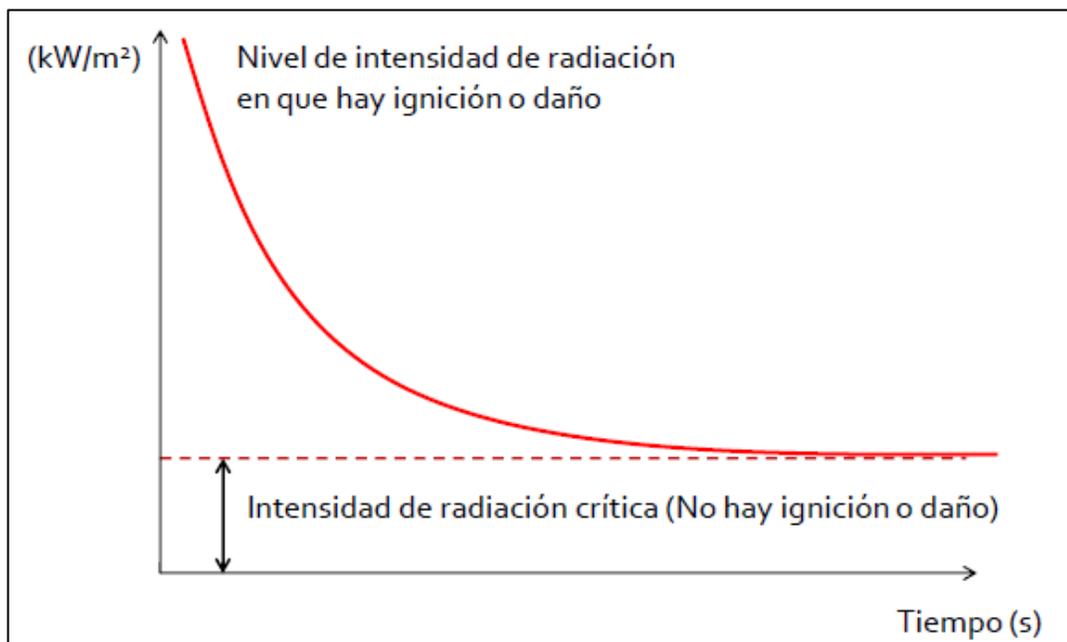


Imagen I.4.2.2.2 Gráfica de nivel de intensidad de radiación térmica.

Sin embargo, debido a que el daño o la lesión sostenida por el objeto receptor es una función de la duración de la exposición, así como del nivel, las dosis de radiación térmica nos conciernen también. Estas dosis se determinan al combinar los niveles de radiación con los tiempos de exposición y se expresan en unidades de energía por unidad de tiempo por unidad de área de superficie receptora.

Tipos de fuegos

Existen seis tipos esenciales de fuego, asociados con la descarga de materiales peligrosos, con el tipo de fuego siendo una función no sólo de las características y propiedades de la sustancia derramada sino también de las circunstancias que rodean la emisión y/o ignición. Los seis tipos son:

Flama de chorro (JET FIRE)

Bolas de fuego como resultado de las explosiones de vapor por expansión de líquidos en ebullición (BLEVEs)

Fuegos en nubes de vapor o polvo

Fuegos en encharcamiento de líquidos

Fuegos que involucran sólidos inflamables (como los define el Departamento de Transporte de los EEUU), y

Fuegos que involucran combustibles ordinarios

Para la determinación de los escenarios con probabilidad de ocurrencia de acuerdo al tipo de emisión que puede presentarse en la instalación se utilizaron los criterios que se describen en la siguiente figura, de acuerdo con la información proporcionada por dinámica Heurística para la utilización del software

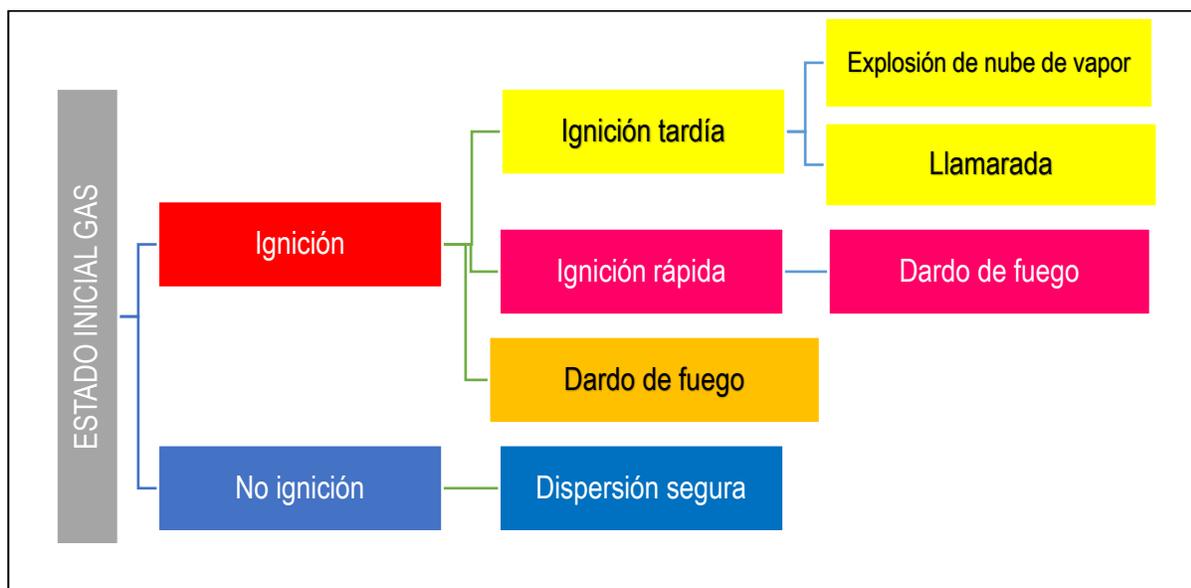


Imagen I.4.2.2.3 Escenarios con probabilidad de ocurrencia ante la pérdida de contención de gas natural dentro de la instalación. Recuperado de: Dinámica heurística Peligros de fuego de sustancias químicas

De acuerdo con la figura anterior, los escenarios con probabilidad de ocurrencia por pérdida de contención del gas natural dentro de la instalación son:

Dardo de fuego (Jetfire)

Los tanques de almacenamiento, transportes o tuberías que contienen gases bajo presión (ej. gases comprimidos) o sustancias normalmente gaseosas que se han

comprimido al punto de convertirse en líquidos (ej. gases licuados comprimidos) pueden descargar gases a alta velocidad, si se perfora o rompe en alguna tubería durante un accidente.

La descarga o ventilación del gas a través del agujero forma un chorro de gas que "sopla" hacia la atmósfera en la dirección en la que se encuentre el agujero, mientras entra y se mezcla con el aire. Si el gas es inflamable y se encuentra una fuente de ignición, puede formarse una flama de chorro de longitud considerable (posiblemente de cientos de pies de largo) a partir de un agujero de menos de un pie de diámetro. Estos chorros presentan un peligro de radiación térmica para las personas y propiedades cercanas y son particularmente peligrosos si chocan con el exterior de un tanque intacto cercano que contenga material peligroso inflamable, volátil y/o autorreactivo. Estos eventos ocurren a veces durante descarrilamientos de múltiples vagones de ferrocarril o en incidentes en plantas químicas atestadas o en instalaciones de procesamiento o almacenaje de petróleo/gas.

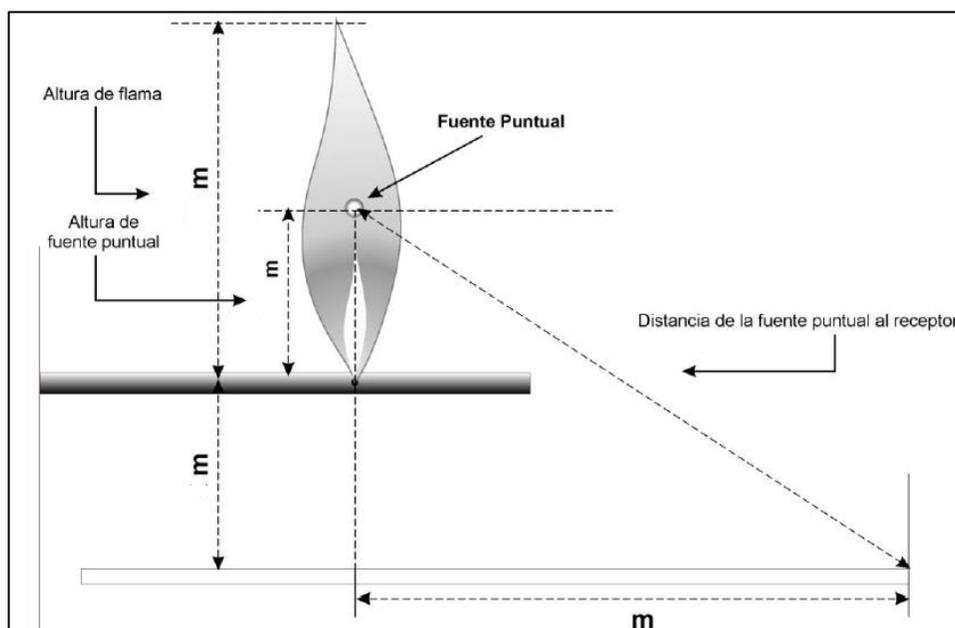


Imagen I.4.2.2.4 Distancia a nivel de piso de la Fuente puntual al receptor.
Recuperado de: Dinámica heurística Peligros de fuego de sustancias químicas

Fuegos de nubes de vapor o polvo

Los vapores emanados de un charco de líquido volátil o los gases que se ventilan de un contenedor o tubería perforada o dañada, si no se incendian inmediatamente,

forman una pluma o nube de gas o vapor que se mueve en la dirección del viento. Si esta nube o pluma entra en contacto con una fuente de ignición en un punto en el que su concentración se encuentre dentro del rango de sus límites superior e inferior de inflamabilidad, puede generarse un muro de fuego que se dirige hacia la fuente del gas o vapor, engullendo cualquier cosa que se encuentre en su camino. De forma similar, es posible que el fuego surja a través de nubes de polvos combustibles finamente divididos y suspendidas en el aire, sean o no clasificados formalmente como materiales peligrosos. Las personas o propiedades atrapadas en el interior de la nube pueden resultar severamente lesionadas o dañadas al paso del fuego, si no cuentan con protección adecuada.

Peligros de explosión de sustancias químicas

El diccionario contiene dos definiciones para el verbo explotar que son relevantes para los materiales peligrosos, siendo éstas:

Arder rápidamente de tal forma que exista una violenta expansión de gases calientes con gran fuerza destructiva y un fuerte ruido (en lo que se conoce como una explosión térmica).

Estallar violentamente como resultando de la presión interna (en lo que se conoce como una explosión no térmica).

La primera definición involucra claramente la ignición y emisión de energía térmica de un material o mezcla explosivos y la segunda no lo es. Analizaremos primero las condiciones y factores que definen el potencial de ambos tipos de explosiones, tanto térmicas como no-térmicas, seguido de una explicación de cómo pueden ser medidos los efectos de una explosión, y entonces veremos los distintos tipos de explosiones que cumplen con los criterios anteriores y que pueden encontrarse en accidentes relacionados con materiales peligrosos como es el caso que nos ocupa.

Factores que influyen en el potencial de explosión

Explosiones térmicas

Las definiciones de los límites superiores e inferiores de inflamabilidad presentadas anteriormente explican que estos términos se usan de manera intercambiable con los términos de límites superiores e inferiores de explosividad en el aire. La razón para esto es que una mezcla inflamable de combustible en el aire, por ejemplo, una

mezcla dentro del rango de las concentraciones límite superior e inferior de inflamabilidad, puede explotar si se enciende bajo condiciones apropiadas.

El conjunto de condiciones bajo las cuales son más comunes las explosiones de gases o vapores comprende la ignición del material dentro del espacio confinado de un edificio, una tubería de drenaje, un túnel, un tanque de almacenamiento de líquido parcialmente vacío (en tierra o en un transporte marítimo), u otro contenedor.

De lo anterior se deduce que virtualmente todas las sustancias que se manejen bajo condiciones en las que las mezclas aire-combustible se encuentren entre los límites y ocupen una fracción significativa de un espacio cerrado tienen una alta probabilidad de explotar en lugar de simplemente arder cuando se encienden. Sin embargo, debe notarse que las mezclas gaseosas también pueden explotar en momentos en los que se encuentran confinadas sólo parcialmente o aun completamente libres en un ambiente abierto. Estas últimas explosiones, llamadas explosiones de nubes de vapor no confinadas, a menudo tienen mucho menos potencia que las explosiones en confinamiento, y se ha observado que algunas sustancias tienen una probabilidad mucho mayor de explotar cuando no se encuentran confinadas, que otras. No obstante, eventos previos han demostrado que las explosiones no confinadas pueden ocasionalmente causar un daño devastador y lesiones extensas, especialmente cuando el peso del vapor o gas en el aire excede las 1,000 libras.

Por debajo de este peso, las explosiones de nubes de vapor no confinadas son bastante raras y típicamente involucran a relativamente pocos materiales específicos.

La fuerza o potencia de una explosión térmica, de cualquier manera que uno desee expresarla, es una función de tres factores principales:

La cantidad de combustible presente que es capaz de explotar.

La cantidad de energía disponible en esta porción del combustible

La fracción de la energía disponible (conocida como el factor de eficiencia) que se espera sea liberada en el proceso de la explosión.

En términos más simples, se entiende que dos cartuchos de dinamita producen un estallido mayor que uno solo, que las mezclas de aire-combustible por debajo o sobre las concentraciones límites explosivas en el aire pueden no proporcionar fuerza

adicional a una explosión y que algunas sustancias contienen mayor energía por unidad de peso que otras.

Explosiones no térmicas

El tipo más sencillo de explosión no térmica a entender es el que se debe a la presurización excesiva de un contenedor de cualquier tipo, sellado o ventilado inadecuadamente. De manera muy similar a como estallaría un globo si se le inyecta demasiado aire, las paredes de un tanque sellado u otro contenedor pueden romperse violentamente si se introduce forzosamente demasiado gas o líquido, si una reacción química interna produce gases o vapores en exceso, o si una reacción u otra fuente de calor incrementa la presión de vapor interna del contenido hasta el punto en que las paredes se estiren más allá de su punto de ruptura. Debido a que la ignición o el fuego no se relacionan directamente con el proceso de la explosión, se considera estos eventos como explosiones no térmicas, aunque el contenido del contenedor pueda encenderse de manera subsecuente a su liberación, si se encuentra presente una fuente de ignición apropiada y la sustancia es inflamable o combustible. Para efectos del presente informe no realizaremos un análisis de explosiones no térmicas toda vez que no se cuenta con depósitos de almacenamiento de gas, en el caso de sobrepresión en tuberías, esta provocaría fuga por junta, unión bridada, válvula o poro, generando alguno de los escenarios descritos líneas arriba dependiendo de las condiciones de ignición que se presenten dentro de la instalación.

Medidas de los efectos de una explosión

Cuando un cohete o un cartucho de dinamita explotan, la violencia y velocidad de las reacciones que toman lugar, producen lo que se conoce como ondas de choque u ondas de impacto. Se puede imaginar a cualquiera de estos tipos de ondas, como una delgada capa de aire o gases altamente comprimidos que se expande en todas direcciones a partir del punto donde se inicia la explosión. Tales ondas pueden moverse a velocidades que rebasan la velocidad del sonido en el aire, y por ende, son capaces de producir "booms" sónicos, es por esto que las explosiones grandes producen un fuerte sonido o "bang".

La potencia de la onda puede medirse en unidades de presión (psi, etc.) y los efectos de las sobrepresiones máximas dentro de la onda (la presión máxima dentro de la onda por encima de la presión atmosférica normal) se pueden relacionar con el nivel de daño a la propiedad o lesiones personales que probablemente resulten.

En apartados posteriores del presente informe se presenta una lista detallada de los posibles efectos de la sobrepresión sobre las personas u objetos. Es importante notar que las sobrepresiones máximas son mayores cerca de la fuente de la explosión y disminuyen rápidamente con la distancia del lugar de la explosión. Adicionalmente debemos notar que la posición del estallido en relación con "superficies reflejantes" cercanas, influye en la extensión del daño. Por ejemplo, imaginemos una explosión que tiene lugar muy por encima del nivel del suelo. En este tipo de evento elevado o "al aire libre", la onda de choque esférica tiene la oportunidad de viajar y disiparse en todas direcciones en forma simultánea. De la misma forma, si la misma explosión tuviera lugar directamente sobre la superficie del suelo, la mayor parte de la energía liberada se disiparía únicamente hacia arriba y hacia los lados. La superficie del suelo reflejaría la mayor parte de la energía dirigida hacia abajo, y el resultado neto sería una onda de impacto o de choque con aproximadamente el doble de fuerza, expandiéndose a partir de un volumen de espacio semi-esférico situado sobre la superficie del terreno, esta situación se puede observar en la siguiente figura.

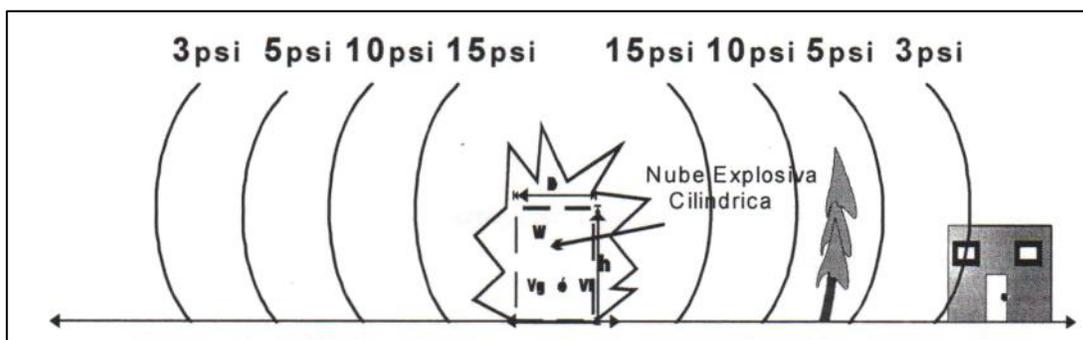


Imagen I.4.2.2.5 Diagrama de los efectos de sobrepresión provocada por ondas expansivas producto de una explosión Recuperado de: Dinámica heurística Peligros de fuego de sustancias químicas

Además de las lesiones personales y pérdidas materiales causadas por la exposición directa a las sobrepresiones máximas, la onda de choque o impacto tiene el potencial para causar impactos indirectos, estos efectos secundarios de las explosiones incluyen:

Fatalidades o lesiones debidas a misiles, fragmentos, y restos en el medio ambiente impulsados por la explosión o por el calor generado.

Fatalidades o lesiones debidas al movimiento violento de las personas expuestas y su impacto subsecuente contra la superficie del terreno, muros u otros objetos estacionarios.

Las lesiones más comunes en las personas debido a misiles y objetos similares, pueden atribuirse a la violenta ruptura de vidrios y al impacto de los pedazos que salen disparados. Los fragmentos pueden incluir pedazos de cualquier contenedor que explote y piezas de estructuras o equipos que se sueltan por la explosión y salen volando. Los restos del ambiente se refieren esencialmente a todo lo demás que haya sido sacado de su lugar. También puede considerarse que la categoría entera abarca situaciones en las que la gente se encuentre enterrada bajo los escombros de edificios colapsados y otras estructuras.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN ENTORNO A LAS INSTALACIONES

II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, se utilizaron los parámetros que se indican a continuación de acuerdo a las especificaciones establecidas por la SEMARNAT para la determinación de las áreas de afectación:

	TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)	EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESIÓN)
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m ² o 1,500 BTU/Pie ² h	1.0 lb/plg ²
Zona de Amortiguamiento	TLV ₈ o TLV ₁₅	1.4 KW/m ² o 440 BTU/Pie ² h	0.5 lb/plg ²

NOTAS:

1). En modelaciones por toxicidad, deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, deberá utilizarse Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s.

2). Para el caso de simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento el 10% de la energía total liberada.

De acuerdo a los resultados, obtenidos por la simulación de eventos utilizando los modelos DE LOS PROGRAMAS SCRI Y ALOHA, se tiene lo siguiente:

RADIOS DE AFECTACIÓN POR FUGA DE GAS L.P.

Las simulaciones para determinar los radios de afectación esperados en caso de una fuga de Gas L.P., se llevaron a cabo de acuerdo al programa SCRI modelos 4.0. En el anexo simulaciones, se presentan los reportes completos, de las corridas, así como los algoritmos de calculo que utiliza el modelo para determinar la dispersión atmosférica del Gas licuado.

La grafica concentración contra distancia, muestra cómo se dispersaría el Gas L.P. en caso de fuga, desde una concentraron inicial hasta una concentración mínima, mientras tanto la gráfica de ISOCONCENTRACION muestra una curva en cuyos puntos la concentración de gas en el ambiente es la misma, con lo cual estamos en posibilidad de determinar las superficies dentro de las cuales, la población estaría expuesta a un nivel IDLH y a un nivel TLV, de 300 ppm y 25 ppm respectivamente.

Se realizaron 2 corridas en el modelo SCRI modelos 4.0 obteniendo como resultado los siguientes radios de afectación:

Escenario 1	
Estabilidad	Estabilidad neutra
Temperatura Ambiente	0° C
Velocidad del viento	6.8 m/s
Altura de medición	3 m
Humedad relativa	79 %
Rugosidad del terreno	1 urbano

GRAFICA DE ISOCONCENTRACIONES

Conc 1 ■

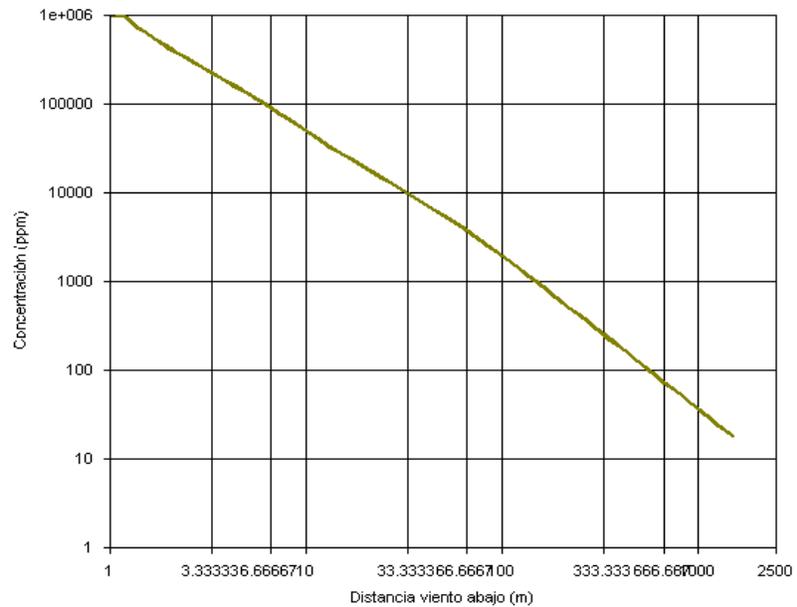
Conc. 1: 3.000 E+02 ppm

Y de exclusión: 19.46 m

Desde: 01.00 m

Hasta: 301.11 m

Dist. Máx: 301.11 m



Conc 2 ■

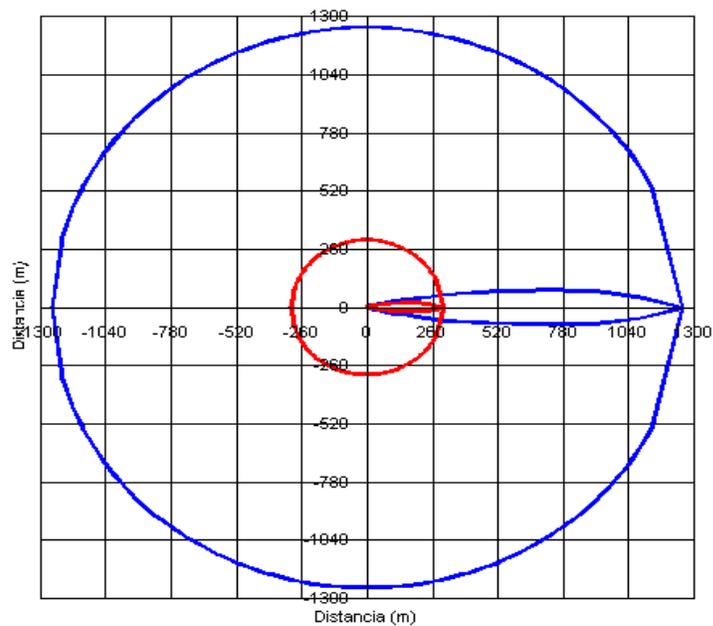
Conc. 2: 2.500 E+01 ppm

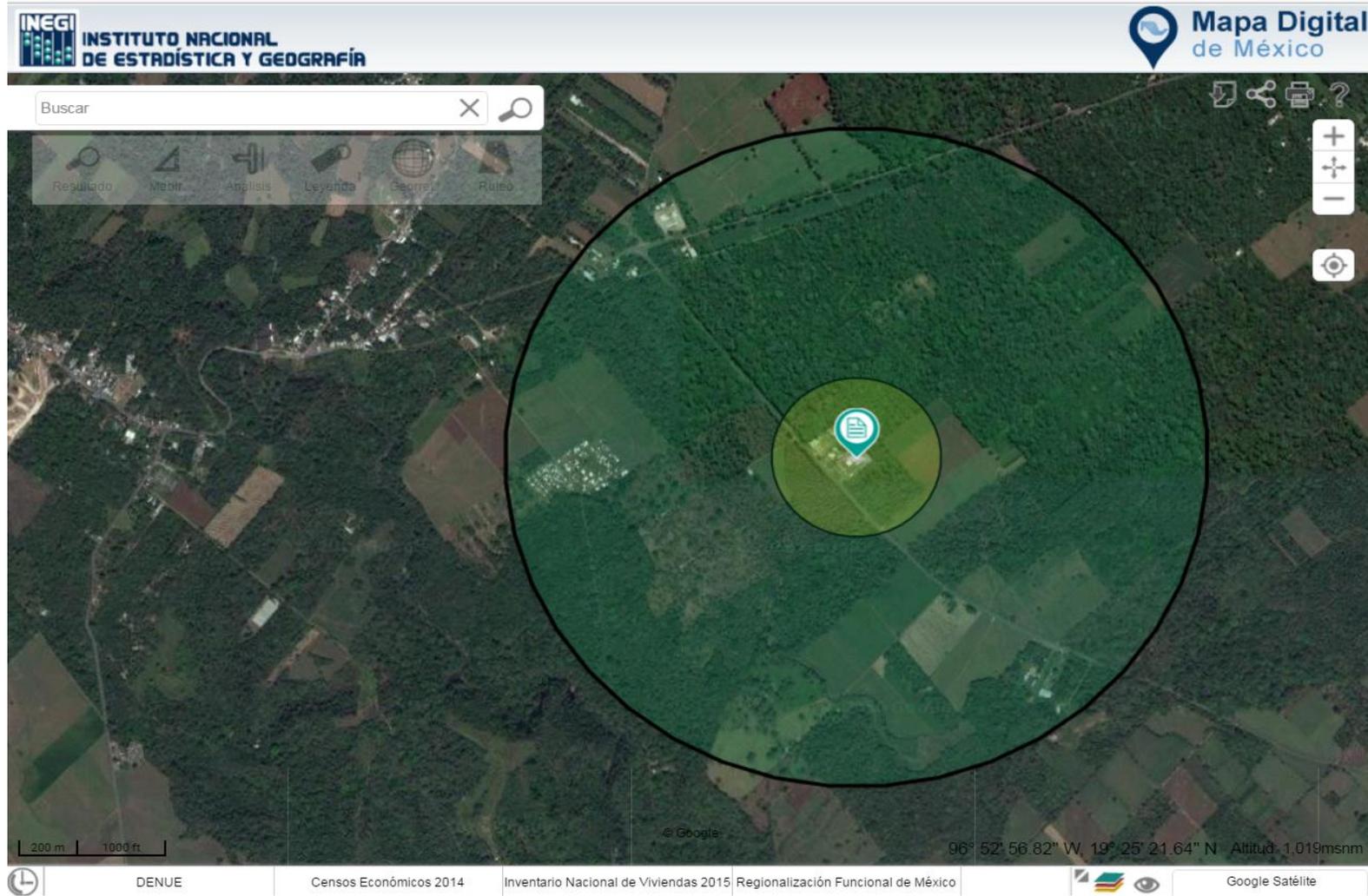
Y de exclusión: 77.02 m

Desde: 01.00 m

Hasta: 1252.64 m

Dist. Máx: 1252.64





Fuga Escenario 1. Zona de Riesgo 301.11 m, Zona de Amortiguamiento 1252.64 m

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

Grupo Ambiental Hábitat Biol. Manuel A. Jiménez Hernández

NÚMERO DE ACREDITACIÓN: UVPROFEPA072 ACREDITADA A PARTIR DE 2005-10-21

Certificados en ISO 9001:2008.



Escenario 2

Estabilidad	Estabilidad neutra
Temperatura Ambiente	20.8° C
Velocidad del viento	1 m/s
Altura de medición	3 m
Humedad relativa	78 %
Rugosidad del terreno	1 urbano

GRAFICA DE ISOCONCENTRACIONES:

Conc 1 ■

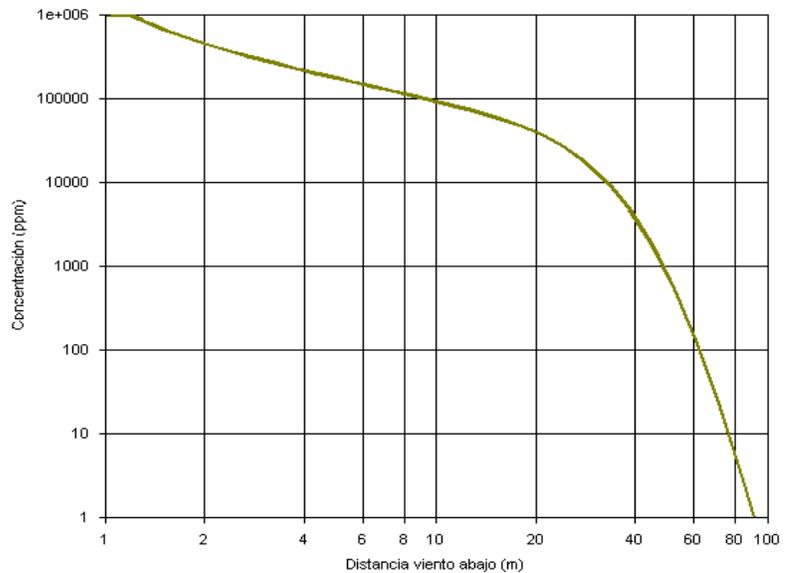
Conc. 1: 3.000 E+02 ppm.

Y de exclusión: 09.82 m.

Desde: 01.00 m.

Hasta: 57.50 m.

Dist. Máx: 57.50 m.



Conc 2 ■
2

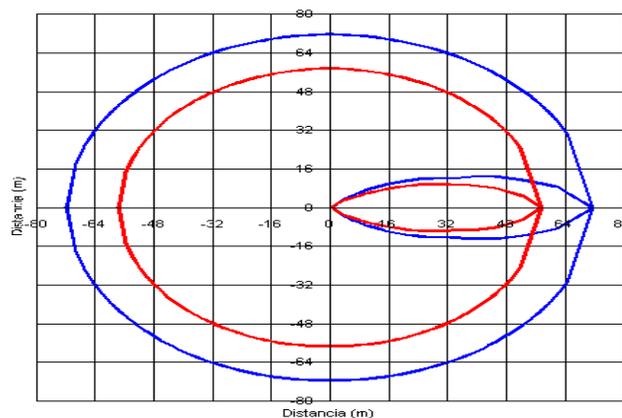
Conc. 2: 2.500 E+01 ppm

Y de exclusión: 13.00 m

Desde: 01.00 m

Hasta: 71.62 m

Dist. Máx: 71.62 m





Fuga Escenario 2. Zona de Riesgo 57.50 m, Zona de Amortiguamiento 71.62 m

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

Grupo Ambiental Hábitat Biol. Manuel A. Jiménez Hernández

NÚMERO DE ACREDITACIÓN: UVPROFEPA072 ACREDITADA A PARTIR DE 2005-10-21

Certificados en ISO 9001:2008.



Escenario 3

Estabilidad.	Ligeramente inestable
Temperatura Ambiente.	38.4º C
Velocidad del viento	7.8 m/s
Altura de medición	3 m
Humedad relativa	74 %
Rugosidad del terreno	1 urbano

GRAFICA DE ISOCONCENTRACIONES:

Conc 1 ■

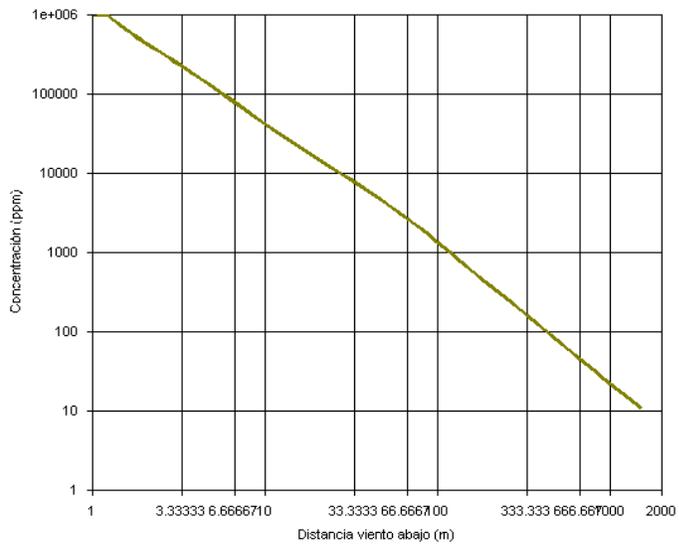
Conc. 1: 3.000 E+02 ppm

Y de exclusión: 18.82 m

Desde: 01.00 m

Hasta: 234.30 m

Dist. Máx: 234.30 m



Conc 2 ■

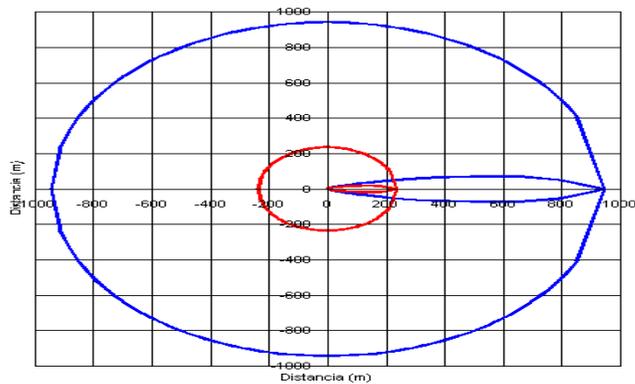
Conc. 2: 2.500 E+01 ppm

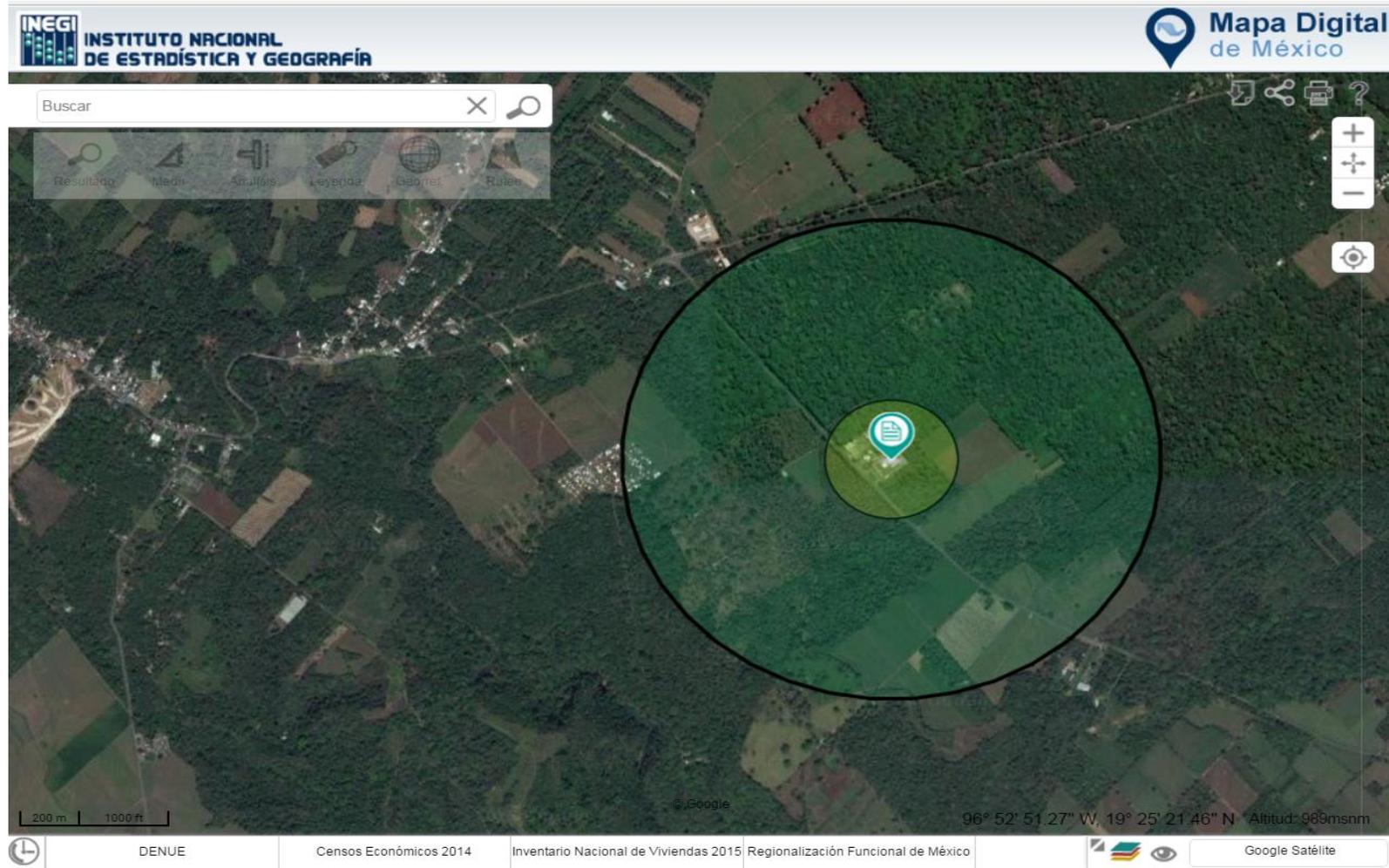
Y de exclusión: 72.07 m

Desde: 01.00 m

Hasta: 947.17 m

Dist. Máx: 947.17 m.





Fuga Escenario 3. Zona de Riesgo 234.30 m, Zona de Amortiguamiento 947.17 m

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

Escenario 4

Estabilidad	Muy inestable
Temperatura Ambiente	20° C
Velocidad del viento	2 m/s
Altura de medición	3 m
Humedad relativa	70 %
Rugosidad del terreno	1 urbano

■

Conc 2

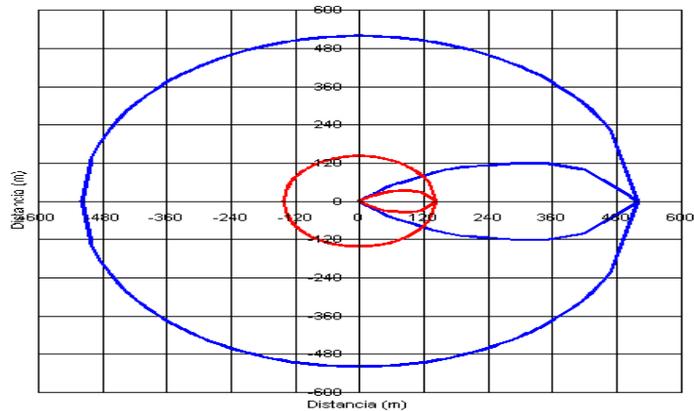
Conc. 2: 2.500 E+01 ppm

Y de exclusión: 121.59 m

Desde: 01.00 m

Hasta: 519.42 m

Dist. Máx: 519.42



GRAFICA DE ISOCONCENTRACIONES

■

Conc 1

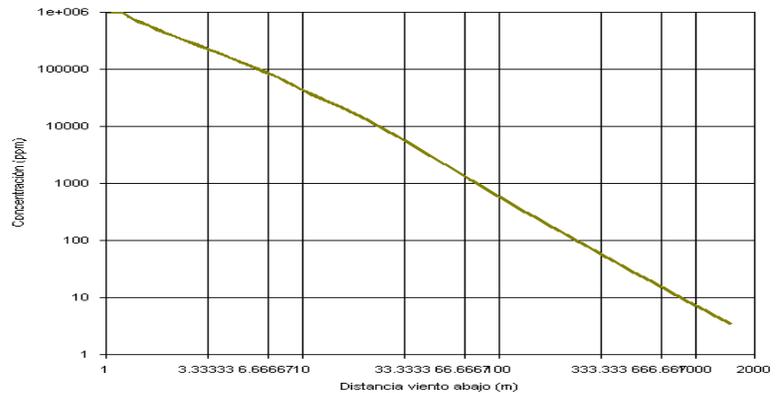
Conc. 1: 3.000 E+02 ppm

Y de exclusión: 34.02 m

Desde: 01.00 m

Hasta: 142.15 m

Dist. Máx: 142.15 m





Fuga Escenario 4. Zona de Riesgo 142.15 m, Zona de Amortiguamiento 519.42

Cambiando al mundo... sin cambiar el planeta.

RADIOS DE AFECTACIÓN POR NUBE EXPLOSIVA Y BLEVE

El peligro de explosión en las instalaciones es latente y puede causar pérdidas materiales y humanas. Por lo general el potencial de daño es mayor que un incendio y menor que una fuga tóxica.

Una explosión se define como un evento en el que se libera energía en un período de tiempo muy corto y en un volumen lo suficientemente pequeño para generar una onda de sobrepresión de amplitud finita viajando desde su origen. La sobrepresión es por tanto el parámetro esencial tomado en cuenta en la elaboración de los análisis de consecuencia de una nube explosiva en las instalaciones de la PLANTA DE GAS L.P. COATEPEC PROPIEDAD DE GAS DEL ATLÁNTICO S.A. DE C.V.

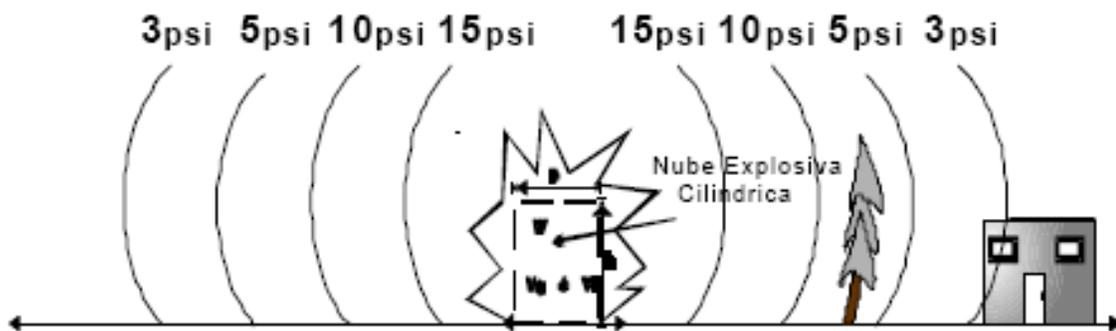
Una onda de sobrepresión sufrirá cambios bruscos en su densidad, temperatura y velocidad de partícula al viajar a través del aire. Esto hace que se generen tensiones al encontrarse con estructuras cercanas, produciendo daños a edificios y a las personas.

Bajo un escenario de Daño Máximo Catastrófico, la magnitud de la fuga se estimó considerando:

- El tamaño de la fuga estará determinado por el contenido del mayor recipiente del proceso o conjunto de recipientes del proceso conectados entre sí. No se tendrá en cuenta la existencia de válvulas automáticas.
- Se considera la destrucción o daños graves de tanques de almacenamientos mayores, como formadores de nubes explosivas catastróficas.
- No se considera como limitante de la formación de una nube, la existencia de fuentes cercanas de ignición.
- Se incluyen los gases y líquidos empleados como combustibles.

Una vez que se produce la explosión, se generan una serie de ondas expansivas circulares, 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 diámetro mayores. El objetivo del modelo es entonces determinar la magnitud de los diámetros asociados a la sobrepresión de las ondas y los daños producidos en instalaciones.

Esquema conceptual de la modelación de daños por ondas de sobrepresión



A continuación se presentan los daños que cabría esperar por las sobrepresiones generadas, en caso de explosión.

Sobrepresión (psig)	DAÑOS ESPERADOS
0.03	Rompimiento ocasional de grandes ventanas ya algo dañadas.
0.04	Un ruido alto (143 dB); estruendo sónico de fallas en vidrio.
0.10	Roturas de ventanas pequeñas bajo tensión.
0.15	Presión típica de fallas en vidrio.
0.30	Algunos daños para techos caseros; 10% de vidrios de ventana rotos.
0.40	Daño estructural menor.
0.50 – 1.0	Ventanas generalmente destrozadas; algunos marcos de ventanas dañados.
0.7	Daños menores para estructuras en casas.
1.0	Demolición parcial de casas; convertidas en inhabitables.

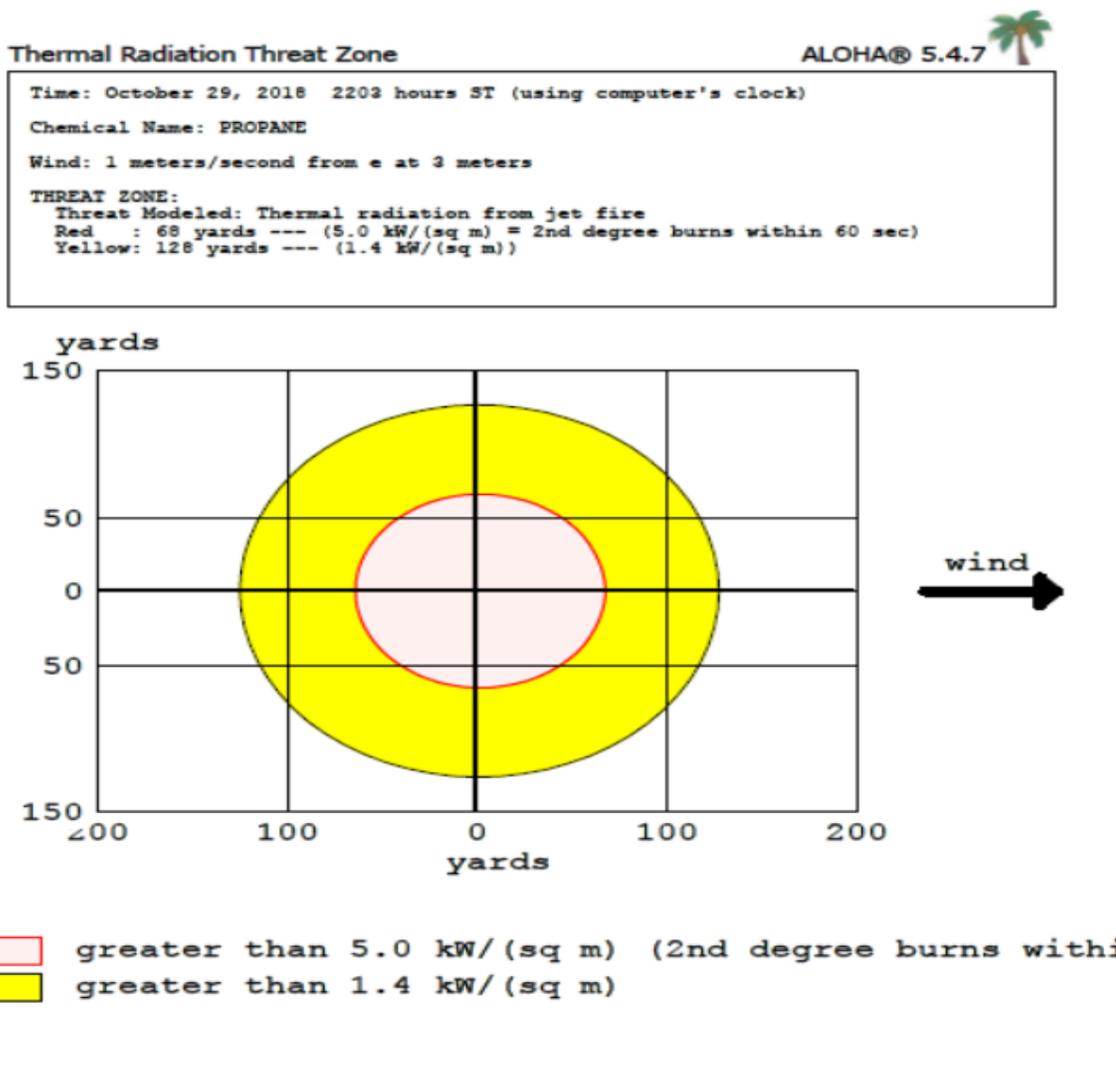
1.0 – 2.0	Paneles de metales acanalados desfasados y doblados.
1.0 – 8.0	Rango de daños ligeros a serios por heridas en la piel causadas por vidrios volando y otros misiles.
1.3	Estructuras de acero de construcciones ligeramente distorsionadas.
2.0	Desplome parcial de paredes y techos de casas.
2.0 – 3.0	Paredes de block recocido ó paredes de concreto no reforzado destrozadas.
2.3	Límite inferior de daño estructural grave.
2.4 – 12.2	Rango de 1-90% de ruptura de tímpano entre la población expuesta.
2.5	50% de destrucción de casas de ladrillo.
3.0	Estructuras de acero de construcciones distorsionadas y extraídas de sus cimientos.
3.0 – 4.0	Edificios de paneles de acero sin marco.
4.0	Cubiertas rotas de edificios industriales ligeros.
5.0	Armazón de madera destrozada.
5.0 – 7.0	Casi completa la destrucción de casas.
7.0	Vagones de tren cargados, volcados.
7.0 – 8.0	Falla de ladrillos no reforzados de 8-12 pulgadas de espesor por corte de las juntas.
9.0	Vagones cerrados de tren con carga demolidos.
10.0	Probable destrucción total de los edificios.
15.5 – 29.0	Rango de 1-99% de fatalidad entre la población expuesta debido a los efectos del choque directo.

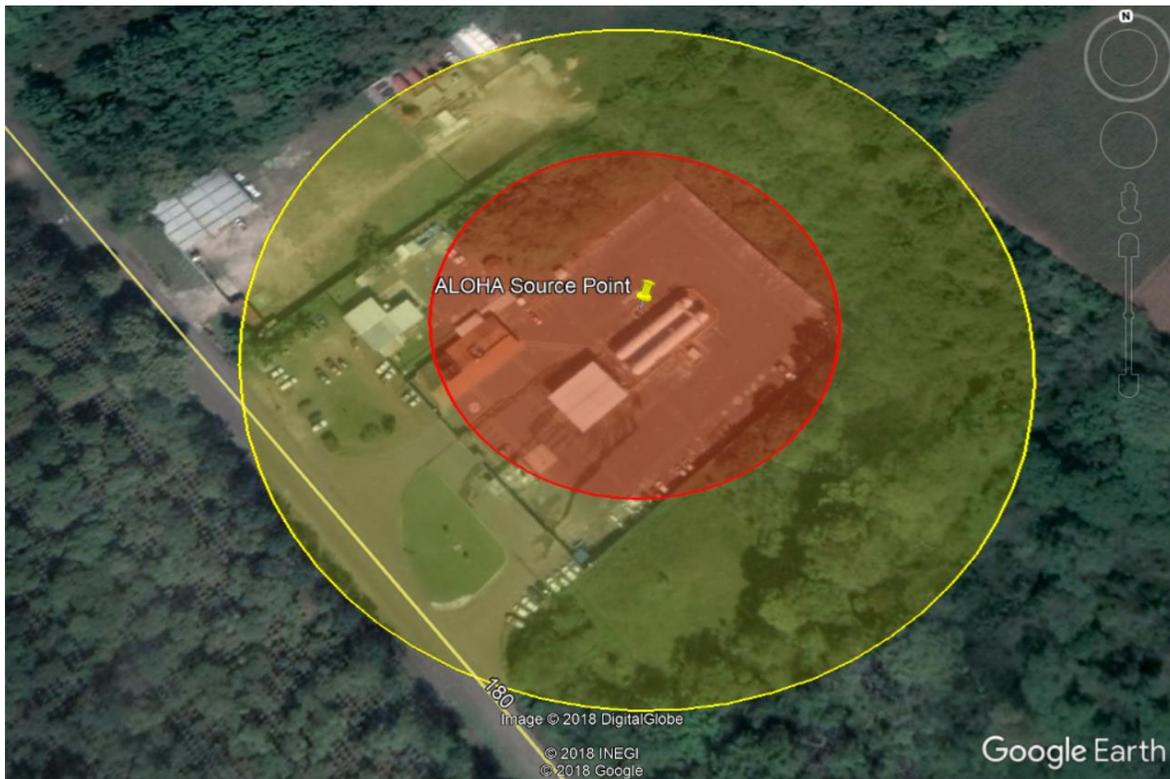
Áreas de Afectación por nubes explosivas originadas por la ignición súbita que ocurre al fugarse el gas l.p., de acuerdo a la jerarquización de los riesgos, aquellos susceptibles de presentarse: Incendio u explosión, derivados de una fuga que entra en contacto con una fuente de calor (chispa, flama, etc.), en las siguientes áreas y bajo las condiciones que se indican a continuación:

- PLANTA DE ALMACENAMIENTO

RIESGOS CON UNA MAYOR PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

Escenario 1	Zona de Alto Riesgo Radio, m	Zona de Amortiguamiento Radio, m
Formación de nube explosiva, al desconectarse la línea de suministro de gas l.p., y no se accionan las válvulas de cierre presentándose una fuente de ignición.	62.1792	117.043



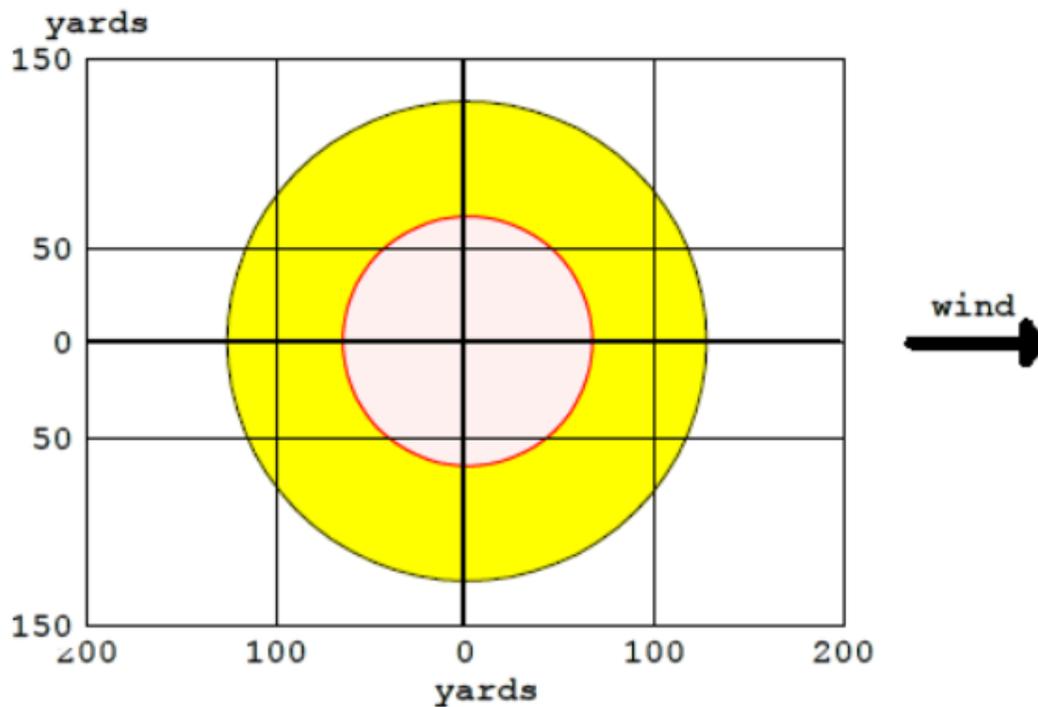


Escenario 2	Zona de Alto Riesgo Radio, m	Zona de Amortiguamiento Radio, m
<p>Formación de nube explosiva, al desconectarse la línea de descarga de gas l.p. a autotanques para distribución final, y no se accionan las válvulas de cierre presentándose una fuente de ignición.</p> <p>(Se aclara que el escenario 2 muestra las mismas condiciones, falla válvula con diámetro de 76 mm, sin embargo el evento es distinto, ya que en el escenario 1 es referente al suministro a tanques de almacenamiento y el escenario 2 es de la descarga a autotanques a distribución final)</p>	<p>62.1792</p>	<p>117.043</p>

Thermal Radiation Threat Zone

ALOHA® 5.4.7 

Time: October 29, 2018 1633 hours ST (using computer's clock)
 Chemical Name: PROPANE
 Wind: 1 meters/second from e at 3 meters
THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : 68 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 128 yards --- (1.4 kW/(sq m))



- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns withi
- greater than 1.4 kW/(sq m)

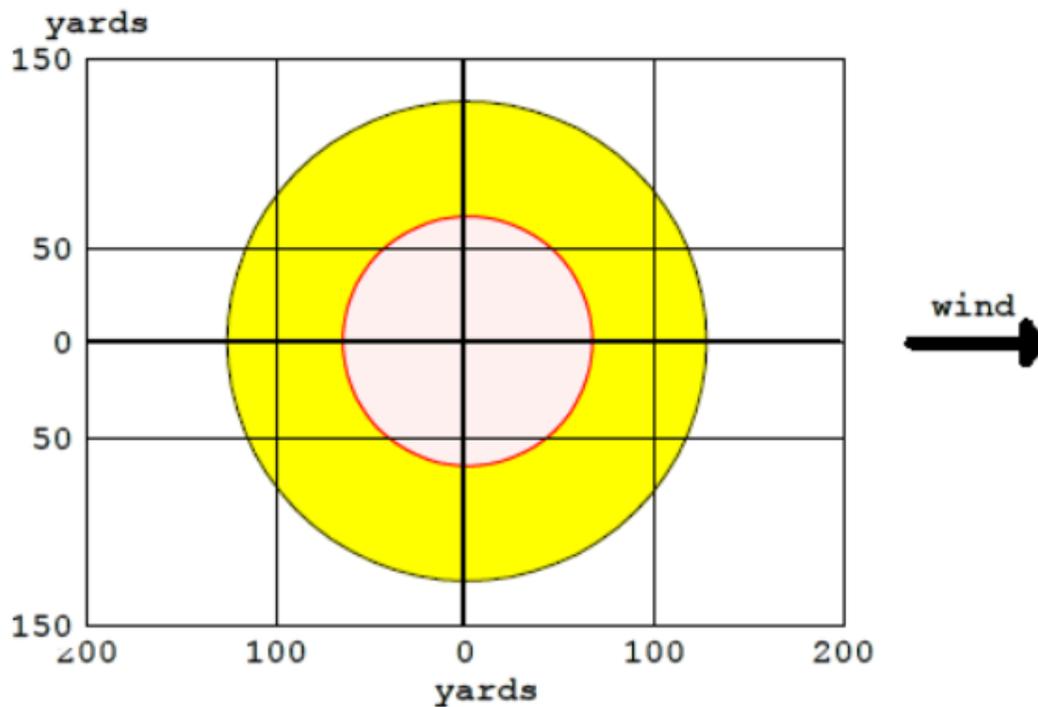


Escenario 3	Zona de Alto Riesgo Radio, m	Zona de Amortiguamiento Radio, m
Formación de nube explosiva, Fuga masiva de gas en la línea de suministro al muelle de llenado, y no se accionan las válvulas de cierre presentándose una fuente de ignición.	62.1792	117.043

Thermal Radiation Threat Zone

ALOHA® 5.4.7 

Time: October 29, 2018 1633 hours ST (using computer's clock)
 Chemical Name: PROPANE
 Wind: 1 meters/second from e at 3 meters
 THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : 68 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 128 yards --- (1.4 kW/(sq m))



- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns withi
- greater than 1.4 kW/(sq m)



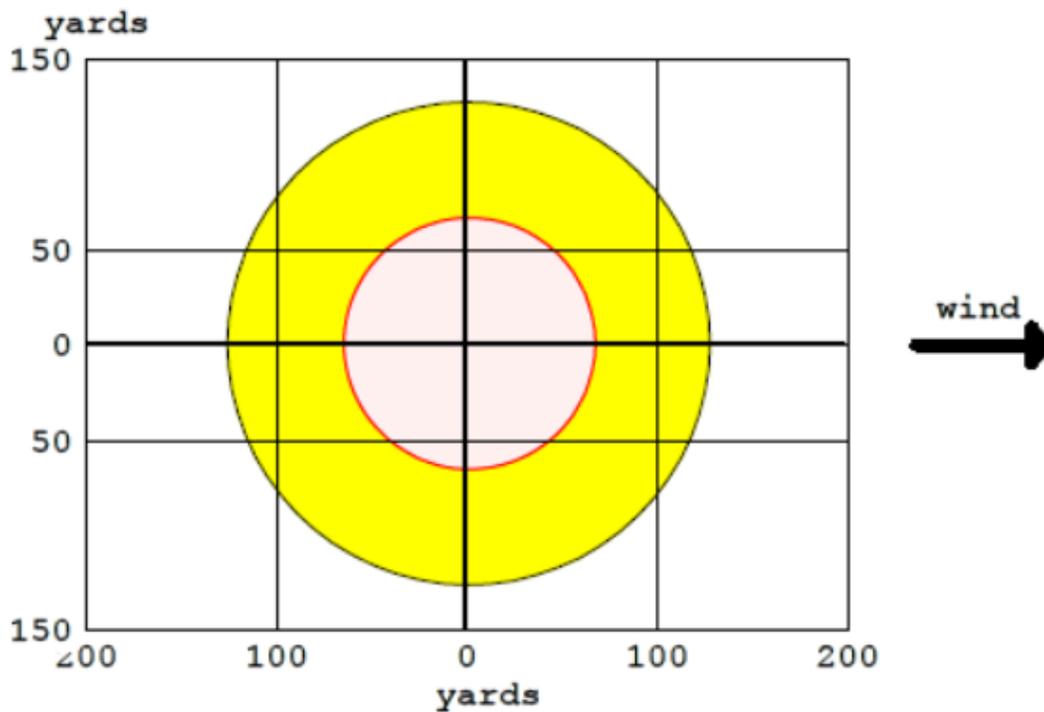
EVENTOS MÁXIMOS CATASTRÓFICOS CON BAJA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

Escenario 4	Zona de Alto Riesgo Radio, m	Zona de Amortiguamiento Radio, m
Formación de nube explosiva, por fuga masiva a través de una válvula de seguridad de un tanque de almacenamiento	62.1792	117.043

Thermal Radiation Threat Zone

ALOHA® 5.4.7 

Time: October 29, 2018 1633 hours ST (using computer's clock)
 Chemical Name: PROPANE
 Wind: 1 meters/second from e at 3 meters
 THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : 68 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 128 yards --- (1.4 kW/(sq m))



- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns withi
- greater than 1.4 kW/(sq m)



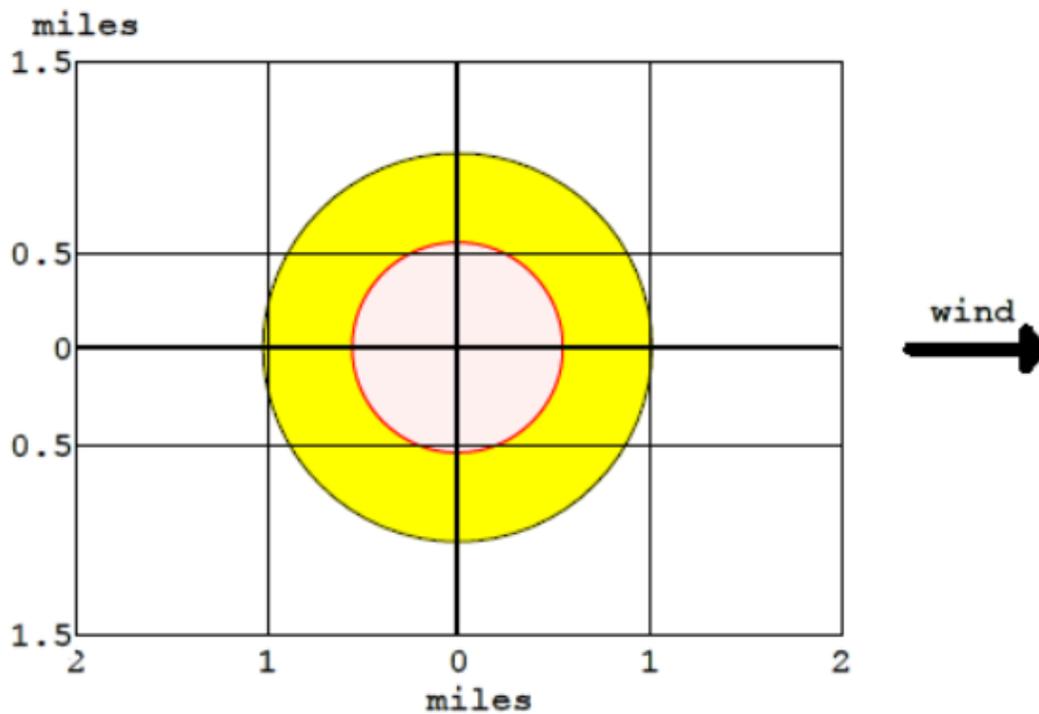
Escenario 5	Zona de Alto Riesgo Radio, m	Zona de Amortiguamiento Radio, m
Bleve: Formación de nube explosiva, por fuga masiva por colapso de un tanque de almacenamiento fijo en presencia de fuentes de ignición. Afectando directamente al recipiente contiguo, esto es nube explosiva en los dos tanques estando al 90 % de su capacidad	886.968	1609.34

Thermal Radiation Threat Zone

ALOHA® 5.4.7



Time: October 29, 2018 1633 hours ST (using computer's clock)
Chemical Name: PROPANE
Wind: 1 meters/second from e at 3 meters
THREAT ZONE:
Threat Modeled: Thermal radiation from fireball
Red : 970 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 1.0 miles --- (1.4 kW/(sq m))



- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns within 60 sec)
- greater than 1.4 kW/(sq m)

Text Summary

ALOHA® 5.4.7



SITE DATA:
Location: COATEPEC, MEXICO
Building Air Exchanges Per Hour: 0.29 (unsheltered single storied)
Time: October 29, 2018 1623 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: PROPANE
CAS Number: 74-98-6
Molecular Weight: 44.10 g/mol
AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 23000 ppm
IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm
Ambient Boiling Point: -48.8° F
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 1 meters/second from e at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 24° C Stability Class: B
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank
Tank Diameter: 3.38 meters Tank Length: 29.84 meters
Tank Volume: 268 cubic meters
Tank contains liquid
Internal Storage Temperature: 24° C
Chemical Mass in Tank: 119,238 kilograms
Tank is 90% full
Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%
Fireball Diameter: 312 yards Burn Duration: 17 seconds

THREAT ZONE:
Threat Modeled: Thermal radiation from fireball
Red : 970 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 1.0 miles --- (1.4 kW/(sq m))

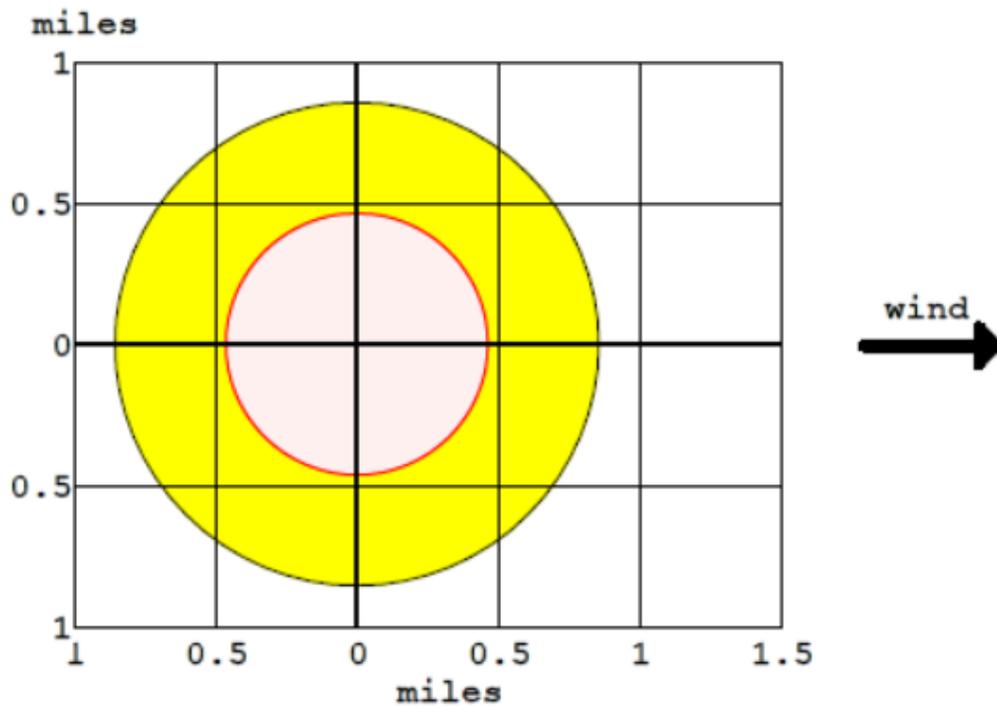


Escenario 6	Zona de Alto Riesgo Radio, m	Zona de Amortiguamiento Radio, m
<p>Bleve: Formación de nube explosiva, por fuga masiva por colapso de un tanque de almacenamiento fijo en presencia de fuentes de ignición. Afectando directamente al recipiente contiguo, esto es nube explosiva en los dos tanques estando al 50 % de su capacidad. A una presión superior a la de alivio.</p>	<p>744.32</p>	<p>1375.258</p>

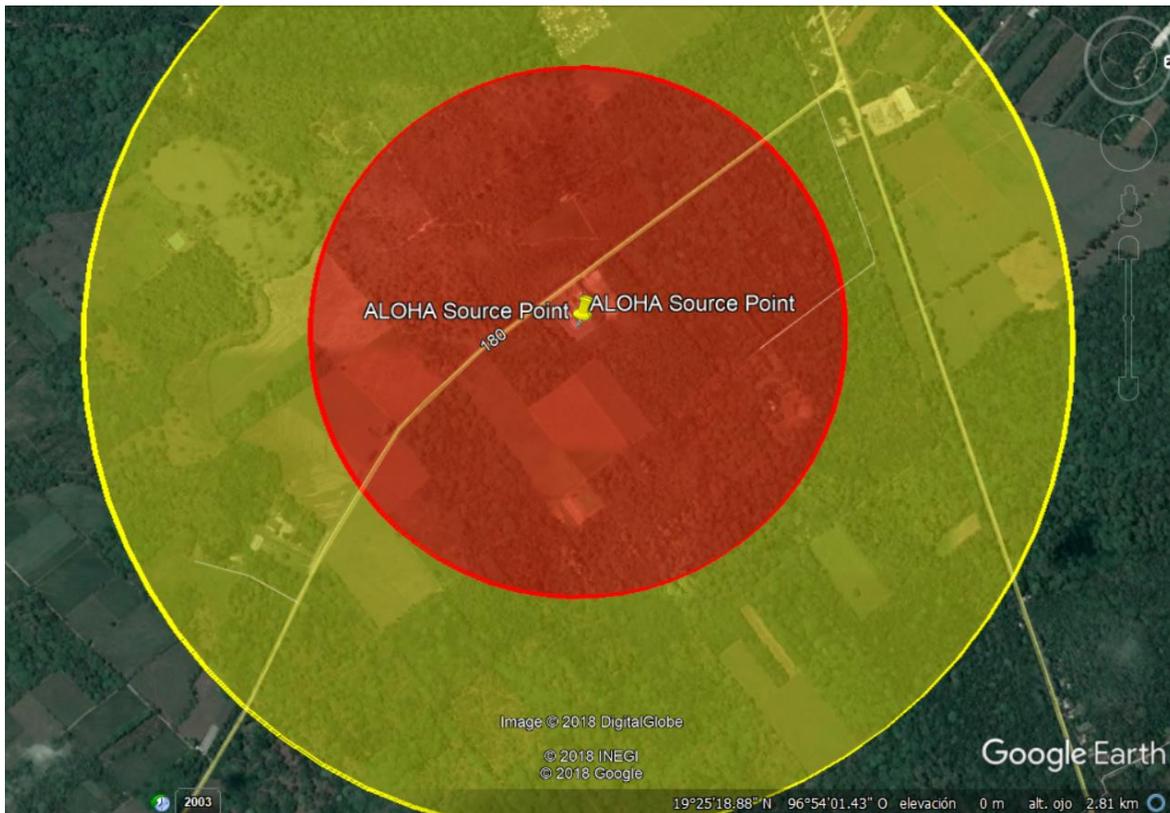
Thermal Radiation Threat Zone

ALOHA® 5.4.7 

Time: October 29, 2018 1633 hours ST (using computer's clock)
 Chemical Name: PROPANE
 Wind: 1 meters/second from e at 3 meters
 THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from fireball
 Red : 814 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 1504 yards --- (1.4 kW/(sq m))



- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns withi
- greater than 1.4 kW/(sq m)

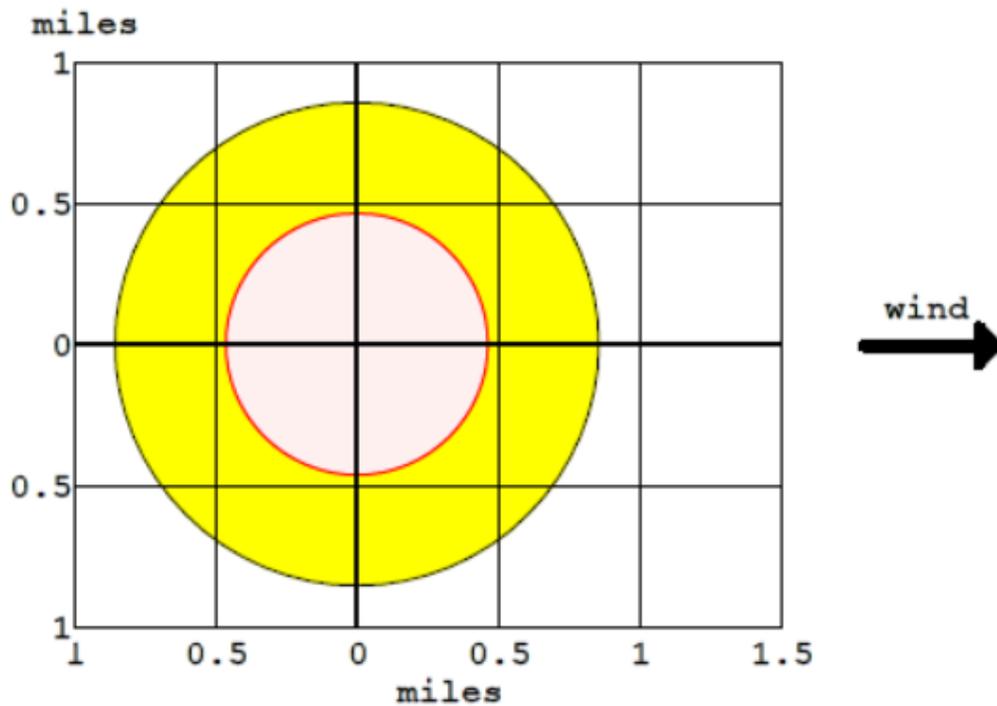


Escenario 7	Zona de Alto Riesgo Radio, m	Zona de Amortiguamiento Radio, m
Bleve: Fuga masiva por colapso de un tanque de almacenamiento fijo en presencia de fuentes de ignición. Afectando directamente al recipiente contiguo, esto es nube explosiva en los dos tanques estando al 50 % de su capacidad. A una presión inferior a la de alivio.	744.32	1375.258

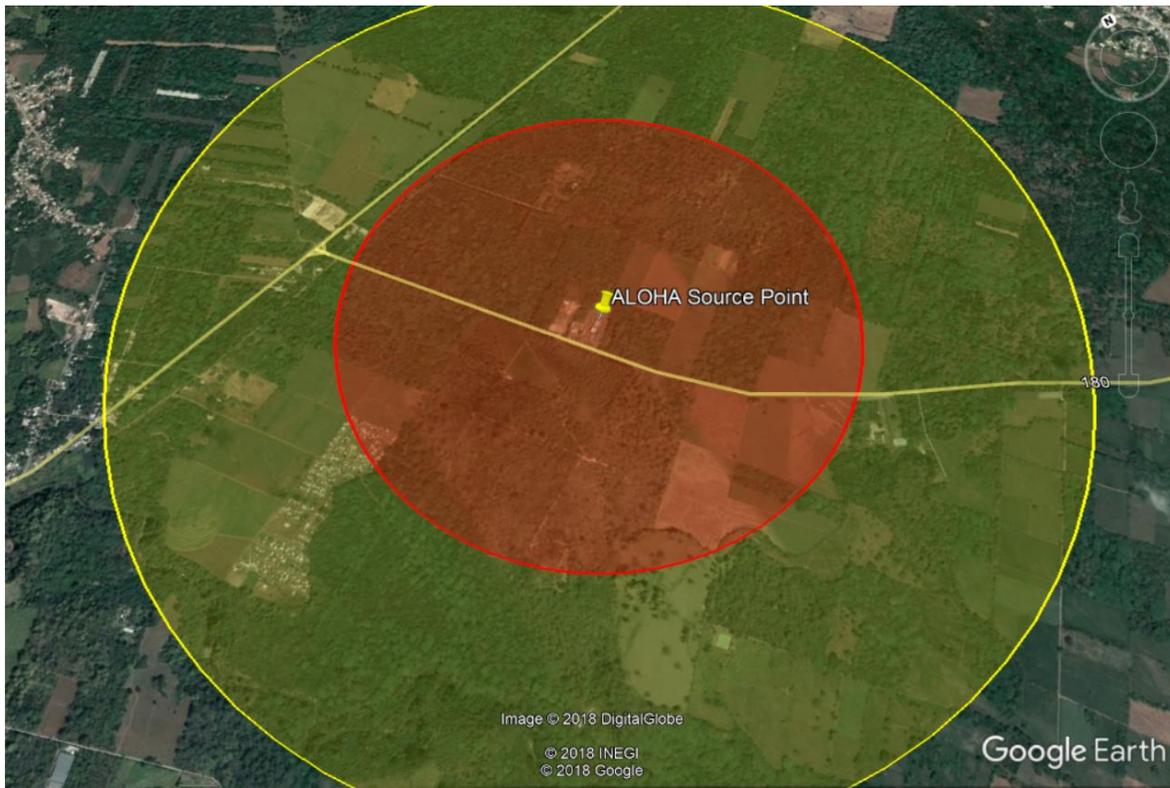
Thermal Radiation Threat Zone

ALOHA® 5.4.7 

Time: October 29, 2018 1633 hours ST (using computer's clock)
 Chemical Name: PROPANE
 Wind: 1 meters/second from e at 3 meters
 THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from fireball
 Red : 814 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 1504 yards --- (1.4 kW/(sq m))

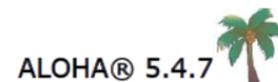


- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns withi
- greater than 1.4 kW/(sq m)



Escenario 8	Zona de Alto Riesgo Radio, m	Zona de Amortiguamiento Radio, m
BLEVE: Fuga masiva por colapso de un autotankue por sobrepresión en presencia de fuentes de ignición.	494.69	915.3144

Thermal Radiation Threat Zone

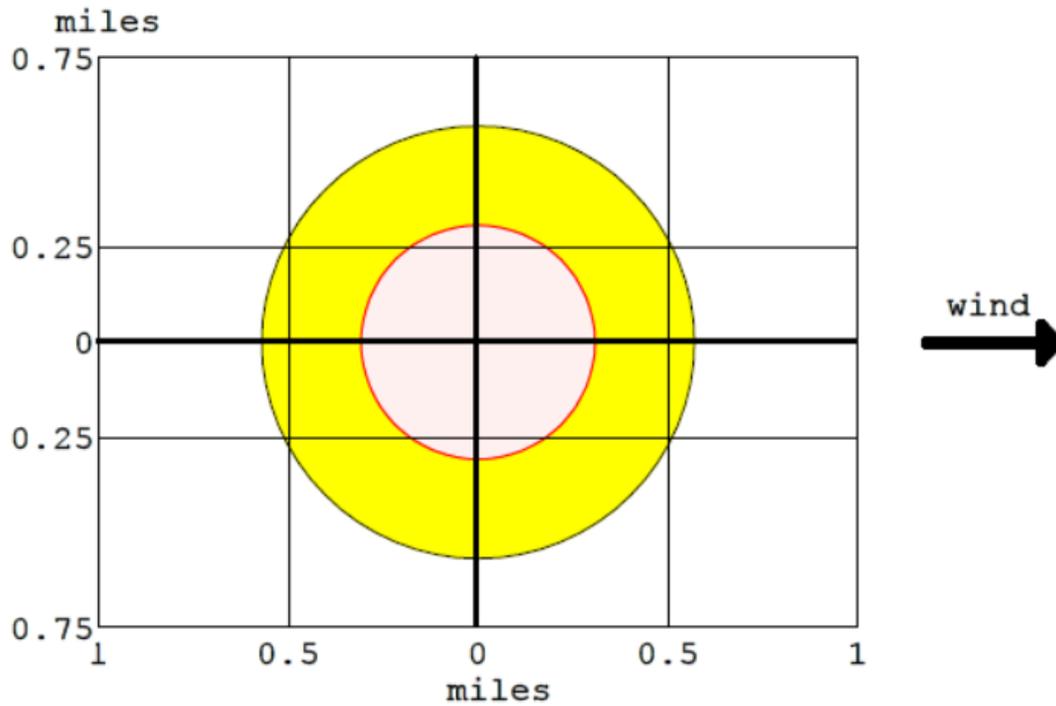


Time: October 29, 2018 1633 hours ST (using computer's clock)

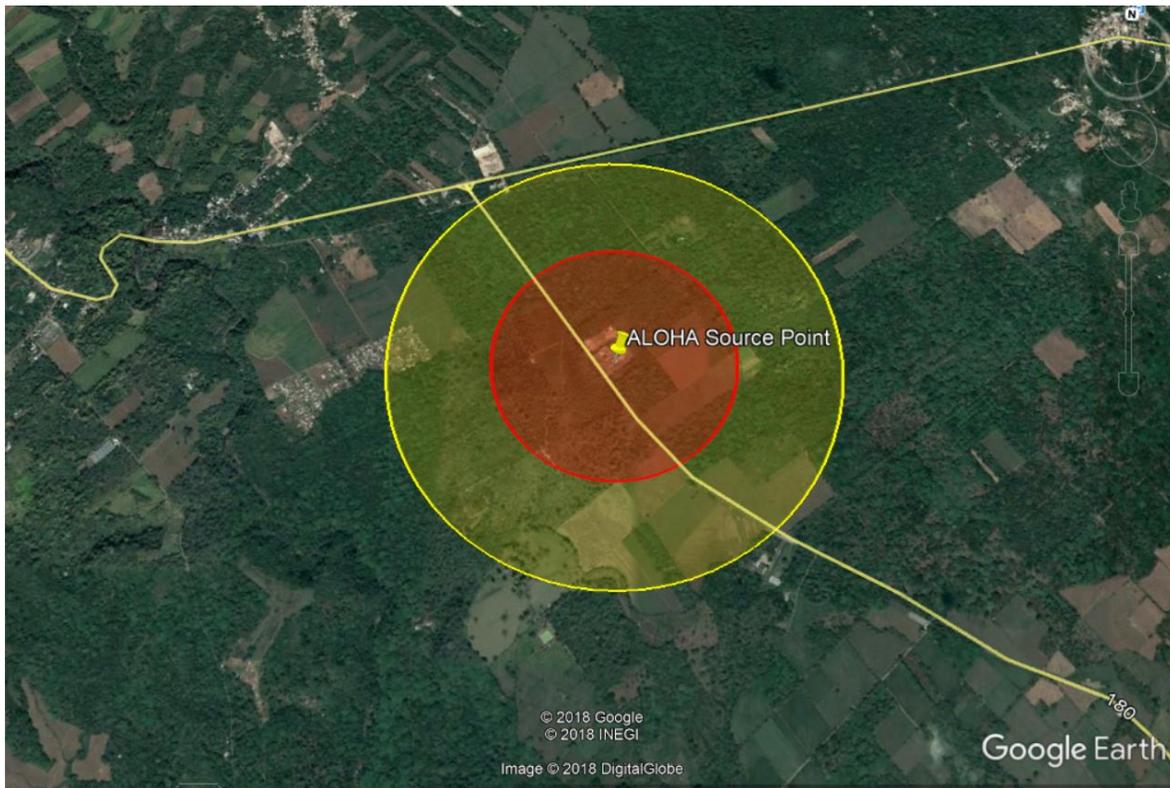
Chemical Name: PROPANE

Wind: 1 meters/second from e at 3 meters

THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from fireball
 Red : 541 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 1001 yards --- (1.4 kW/(sq m))



-  greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns withi
-  greater than 1.4 kW/(sq m)

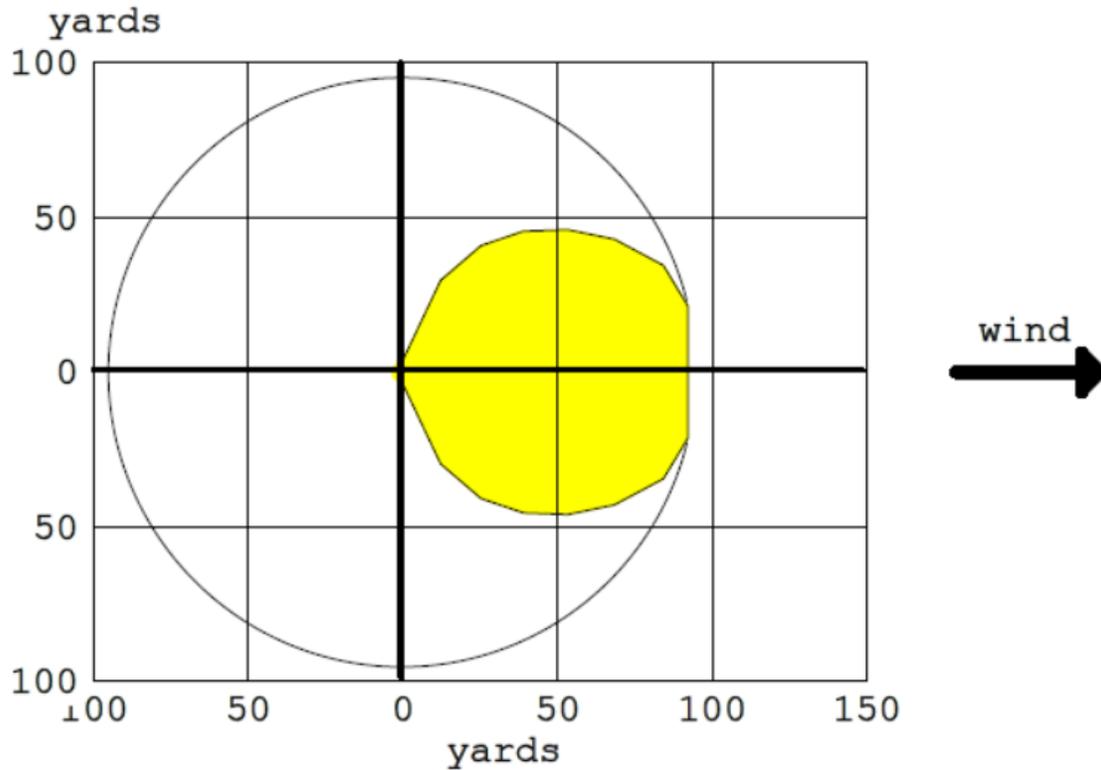


Escenario 9	Zona de Alto Riesgo Radio, m	Zona de Amortiguamiento Radio, m
Nube explosiva por colapso de cilindro portátil.	48.4632	85.0392

Toxic Threat Zone



Time: October 29, 2018 1633 hours ST (using computer's clock)
 Chemical Name: PROPANE
 Wind: 1 meters/second from e at 3 meters
THREAT ZONE:
 Model Run: Heavy Gas
 Red : 53 yards --- (2100 ppm = IDLH)
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.
 Yellow: 93 yards --- (800 ppm)



-  greater than 2100 ppm (IDLH) (not drawn)
-  greater than 800 ppm
-  wind direction confidence lines



- ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

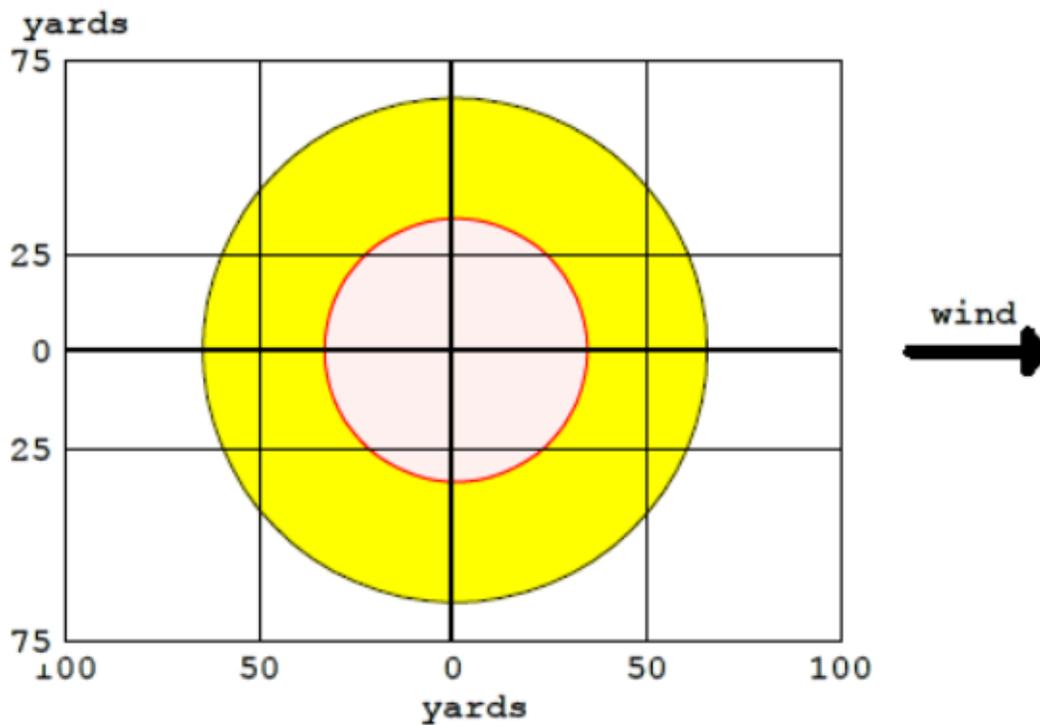
RIESGOS CON UNA MAYOR PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

Escenario 1	Zona de Alto Riesgo Radio, m	Zona de Amortiguamiento Radio, m
Formación de nube explosiva, al desconectarse la línea de suministro de gas l.p., y no se accionan las válvulas de cierre presentándose una fuente de ignición.	32.00	60.3504

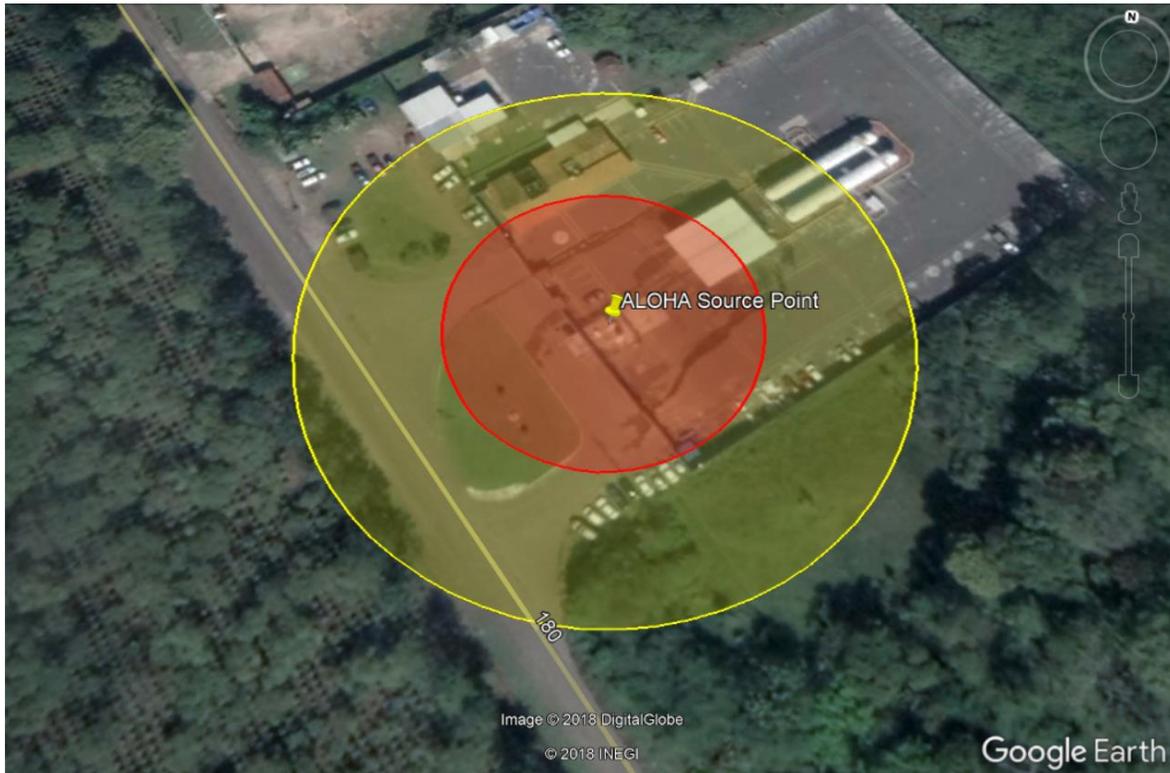
Thermal Radiation Threat Zone

ALOHA® 5.4.7 

Time: October 29, 2018 2203 hours ST (using computer's clock)
 Chemical Name: PROPANE
 Wind: 1 meters/second from e at 3 meters
 THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : 35 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 66 yards --- (1.4 kW/(sq m))



- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns within 60 sec)
- greater than 1.4 kW/(sq m)



Escenario 2	Zona de Alto Riesgo Radio, m	Zona de Amortiguamiento Radio, m
Formación de nube explosiva, al desconectarse la línea de descarga de gas l.p., y no se accionan las válvulas de cierre presentándose una fuente de ignición.	9.96696	9.96696

Thermal Radiation Threat Zone

ALOHA® 5.4.7



Time: October 29, 2018 1633 hours ST (using computer's clock)
 Chemical Name: PROPANE
 Wind: 1 meters/second from e at 3 meters
 THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : less than 10 meters (10.9 yards) --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: less than 10 meters (10.9 yards) --- (1.4 kW/(sq m))

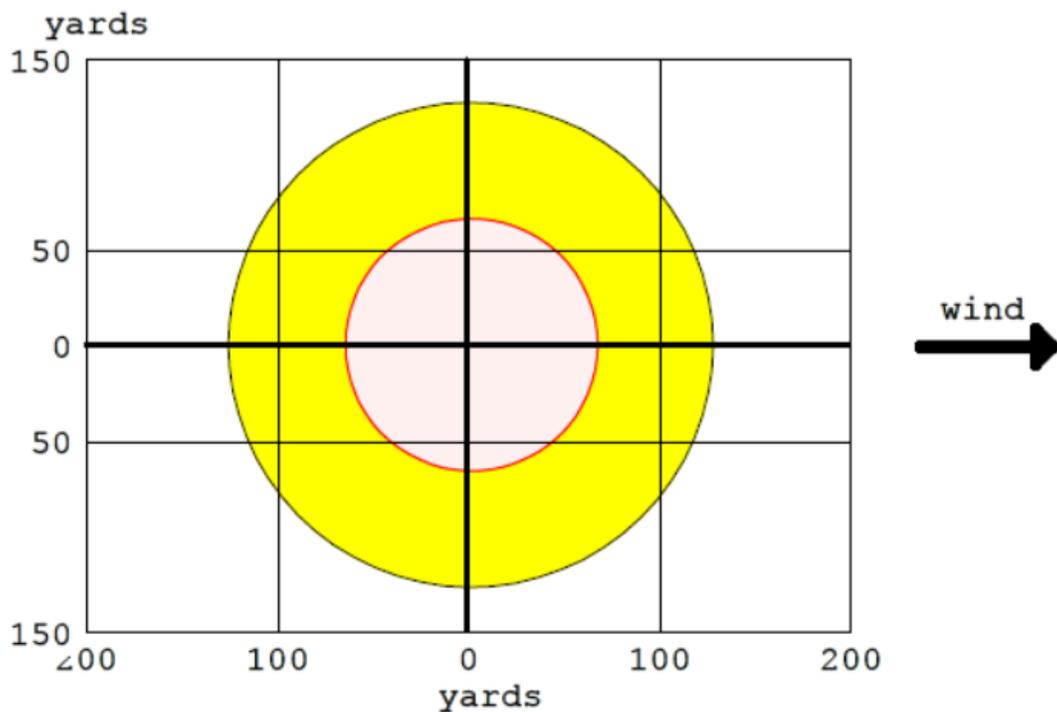
Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : less than 10 meters (10.9 yards) --- (5.0 kW,
 Yellow: less than 10 meters (10.9 yards) --- (1.4 kW,

Escenario 3	Zona de Alto Riesgo Radio, m	Zona de Amortiguamiento Radio, m
Formación de nube explosiva, Fuga masiva de gas en la línea de suministro al muelle de llenado, y no se accionan las válvulas de cierre presentándose una fuente de ignición.	62	117.043

Thermal Radiation Threat Zone

ALOHA® 5.4.7 

Time: October 29, 2018 1633 hours ST (using computer's clock)
 Chemical Name: PROPANE
 Wind: 1 meters/second from e at 3 meters
 THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : 68 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 128 yards --- (1.4 kW/(sq m))



 greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns withi
 greater than 1.4 kW/(sq m)

EVENTOS MÁXIMOS CATASTRÓFICOS CON BAJA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA



Escenario 4	Zona de Alto Riesgo Radio, m	Zona de Amortiguamiento Radio, m
Formación de nube explosiva, por fuga masiva a través de una válvula de seguridad de un tanque de almacenamiento	19.2024	48.4632

Flammable Threat Zone

ALOHA® 5.4.7 

```

Time: October 29, 2018 1633 hours ST (using computer's clock)

Chemical Name: PROPANE

Wind: 1 meters/second from e at 3 meters

THREAT ZONE:
Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
Model Run: Heavy Gas
Red : 21 yards --- (12600 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
      make dispersion predictions less reliable for short distances.
Yellow: 53 yards --- (2100 ppm = 10% LEL)
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
      make dispersion predictions less reliable for short distances.
    
```

```

Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
Model Run: Heavy Gas
Red : 21 yards --- (12600 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
      make dispersion predictions less reliable for short distances.
Yellow: 53 yards --- (2100 ppm = 10% LEL)
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
      make dispersion predictions less reliable for short distances.
    
```

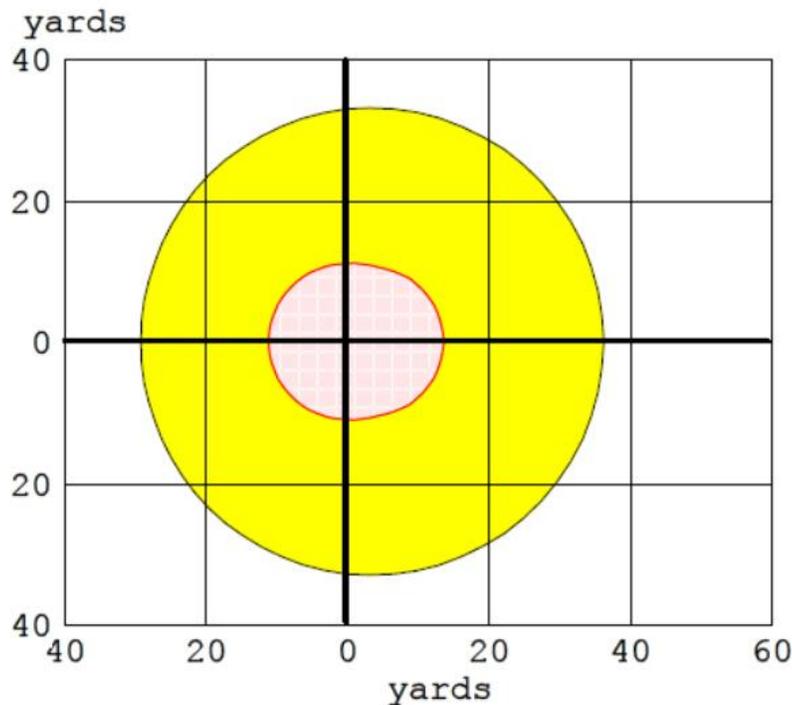
Escenario 5	Zona de Alto Riesgo Radio, m	Zona de Amortiguamiento Radio, m
Bleve: Formación de nube explosiva, por fuga masiva por colapso de un tanque de almacenamiento fijo en presencia de fuentes de ignición. Afectando directamente al recipiente contiguo, esto es nube explosiva en los dos tanques estando al 90 % de su capacidad	12.8016	32.9184

Thermal Radiation Threat Zone

ALOHA® 5.4.7



Time: October 29, 2018 1633 hours ST (using computer's clock)
 Chemical Name: PROPANE
 Wind: 1 meters/second from e at 3 meters
 THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : 14 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 36 yards --- (1.4 kW/(sq m))



- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns within 60 sec)
- greater than 1.4 kW/(sq m)

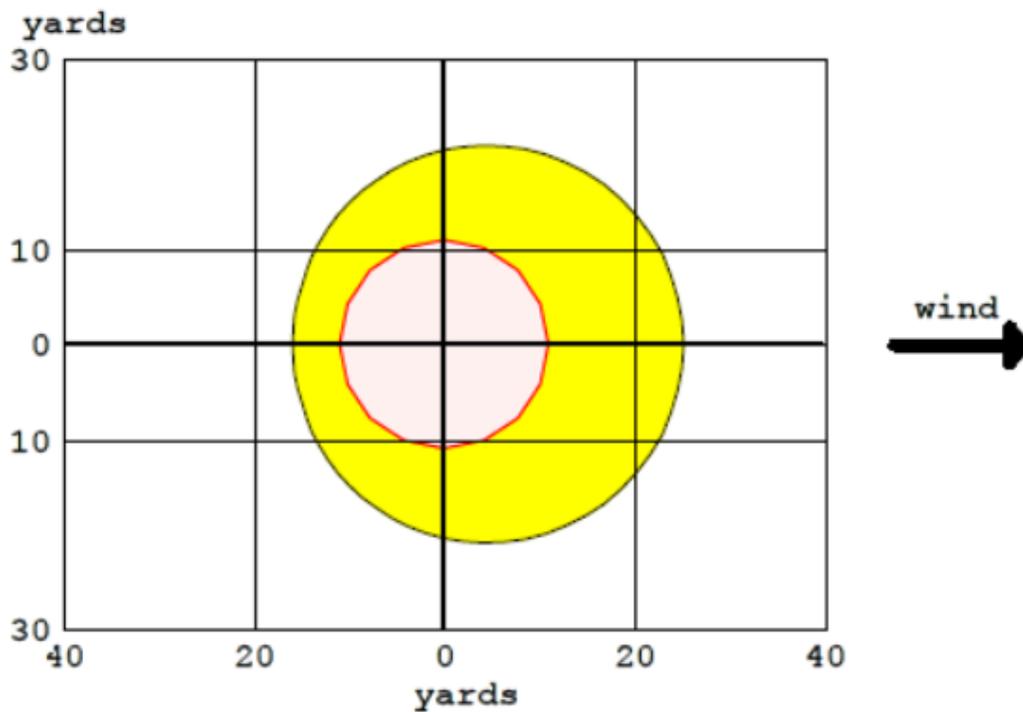


Escenario 6	Zona de Alto Riesgo Radio, m	Zona de Amortiguamiento Radio, m
Formación de nube explosiva, por fuga masiva por colapso de un tanque de almacenamiento fijo en presencia de fuentes de ignición. Afectando directamente al recipiente contiguo, esto es nube explosiva en los dos tanques estando al 50 % de su capacidad. A una presión superior a la de alivio.	10.0584	21.0312

Thermal Radiation Threat Zone

ALOHA® 5.4.7 

Time: October 29, 2018 1633 hours ST (using computer's clock)
 Chemical Name: PROPANE
 Wind: 1 meters/second from e at 3 meters
 THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : 11 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 25 yards --- (1.4 kW/(sq m))



- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns withi
- greater than 1.4 kW/(sq m)

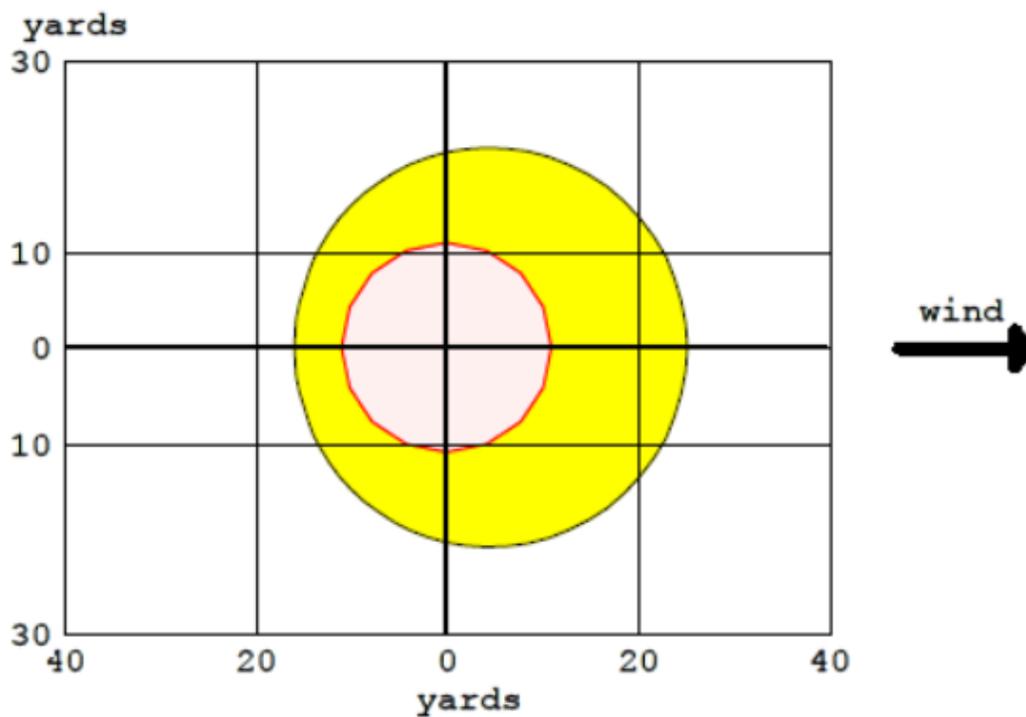


Escenario 7	Zona de Alto Riesgo Radio, m	Zona de Amortiguamiento Radio, m
<p>Bleve: Fuga masiva por colapso de un tanque de almacenamiento fijo en presencia de fuentes de ignición. Afectando directamente al recipiente contiguo, esto es nube explosiva en los dos tanques estando al 50 % de su capacidad. A una presión inferior a la de alivio.</p>	<p>10.0584</p>	<p>21.0312</p>

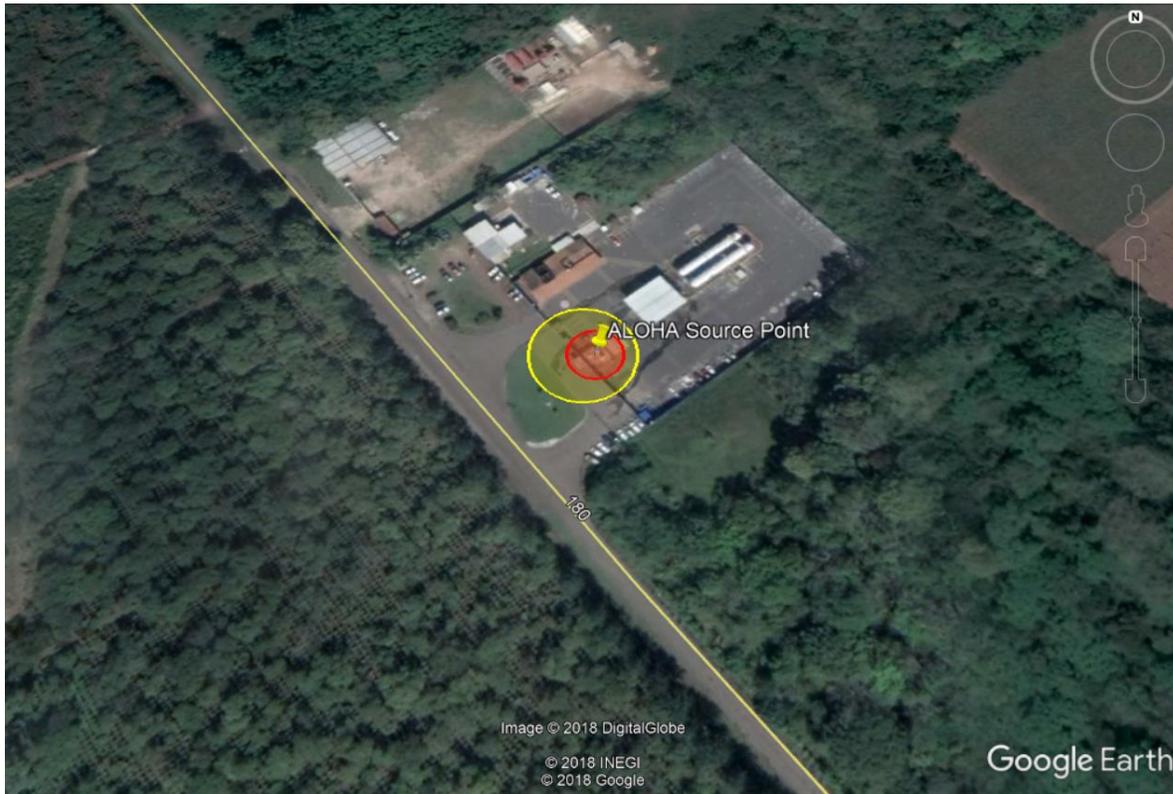
Thermal Radiation Threat Zone

ALOHA® 5.4.7 

Time: October 29, 2018 1632 hours ST (using computer's clock)
 Chemical Name: PROPANE
 Wind: 1 meters/second from e at 3 meters
 THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : 11 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 25 yards --- (1.4 kW/(sq m))



- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns withi
- greater than 1.4 kW/(sq m)



Áreas de Afectación por radiación térmica por jet fire al presentarse un incendio de gas l.p. en:

Los efectos que este suceso originaría serían los causados en el entorno por el calor generado e irradiado desde el dardo.

Para la modelación de los radios de afectación que generaría la aparición del dardo de fuego se ha utilizado el modelo de ALOHA 5.4.4 propuesto por la EPA, el cual se mencionó anteriormente en este estudio. Este modelo calcula la radiación superficial emitida por dicho el jetfire considerado como cuerpo sólido.

A partir de la radiación superficial emitida desde el jetfire, se determinaron tres distancias que delimitan zonas de peligrosidad de la radiación emitida por el dardo:

Red Threat Zone: delimita la zona alrededor del dardo de fuego sometida a una radiación de 2 kW/ m^2 en la cual se considera "pain witin" (dolor o sufrimiento).

Orange Threat Zone: delimita la zona alrededor del dardo de fuego sometida a una radiación térmica de 5 kW/ m².y capaz de provocar quemaduras de segundo grado por una exposición por 60 seg.

Yellow Threat Zone: se refiere a la zona donde se genera una radiación térmica de 2 kW/m² capaz de causar dolor al exponerse durante un periodo de 60 segundos.

Threat = amenaza.

El modelo calcula las dimensiones físicas del dardo de fuego y la radiación térmica que sufriría un receptor (personal o equipos) a una distancia determinada. Dicho de otro modo, la distancia a la cual un objeto está expuesto a una determinada radiación térmica.

Cabe mencionar que las distancias calculadas representan la hipótesis más grave posible dentro del supuesto incidental, no teniéndose en cuenta la dirección hacia la que está orientado el dardo. Estas distancias se dan como radios desde el lugar de la fuga, quedando incluidos dentro de las distintas zonas de peligro, lugares no afectados por la radiación prevista por el modelo.

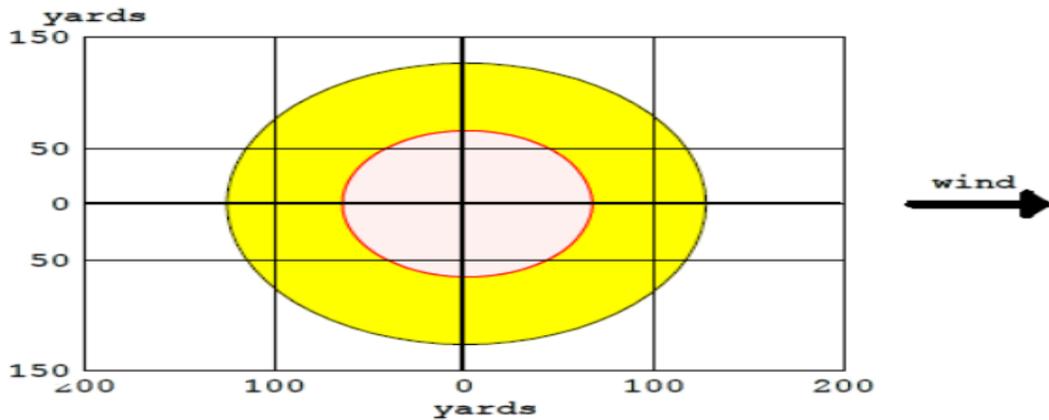
PLANTA DE ALMACENAMIENTO Y ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

Evento 1	Zona de Alto Riesgo Distancia, m	Zona de Amortiguamiento Distancia, m
Incendio en la suministro de gas l.p., al fugarse el energético y existir una fuente de ignición.	62.1792	117.043

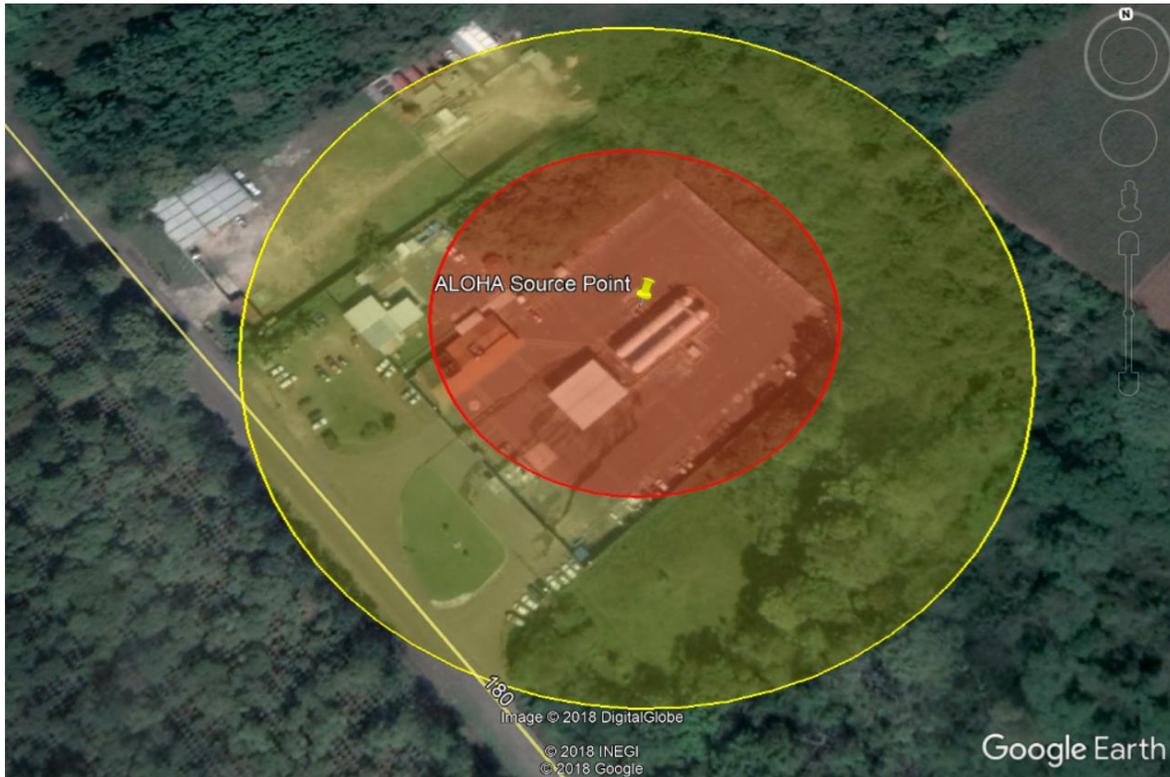
Thermal Radiation Threat Zone ALOHA® 5.4.7 

Time: October 29, 2018 2203 hours ST (using computer's clock)
 Chemical Name: PROPANE
 Wind: 1 meters/second from e at 3 meters

THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : 68 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 128 yards --- (1.4 kW/(sq m))



 greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns within 60 sec)
 greater than 1.4 kW/(sq m)

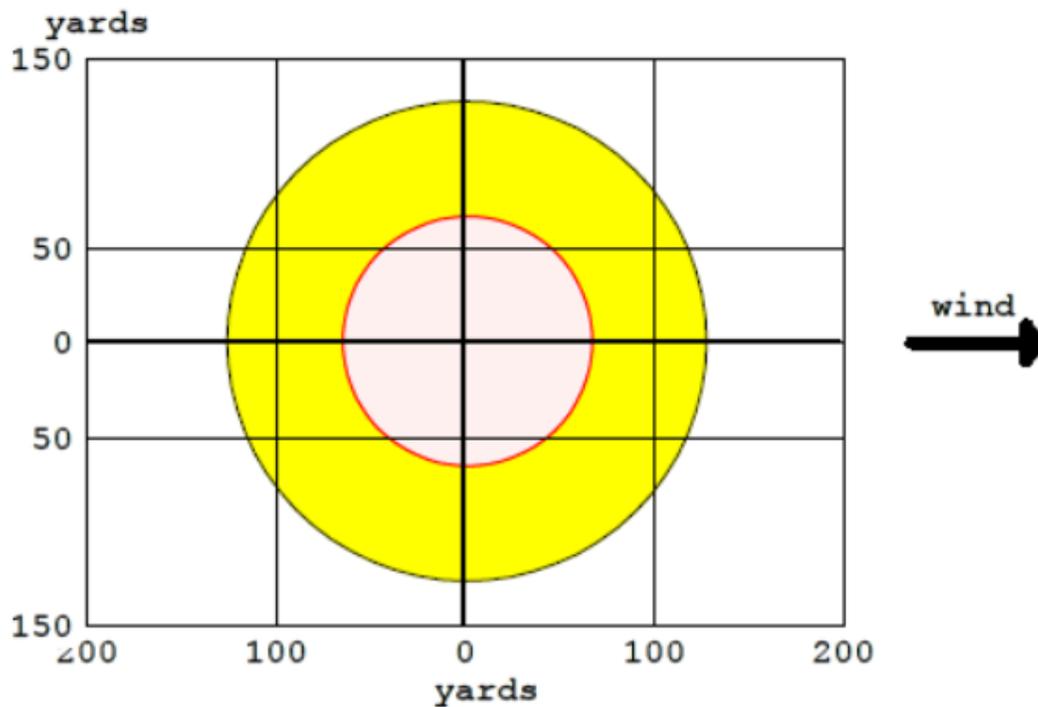


Evento 2	Zona de Alto Riesgo Distancia, m	Zona de Amortiguamiento Distancia, m
Incendio de gas en la línea de recepción de gas l.p., al fugarse el energético y existir una fuente de ignición.	62.1792	117.043

Thermal Radiation Threat Zone

ALOHA® 5.4.7 

Time: October 29, 2018 1633 hours ST (using computer's clock)
 Chemical Name: PROPANE
 Wind: 1 meters/second from e at 3 meters
 THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : 68 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 128 yards --- (1.4 kW/(sq m))



- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns withi
- greater than 1.4 kW/(sq m)

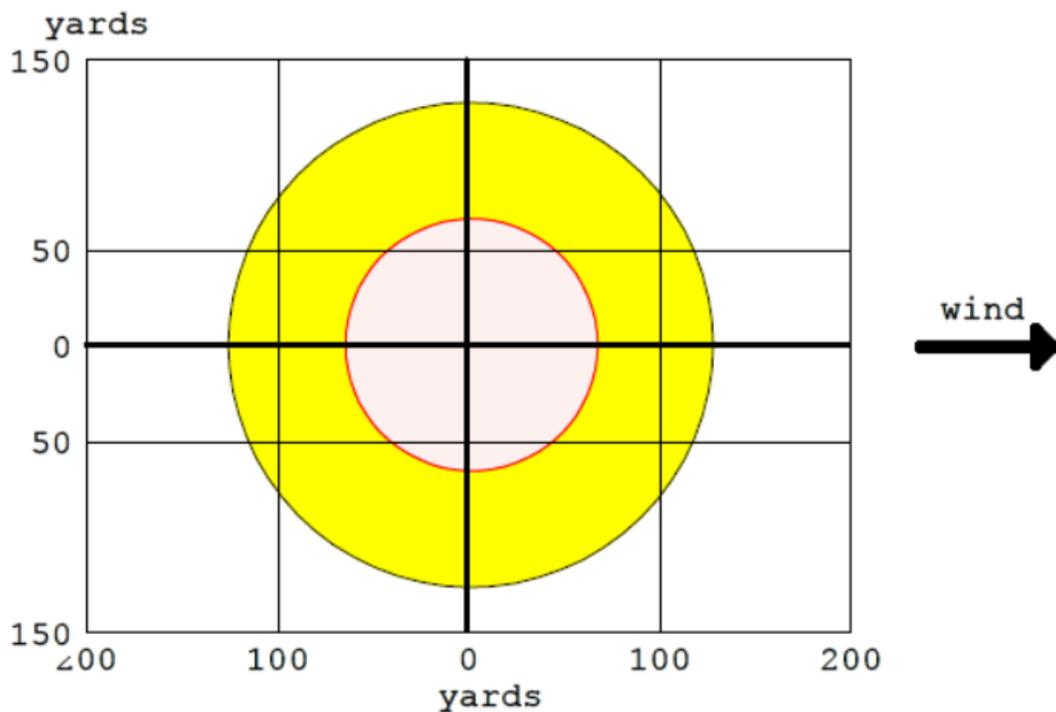


Evento 3	Zona de Alto Riesgo Distancia, m	Zona de Amortiguamiento Distancia, m
Incendio de gas en la línea de suministro al muelle de llenado, al fugarse el energético y existir una fuente de ignición.	62.1792	117.043

Thermal Radiation Threat Zone

ALOHA® 5.4.7 

Time: October 29, 2018 1633 hours ST (using computer's clock)
 Chemical Name: PROPANE
 Wind: 1 meters/second from e at 3 meters
 THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : 68 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 128 yards --- (1.4 kW/(sq m))



- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns within 60 sec)
- greater than 1.4 kW/(sq m)

Evento 4	Zona de Alto Riesgo Distancia, m	Zona de Amortiguamiento Distancia, m
Incendio por una fuga de gas l.p., en un autotanke a través de un orificio de 0.05 m, encontrándose el recipiente a una presión de 5 kg/cm ² .	70	119.786

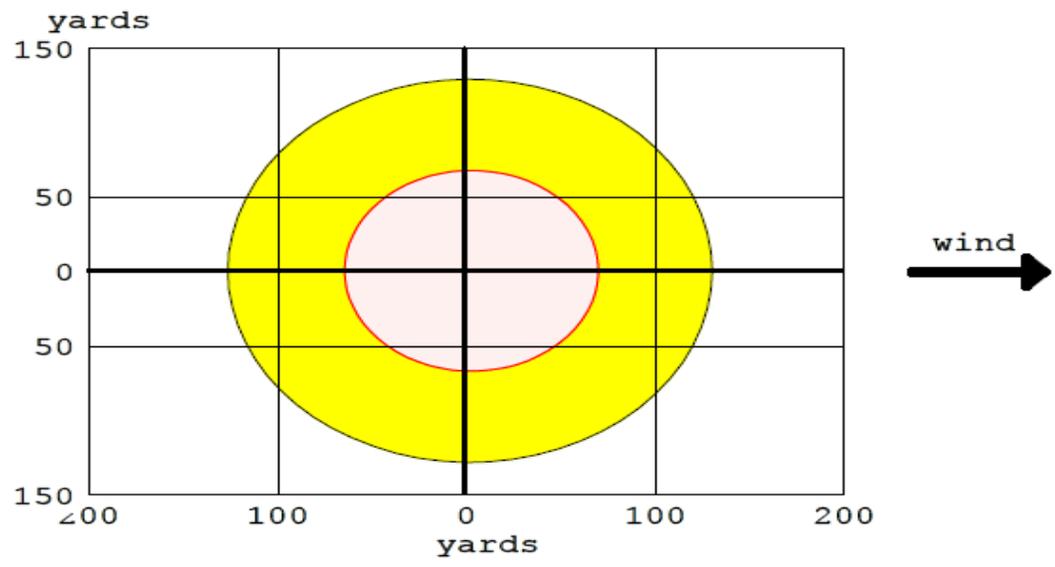
Thermal Radiation Threat Zone ALOHA® 5.4.7 

Time: October 29, 2018 2315 hours ST (using computer's clock)

Chemical Name: PROPANE

Wind: 2 meters/second from e at 3 meters

THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : 70 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 131 yards --- (1.4 kW/(sq m))



- greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns withi
- greater than 1.4 kW/(sq m)



II.2 INTERACCIONES DE RIESGO

En este apartado se hará un análisis de las posibles interacciones de riesgo que se tendrían en caso de presentarse los eventos simulados y presentados en el apartado anterior, tomando en consideración los radios denominados Zona de Alto Riesgo.

Dentro de la zona donde podría generarse una interacción de riesgo a las afueras de la Planta de Gas del Atlántico, solo se encuentra una empresa, así como pequeños negocios y áreas verdes que podrían verse afectadas en caso de la ocurrencia de alguno de los escenarios propuestos.

Dentro de las principales precauciones que deben tomarse está poner especial atención en la ocurrencia de fugas a lo largo de toda la línea de gas L.P., dentro y fuera de la instalación, ya que de presentarse una fuga que no se detecte a tiempo corren riesgo todos los equipos que se encuentren dentro de los radios de afectación descritos, en caso de encontrarse una fuente cercana de ignición. Esto debe tenerse en cuenta sobre todo en el tramo de línea dentro de las instalaciones, ya que ahí se encuentran instalados la mayor cantidad de equipos, y es ahí donde existen las probabilidades más altas de fatalidad, debido a la presencia constante del personal.

Las interacciones de riesgo respecto al almacenamiento de gas LP pueden presentarse, debido a la cercanía entre los tanques de almacenamiento de este gas, pudiéndose presentar un efecto dominó, en el caso de explosión de uno de los - tanques debido a las ondas de sobrepresión que se generarían.

Para todos los escenarios accidentales identificados mediante la metodología Hazop, se consideraron las consecuencias de aquellos que puedan provocar sobre otros equipos de la instalación.

Se considerará como efecto dominó cualquier fenómeno que provoque la propagación de la siniestralidad o consecuencias de un escenario accidental más allá de los límites o efectos que se tendrían en consideración si este escenario se produjera de forma aislada, dadas las mismas condiciones.

Según el Instituto Químico de *Sarriá, (Institut Químic de Sarrià. "Base de càlcul per a escenaris d'accident".2002) .en el efecto dominó se definen dos tipos básicos de escenarios accidentales:

- Escenario propagador. Es aquel escenario que puede provocar un efecto dominó, es decir, las consecuencias del escenario propagador provocan daños a las instalaciones cercanas en una magnitud suficiente

como para que se puedan considerar los equipos afectados como nuevos escenarios accidentales con consecuencias propias.

- Escenario receptor. Cualquier escenario que reciba las consecuencias de otro escenario accidental y origine consecuencias nuevas. Un escenario receptor puede actuar al mismo tiempo como propagador. Al escenario receptor no propagador se le denomina escenario final.

Se pueden definir tres tipos de sucesos iniciadores:

1. Incendio.
2. Explosión.
3. proyectiles.
- 4.
- 5.

Estos sucesos iniciadores pueden generar efectos de alcance suficientemente grande como para producir consecuencias de daños en otras unidades o equipos y provocar el efecto dominó. Se consideran los siguientes efectos:

- a. Efecto de la temperatura sobre objetos. Este fenómeno se produce en el caso del cálculo de la radiación térmica. Se realizó un cálculo del alcance de la llama así como la intensidad de esta, para ver los efectos que tiene sobre los equipos cercanos, ver planos radiación térmica.
- b. Efectos físicos y tecnológicos. Las ondas de choque o sobrepresión que aparecen en caso de detonación o deflagración, así como las consecuencias que un accidente puede tener sobre otras instalaciones o sistemas de control centralizado se han de tener en cuenta a la hora de detectar posibles efectos dominó, como se ha mencionado anteriormente, la explosión de la nube de gas no se generó por contener una masa insuficiente para que se produzca este evento cuando no está confinada
- c. Impacto de proyectiles. Este fenómeno se produce en escenarios en los que se pueden generar sobrepresiones, dado que implica la proyección de objetos a cierta distancia del lugar del accidente. No se consideró este escenario dentro del estudio de riesgo, toda vez que no se realiza almacenamiento de producto en tanques que pudieran explotar por sobrecalentamiento (bleve). El tanque de desfogue no opera como tanque de almacenamiento.

Se han consensado los siguientes valores límite para la consideración de estos efectos:

Interacciones de riesgo.

Tipo de efecto físico peligroso	Zona dominó 1		Zona dominó 2	
	Consecuencias	Valor límite	Consecuencias	Valor límite
Radiación térmica	Fallo de recipientes y equipos protegidos	37.5 kW/m ²	Fallo de recipientes y equipos no protegidos	12.5 kW/m ²
Sobrepresión	Fallo de recipientes y equipos a presión	350 mbar	Fallo de recipientes y equipos atmosféricos o a baja presión	160 mbar

Fuente Procedimiento de evaluación de riesgos tecnológicos en el entorno Servicio de Protección Civil Barcelona, 2002.

II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

Con ayuda del Atlas Nacional de Riegos de la CENAPRED, se analizó el sitio donde están las instalaciones del presente proyecto. En un primer tiempo, se analiza el área de influencia de la planta con respecto al riesgo que esta tiene, que corresponde a una “Expansión explosiva del vapor de un líquido en ebullición” (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion, BLEVE* por sus siglas en inglés). De dicha simulación, se encontró que, en caso de una catástrofe, el radio de afectación total sería de 993.79 metros a la redonda, lo que se traduce en un área de afectación total de 3.36 km² y un perímetro de 6.51 km. Analizando el componente social, se tiene que la población total que estaría expuesta en caso de catástrofe sería de 31 personas y 14 viviendas.

Como puede observarse en los diferentes escenarios para los tanques de almacenamiento de Gas L.P. la ocurrencia de este escenario representa una afectación mucho mayor para los componentes que rodean a la instalación; ya que el sistema ambiental se vería dentro del alcance por 2.93 Km². En caso de presentarse, significa una contingencia que afecta en su mayoría a cultivos de café, caña, mango y limón.

Jetfire

Debido a la ubicación de la planta a las afueras de la ciudad, serán pocos los asentamientos humanos que se verían afectados en caso de siniestro. Ya que este escenario no da alcance a la localidad aledaña a la instalación. Sin embargo, los pequeños locales comerciales, negocios y casas habitaciones aledañas a la planta se verían gravemente afectados; también tomando en cuenta que en estos sitios pueden existir fuentes de ignición. Los componentes ambientales son en su mayoría terrenos dedicados a la siembra; lo que representa un efecto negativo a la economía productiva del sitio por la posible pérdida de 25 970 m² de cultivo. Lo anterior considerando el peor de los casos, la ocurrencia simultánea de este escenario en los tres tanques presentes.

Formación e incendio de nube de vapor inflamable no confinado

De acuerdo con las metodologías y modelos realizados para este escenario; su ocurrencia presenta la mayor zona de afectación (zona roja en los radios mostrados por ALOHA) en la estación de servicio contigua a la instalación de Gas L.P. y una parte de asentamientos humanos aledaños. Para el caso del sistema ambiental, la mayor área de afectación presenta 11 600 m² de zona verde aproximadamente y aunque su disipación puede abarcar otros 77 181 m², estas concentraciones no representan mayores consecuencias para la flora y fauna del sitio.

CAPITULO III

SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL

III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

El presente estudio, se realizó utilizando como apoyo los datos de las memorias técnico descriptivas de las instalaciones de la Planta de almacenamiento de gas L.P., por lo que las recomendaciones que se indican están orientadas al mejoramiento de la operación y del mantenimiento de los equipos.

- Supervisar la aplicación del procedimiento de descarga de los semirremolques a tanques de almacenamiento, verificando que la posición de las válvulas de servicio sea la correcta de acuerdo a la operación que se esté realizando (cerradas o abiertas).
- Supervisar la aplicación del programa de calibración de las válvulas de seguridad instaladas en todo el sistema de recepción, almacenamiento y distribución de Gas L.P.
- Dar seguimiento a la aplicación y supervisar que se apliquen los procedimientos operativos de mantenimiento y seguridad implementados por la planta.
- Dar seguimiento y aplicar el programa de mantenimiento preventivo establecido por la empresa para llevar a cabo los cambios y limpiezas de los accesorios, válvulas, mangueras, conectores, coples, manómetros y medidores de flujo.
- Supervisar en forma permanente la operación de recepción y suministro de los tanques de almacenamiento de la Planta.
- Verificar que los tanques de almacenamiento de gas LP se encuentren en óptimas condiciones, que no presenten corrosión o fisuras.
- Verificar que todas las válvulas instaladas se encuentren calibradas de acuerdo a las especificaciones requeridas.
- Mantener vigentes todas las autorizaciones de la STPS respecto a los recipientes sujetos a presión.
- Llevar a cabo el programa de revisión periódico de los extintores, donde se deberá verificar, fecha de última recarga, verificar que el nivel de presión en los extintores que así lo requieran, sea el adecuado, verificar estado de soportes, conexiones y mangueras.
- Llevar a cabo los programas de verificación o pruebas, que certifiquen la calidad integral y resistencia mecánica de los equipos (Medición de espesores en tuberías y recipientes, radiografiado, certificación de accesorios y conexiones, pruebas hidrostáticas y neumáticas, etc.).
- Poner en práctica los programas de revisión de los diversos sistemas de comunicación de emergencias.

- Verificar que el personal que labora en las instalaciones de la Planta de almacenamiento cuente con el equipo necesario de protección personal y de primeros auxilios de acuerdo al trabajo que este realice.
- Verificar la correcta disposición de los residuos industriales generados dentro de las instalaciones. Que se deberá poner especial énfasis en aquellas áreas que resultaron ser las de mayor riesgo, de acuerdo con los resultados de este estudio de riesgo.
- Contar con el manuales de operaciones y hojas de seguridad (de las sustancias químicas) disponibles en todo momento tanto para las áreas como para los equipos.
- Contar con procedimientos de emergencia disponibles a todo el personal de acuerdo con las características de cada área y mantenerlo actualizado.
- Sustituir los tanques cuya vida útil haya expirado.
- Verificar permanentemente que se cuente con el equipo de seguridad (extintores, trajes, máscaras, etc) cercano a las áreas de riesgo y verificar que este se encuentre en óptimas condiciones para su uso en caso de emergencia.
- Contar con un programa de mantenimiento del sistema eléctrico de toda la Planta, para asegurar que se encuentre en óptimas condiciones en todo momento.
- Implementar un programa permanente de señalización de las rutas de evacuación y puntos de reunión, de manera que estén siempre visibles.
- Realizar simulacros de evacuación general, de acuerdo a lo indicado en el Programa Interno de Protección Civil.
- Capacitar al personal en general en el manejo de extintores y capacitar constantemente a los elementos de la brigada de emergencia.
- Implementar un programa de revisión de los diques de contención de los tanques de almacenamiento, así como limpieza de los mismos, verificando que estos sean impermeables y no dejen escapar las sustancias que deberán contener en caso de alguna eventualidad.
- Verificar el funcionamiento del equipo y material utilizado para el control de derrames de las distintas sustancias que se manejan.

NORMAS DE SEGURIDAD

Esta función contempla la determinación y establecimiento de lineamientos e infraestructura de salvaguarda, aplicables al inmueble, considerando sus características y el tipo de actividad o servicio que presta, con el propósito de reducir al mínimo la incidencia de riesgos en su interior, se establecen las siguientes instrucciones o normas de seguridad y comportamiento.

- El personal de la Planta de almacenamiento viste ropa de trabajo de algodón, de acuerdo a las labores que realice. Por lo que no está permitido el uso de ropa de tela sintética, ya que ésta genera estática, lo que representa un riesgo para los trabajadores y en general para la planta.
- Prohibido Fuego.
- Prohibido Fumar.
- Prohibido el acceso a las zonas de almacenamiento y trasiego para el personal ajeno a la empresa.
- Prohibido los protectores metálicos en las suelas y tacones de los zapatos, peines, excepto los de aluminio.
- Prohibido el uso de flamas
- Prohibido toda clase de lámparas de mano a base de combustión y las eléctricas que no sean apropiadas, para atmósferas de gas inflamable.
- Prohibido el acceso a las zonas restringidas de para el personal ajeno a la empresa.
- No improvisar instalaciones eléctricas.
- Corregir o dar a visto de las condiciones peligrosas e inseguras.
- No usar maquinas o vehículos sin estar capacitado y/o autorizado para ello.
- Usar las herramientas apropiadas y cuida su conservación.
- Todas las heridas requieren atención. Acude al servicio médico o botiquín de primeros auxilios y repórtalo de inmediatamente a tu supervisor en turno y/o jefe de área y/o proceso.
- No improvisar, Seguir las instrucciones y cumplir con lo señalado en las Normas.

ORDEN Y LIMPIEZA.

- Mantener limpia y ordenada el área de trabajo.
- No dejar materiales alrededor de las máquinas, Colocarlos en un lugar seguro o en el lugar destinado para su almacenaje.
- Guarda ordenadamente los materiales y herramientas de trabajo que se utilicen en la jornada laboral. No dejar en lugares inseguros.
- No obstruir los pasillos, escaleras, puertas o salida de emergencia.

III.1.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD

RECURSOS MATERIALES

En la Planta de Almacenamiento y Distribución de Gas L.P., Planta Coatepec propiedad de Gas del Atlántico S.A. de C.V., se tienen integradas 4 Brigadas de emergencia como ya se mencionó con anterioridad, están instalados los siguientes extintores:

- 9 en área de tanques de almacenamiento, bombas y compresor
- 7 en muelle de llenado.
- 2 en toma de recepción.
- 2 en tomas de suministro.
- 7 en área de estacionamiento.
- 1 junto a tablero eléctrico.
- 1 junto al equipo de bombeo de la red contra incendio.
- 2 junto a oficinas.
- 1 en servicios sanitarios.
- 2 en taller de servicio mecánico.
- 1 en caseta de vigilancia.

Los lugares donde están colocados los extintores están señalados de acuerdo a la NOM-027-STPS-1993, la ubicación de estos extintores es visible y de fácil acceso, a una altura de 1.50 m. medida del piso a la parte más alta del extintor, de fácil sujeción y colocación para ser usados. Cuentan con registro de fecha de adquisición, inspección, revisión y prueba hidrostática en su caso.

- Se cuenta también con un extintor del tipo carretilla con capacidad de 50 kilogramos de polvo químico seco, clase ABC, localizado normalmente junto a la zona de almacenamiento. Se contará también con un extintor de bióxido de carbono en el cuarto de Tableros Eléctricos.

EQUIPOS DE SEGURIDAD.

- a) A la entrada de la planta se tiene instalado un anaquel con artefactos mata chispas, los cuales son colocados a todos los vehículos que accedan a la planta, así como también se cuenta con botiquín de primeros auxilios localizado en la construcción destinada a las oficinas.
- b) Se cuenta también en la planta con un sistema de alarma general a base de una sirena eléctrica, la cual es alimentada en forma independiente a los demás circuitos para mayor seguridad de

funcionamiento en caso de necesidad. Esta será operada solamente en casos de emergencia, probándose su funcionamiento con cierta periodicidad de tiempo.

- c) Se cuenta además con dos trajes especiales para el personal encargado de los principales medios contra incendio.

HERRAMIENTAS Y ROPA DE LOS OPERARIOS.

- c) En las áreas clasificadas por la Norma como Clase 1, División 1 y 2, se utilizarán herramientas antichispas y equipos adecuados para el uso de ellas, a menos dichas áreas de trabajo se detecte que el ambiente no contiene vapores de cantidad mayor que el 20% del límite inferior combustible.
- d) Los detectores de gas combustible empleados cumplirán con la Norma ANSI/ISA-S 12.13, Parte I.
- c) Los operarios utilizaran ropa de algodón, no permitiéndose el uso de zapatos con protectores metálicos, ropa de nylon o similares, peines u otros objetos de plástico o capaces de generar electricidad estática.
- d) Los medios de iluminación y lámparas de mano utilizados, serán de acuerdo área quedando prohibida cualquier tipo de iluminación a base de fuego

SISTEMA CONTRA INCENDIO A BASE DE AGUA POR ASPERSIÓN.

Se cuenta con un sistema contra incendio a base de agua por aspersión, el cual se describe a continuación.

Consideraciones de diseño:

La cisterna del sistema se localiza por el lado Suroeste del terreno y tiene una capacidad de almacenamiento de 126.50 m³, su abastecimiento es por acarreo de agua en pipas.

Superficie del tanque:

El área correspondiente a la superficie mínima a cubrir con la aspersion directa es:

$$3.1416 \times D \times L \times t$$

$$S_m = \frac{\dots}{2} \times 0.90$$

$$S_m = \frac{3.1416 \times 3.37 \times 29.80}{2} \times 0.90 = 142.40 \text{ m}^2$$

Capacidad de la cisterna:

$$21,000 \text{ lts} + (142.40 \text{ m}^2 \times 10 \text{ LPM/m}^2 \times 30 \text{ min.}) = 63,720 \text{ litros.}$$

Que es la capacidad mínima de la cisterna, con lo cual quedamos cubiertos, sin embargo se tiene una cisterna de 126,500 Lts.

Sobre la cisterna se localizan dos bombas con capacidad de 3,500 L:P:M: (924.70 G.P.M.) cada una, las cuales son accionadas, una con motor de combustión interna de 76 C.F. y otra con motor eléctrico de 50 C. F.

Cada tanque cuenta en su parte superior con 44 boquillas rociadoras enfriamiento de los mismos.

Gasto *mínimo* requerido por boquilla:

$$141.97 \text{ m}^2 \times 10 \text{ LPM/m}^2 = 1,419.74 \text{ LPM}$$

$$\frac{1,419.74 \text{ LPM}}{44} = 32.27 \text{ LPM/boquilla}$$

44

Características de las boquillas rociadoras instaladas

El tipo de boquilla rociadora seleccionada o "sprinkler" es marca Spraying Sistemas modelo J-IIi45W con conexión de 13 mm. (1/2") de diámetro, orificio de 6.35 mm (1/4") de diámetro, con capacidad de 42.47 L.P.M. (11.22 G.P.M) a una presión de trabajo de 5 Kg/cm². y ángulo de cobertura de 110 grados.

La altura de las boquillas sobre el domo de los tanques es de 0.70 metros, por lo que el diámetro del área que cubre la boquilla es:
 $= 2 \times h \times \text{Tg} (E/2) = 2 \times 0.70 \times \text{Tg} (110^\circ/2) = 2.00$
m.

Considerando la longitud lineal del cuerpo del tanque y el diámetro de cobertura de las boquillas, se emplean para bañar su superficie superior, el siguiente número de boquillas distribuidas longitudinalmente:

$$T - \frac{IN^\circ \text{ de boquillas} = \frac{29.89 - 3.65}{2.00} = 13.12 = 14$$

El cuerpo del tanque tiene instaladas longitudinalmente 22 rociadores de un lado y 22 del lado opuesto, para que exista un traslape en sus conos de agua y asegurar la cobertura de baño del mismo. En cada cabeza el tanque, cuenta con 2 boquillas rociadoras.

El sistema de enfriamiento está integrado además por dos estaciones de manguera, colocadas estratégicamente para rociar las áreas de trasiego. Cada estación de manguera tiene un gasto de 250 L.P.M. (66 G.P.M.), con manguera de 38 mm. (1 W") de diámetro y longitud de 30 metros El alcance del chorro de agua es de 15 metros a la presión de trabajo 5 Kg/cm².

Tomas de abastecimiento. En la red general se cuenta con una toma siamesa localizada estratégicamente por el Lindero Suroeste para conexión de carros tanque y alimentar de agua al sistema.

Red de agua: las tuberías empleadas en el sistema de enfriamiento son

de PVC con transición a tubería a/c cédula 40 soldable con costura.

La tubería de descarga de la bomba es de 102 mm. (4") de diámetro, para llegar a un cabezal de 152 mm y de ahí salen dos tuberías de 101 mm para cada tanque, otras dos tuberías de 51 mm de diámetro para alimentar a cada hidrante; distribuidos en la Planta como se indica en el plano anexo de esta memoria. A la llegada de cada tanque se forma un anillo en la parte superior el cual es de 51 mm de diámetro, que es donde están colocadas las boquillas rociadoras.

La toma siamesa, para conexión de carros tanque, se conecta al sistema con tubería de 102 mm (4") de diámetro.

Los tramos de tubería subterránea están protegidos especialmente contra los pasos de vehículos contra posibles daños mecánicos. Sobre los tanques, las tuberías están apoyadas y fijas con soportes especiales.

Justificación técnica de la potencia del motor de la bomba en el sistema de enfriamiento.

Flujo requerido en la etapa más crítica de operación (Q) $Q = 1,4 \cdot 19.88 \text{ LPM} = 0.0237 \text{ m}^3/\text{seg.}$

CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO

Densidad (ρ)
= 998 kg/m³.

Viscosidad (ρ) = 1.009 x
10⁻³ Kg/m-seg.

TUBERÍAS:

Material de
fierro negro
Rugosidad de
diseño E = 0.015

PLANOS ARQUITECTÓNICOS

Derivado del recorrido que se realizó por la zona circundante al inmueble, se elaboró un croquis en el que se detallaron las calles que lo delimitan, las instalaciones riesgosas que en un momento dado pudieran poner en peligro la integridad física del inmueble bajo la responsabilidad del Coordinador del Programa Interno de Protección Civil y, en el mismo, se señalan las zonas de seguridad o puntos de reunión adecuados para dar cabida a todo el personal, en caso de realizarse evacuaciones del edificio; además de lo anterior, se registró la ubicación de instituciones que pudieran prestar apoyo en caso de presentarse situaciones de emergencia.

SISTEMAS E INFRAESTRUCTURA PARA LA SEGURIDAD

Los tanques de almacenamiento y maquinaria para el trasiego están dentro de una zona de seguridad con piso y muro de concreto, con el declive adecuado para evitar la acumulación de las precipitaciones pluviales.

Todas las áreas destinadas para la circulación interior de los vehículos son amplias para el fácil y seguro movimiento de los vehículos, se encuentran con terminación de pavimento con las pendientes apropiadas para desalojar las aguas pluviales, el piso dentro de las zonas de almacenamiento es de concreto con un declive del 1% apropiado para el desalojo de las aguas de lluvia. Todas las demás áreas libres permanecen limpias y despejadas de todo tipo de materiales combustibles, así como de objetos ajenos a la operación de la Planta.

BARDAS O DELIMITACIÓN DEL PREDIO

El terreno que ocupa la planta se tiene delimitado totalmente alrededor, por medio de muros ciegos de tabique con estructura de concreto con una altura mínima de 3.0 metros.

EDIFICIOS

Las construcciones destinadas para servicios sanitarios, oficinas, cuarto de controles, subestación eléctrica y cuarto de máquinas se localizan al oeste del terreno de la planta. El área de venta al público y la caseta de vigilancia con su sanitario se localizan a un lado del acceso, al oeste de la planta. Mientras que el taller mecánico, servicios sanitarios, almacén y un área libre también se encuentran al sur de la planta. Los materiales con que están contruidos en su totalidad son materiales incombustibles como: losa de concreto, paredes de tabique y concreto y con estructura metálica con techumbre de lámina metálica, con puertas y ventanas metálicas.

ZONA DE ALMACENAMIENTO DE LA PLANTA

La protección de la zona de almacenamiento y de las isletas de recepción y suministros están construidas con postes de concreto armado de 1.00 metros de altura sobre el nivel del piso general de la planta y diámetro de 0.25 metros con un máximo entre postes de 1.00 metros; las bombas y la compresora se encuentran dentro de la zona de almacenamiento y además se cumple con las distancias mínimas requeridas. Las zonas de protección permiten una amplia ventilación natural y el fácil acceso a cualquier parte dentro de dichas zonas. El piso dentro de las zonas de protección es de concreto y se cuenta con el desnivel adecuado (1% de pendiente) para el desalojo de las aguas pluviales dentro de las mencionadas zonas. A un costado del tanque se cuenta con una escalera metálica con pasarela para tener acceso a la lectura de los instrumentos de medición y para mantenimiento de los accesorios del tanque. En la zona de almacenamiento de la Planta se observa los 3 tanques de almacenamiento de 250,000 litros base agua cada uno.

MUELLE DE LLENADO

El muelle de llenado se localiza al lado suroeste de la zona de almacenamiento a una distancia de 6.25 metros de los recipientes de almacenamiento. Está construido en su totalidad con materiales incombustibles; su techo es de lámina galvanizada sobre estructura metálica la cual está soportada por columnas metálicas; su piso esta relleno de tierra con terminación de concreto; cuenta en sus bordes de carga y descarga con protecciones de ángulo de acero y topes de hule para evitar su destrucción y la formación de chispas causadas por los vehículos que tengan acceso al mismo.

Dimensiones:

- Largo total: 17.00 m
- Ancho: 14.00 m
- Altura del piso: 1.20 m
- Altura del techo: 3.70 m
- Superficie: 196.98 m²

DISTANCIAS MÍNIMAS DE DISEÑO

Las distancias mínimas en la planta son las siguientes:

- a) Del tanque de almacenamiento más cercano a:
 - Lindero norte: 26.60 m
 - Lindero este: 33.74 m
 - Lindero sur: 50.91 m
 - Lindero oeste: 24.60 m

Zona de protección: 2.82 m
Tomas de recepción: 7.44 m
Muelle de llenado: 6.25 m
Llenaderas: 7.37 m
Altura del tanque a piso terminado: 2.00 m
De bombas a zona de protección: 6.20 m
De compresor a zona de protección: 7.19 m
De muelle de llenado a: lindero norte: 62.69 m, lindero este: 30.62 m
De llenadoras a: lindero norte: 63081 m, lindero este: 35.70 m
De tomas de suministro: lindero este: 26.00 m
De tomas de recepción: lindero oeste: 24.60 m

III.1.2 MEDIDAS PREVENTIVAS

A continuación se describen las medidas preventivas tendientes a la prevención y minimización de riesgos identificados durante el presente estudio.

- Cualquier cambio, modificación o adición de equipo y accesorios de servicios y seguridad, se deberá avaluar por una Unidad de Verificación acreditada ante la Entidad Mexicana de Acreditación.
- Mantener en buenas condiciones de funcionamiento y operatividad el sistema contra incendio, incluyendo las bombas eléctricas y de combustión interna, tuberías e hidrantes.
- Establecer un programa de revisión y recarga permanente y oportuna de los extintores portátiles de toda la planta y se mantenga vigente su carga en buenas condiciones y libre de obstrucciones para su uso en caso necesario.
- Establecer y dar seguimiento al programa de capacitación para el personal de nuevo ingreso, así como cursos de actualización para el personal que ya labora en la Planta.
- Establecer un Programa de auditorías de seguridad para su implementación al menos una vez por año.
- Contar con todos los permisos y registros correspondientes para la operación de la Planta y llevar a cabo la actualización de aquellos que tenga vigencia definida.
- Contar con pruebas que garanticen la operatividad de los tanques de almacenamiento de por lo menos cada 5 años, así como mantener un registro de los resultados obtenidos.
- Mantener las instalaciones de la Planta limpias y libres de materiales ajenos a las actividades que se realizan.

- Aplicar las recomendaciones realizadas en el Programa para la Prevención de Accidentes a Nivel Interno y Externo de la Planta.
- Aplicar las recomendaciones señaladas en el Programa de Protección Civil de la localidad donde se ubica la Planta.

La Planta cuenta con un Plan de Contingencias, cuyo objetivo es dar a conocer las medidas que se deben de considerar en caso de presentarse una emergencia en las instalaciones, de acuerdo al tipo de siniestro que se presente. Dicho Programa de contingencia está dividido en cuatro etapas que son las siguientes:

1. ESTADO DE RIESGO: caracterizado por tener actos y/o condiciones inseguras dentro de la instalación, el cual puede ser minimizado con la presencia de los siguientes elementos;

- Manual de Seguridad.
- Programas de Mantenimiento.
- Procedimientos operativos.
- Reglamento Interno de trabajo.
- Información permanente al personal de la Planta.
- Inventario de recursos materiales del plan de Contingencias.

2. ESTADO DE ALARMA: Este es el segundo estado de una probable contingencia u se determina por el aviso oportuno de alerta al personal, los elementos requeridos para su atención son;

- Análisis preliminar de Riesgo.
- Manual de Paros de emergencia.

3. ESTADO DE EMERGENCIA: este estado es ya una amenaza a la integridad de las personas, instalaciones y comunidad: Las instrucciones necesarias se indican en los siguientes documentos:

- Plan de emergencias.

4. ESTADO DE DESASTRE: Este es la última situación y la más crítica en donde ya no se cuenta con los medios para su control. Los elementos y medidas se encuentran en los siguientes documentos:

- Análisis y consecuencias potenciales de un desastre.
- Plan de evacuación.

Ante cualquier contingencia, se requiere de la aplicación de

medidas de control entre las que se encuentran las siguientes:

- Plan de organización para emergencias.
- Objetivo del plan de organización para emergencias.
- Consideraciones para la integración de la organización.

A continuación se muestran los programas de mantenimiento e inspección, así como los programas de contingencias que se aplicarán durante la operación normal de la Planta de Almacenamiento.

- Gas del Atlántico S.A. de C.V. (Planta Coatepec), cuenta con un Programa de Mantenimiento, las actividades indicadas en dicho programa se realizan de forma periódica lo cual mantiene en constante monitoreo e inspección las áreas y componentes de la instalación en general. Es de destacar que los riesgos siempre están presentes, sin embargo, el mantenimiento preventivo y correctivo es uno de los instrumentos que previenen eventualidades que puedan suscitarse en la Organización y operación de la misma.
- Gas del Atlántico S.A. de C.V. (Planta Coatepec), lleva a cabo Auditorías de Seguridad con el principal objetivo el mejoramiento continuo y aseguramiento de las instalaciones e infraestructura que repercutan en mejores condiciones de trabajo y de la vida de sus trabajadores, a través del cumplimiento de las Leyes, Reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas en materia de seguridad e higiene, de prevención y protección de vidas humanas, de las instalaciones y del medio ambiente.
- Gas del Atlántico S.A. de C.V. (Planta Coatepec), obtiene de manera periódica sus Dictámenes de Verificación de instalaciones Eléctricas con una Acreditada en materia de Energía Eléctrica, correspondientes a las instalaciones de la Planta Coatepec, con el objetivo de ofrecer condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra: Las descargas eléctricas, efectos térmicos, sobre corrientes, corrientes de falla y sobretensiones.

Gas del Atlántico S.A. de C.V. (Planta Coatepec), realiza de manera periódica, los Dictámenes de Medición Ultrasónica de Espesores, con el objetivo de garantizar la integridad de los tanques que almacenan Gas L.P.

CAPITULO IV

RESUMEN

IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

La planta de almacenamiento y Estación de Carburación de Gas del Atlántico, S.A. de C.V., Planta Coatepec se sitúa en un área que presenta un riesgo ambiental bajo por tormentas eléctricas, pero sin ningún otro riesgo climatológico ni geológico. Esto es mitigado por el diseño de construcción de la instalación con materiales resistentes.

La construcción de la planta se apega de acuerdo a la norma NOM-001-SESH-2014, "Plantas de distribución de Gas LP., diseño, construcción y condiciones seguras en su operación" emitida por la Secretaría de Energía, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 22 de Octubre de 2014. Las áreas con las que cuenta la instalación son las siguientes:

- Estacionamiento
- Sanitarios
- Almacén
- Muelle de llenado
- Sistema contra incendio

Los procesos principales realizados en la instalación son:

- Procedimiento de descarga
- Procedimiento de llenado de autotankes
- Procedimiento de llenado de recipientes transportables
- Procedimiento de llenado de tanques de vehículos particulares

La planta cuenta con dos recipientes de almacenamiento del tipo intemperie cilíndrico-horizontal, especiales para contener Gas L.P. con capacidades de 250,000 L al 100% de agua, más dos recipientes de 5,000 litros cada uno para el suministro de gas carburante, se localizan de tal manera que cumplen con las distancias mínimas reglamentarias.

De acuerdo con las metodologías empleadas para la identificación y jerarquización de riesgos, los escenarios dictaminados como Alto y Extremo fueron

Escenario	Valor	Clasificación del riesgo
JET FIRE	8	Alto
BLEVE	12	Extremo
NUBE EXPLOSIVA	8	Alto

Una vez modelado cada uno de los escenarios para las diferentes instalaciones, se determinó que respecto con su severidad, la ocurrencia de una BLEVE es el escenario más catastrófico que puede suscitarse en la instalación; ya que los alcances de ésta pueden salir de los límites de la planta y afectar tanto a la población como a la flora y fauna circundante.

La probabilidad de que este escenario ocurriera en alguno de los tanques de almacenamiento es sumamente baja, siendo casi nulo que se presente. Para el caso de la formación de una nube inflamable, su frecuencia de ocurrencia hace de éste un escenario Extremo, sin embargo, la simulación de estos eventos se consideran para conocer las afectaciones que se tendrían en caso de presentarse un evento de esta magnitud y poder establecer mecanismos de respuesta inmediata a través de los dispositivos de control y seguridad para prevenir las desviaciones en el proceso y para capacitación del personal que labora en la planta, de tal manera que se garantice la seguridad de las instalaciones y del entorno de la Planta.

De la modelación de los eventos considerados como máximos probables, se establece que la Planta de Gas L.P., se clasifica como una empresa de Riesgo Aceptable, ya que cuenta con dispositivos, sistemas de control y seguridad, como son principalmente válvulas de relevo hidrostático en tuberías, válvulas de seguridad en tanques de almacenamiento, válvulas de presión diferencial en líneas de retorno de bombas a tanque de almacenamiento y válvulas de corte rápido operadas de manera automática y en forma remota, así mismo, el sistema de bombeo y compresión del Gas L.P., cuenta con interruptores de sobrecarga, por lo que una desviación en el proceso será controlada de manera inmediata.

Aunado a lo anterior, la planta cuenta con un sistema contra incendio fijo y portátil, además de que el área de almacenamiento se cuenta con un sistema de enfriamiento de agua por aspersion.

Por lo que la instalación cuenta con equipo suficiente para prevenir y mitigar las emergencias que pudieran ocurrir.

IV.2 HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL

Derivado de los análisis con diferentes metodologías utilizadas para evaluar escenarios riesgosos dentro de la instalación de la Planta de Gas del Atlántico, S.A. de C.V. (Planta Coatepec), así como del análisis de los sistemas de protección y procedimientos de

seguridad con los que cuenta la Organización, se puede determinar que la operación de la Planta en general cumple con las especificaciones técnicas, de normas y procedimientos que permiten una operación de bajo riesgo. Sin embargo, dicho análisis, ha permitido identificar algunas posibles desviaciones con respecto a los propósitos de diseño y operación que podrían generar una situación de emergencia. Estas desviaciones se describen en la siguiente tabla:

1. RECEPCIÓN Y SUMINISTRO DE GAS L.P.

NODO	Palabra- guía	Desviación	Índice de riesgo	
1.1	No	interrupción flujo	8	ALTO
1.2	No	inmovilización	10	ALTO
1.3	Distinto	Equipo o sistema distinto al requerido	9	ALTO
1.4	No flujo	Aumento de presión	8	ALTO
1.5	No	Interrupción de flujo	5	MEDIO
1.6	No	inmovilización	10	ALTO
1.7	Distinto	del diseño	6	MEDIO
1.8	No flujo	Aumento de presión	8	ALTO
1.9	Incremento	de presión	12	EXTREMO
1.10	Incremento	de temperatura	9	ALTO
1.11	Distinto	operador	8	ALTO
1.12	No	prevención	8	ALTO
1.13	No	prevención	8	ALTO
1.14	Menos	mantenimiento	6	MEDIO
1.15	No	Conexión a tierra	10	ALTO
1.16	No	asegurar	4	MEDIO

2. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LA PLANTA

NODO	Palabra-guía	Desviación	Índice de riesgo	
2.1	Mayor	presión	9	ALTO
2.2	Incremento	de presión	9	ALTO
2.3	Incremento	de temperatura	9	ALTO
2.4	Distinto	de diseño	12	EXTREMO

3. ANDEN DE LLENADO DE CILINDROS

NODO	Palabra-guía	Desviación	Índice de Riesgo	
3.1	No	NO CONTROL	10	ALTO
3.2	No	Orden	4	MEDIO
3.3	No	Conexión a tierra	8	ALTO
3.4	Incremento	de la Temperatura	6	MEDIO
3.5	No	interrupción del flujo	4	MEDIO
3.6	No	prevención	10	ALTO
3.7	Menos	mantenimiento	6	MEDIO

4. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LA ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

NODO	Palabra-guía	Desviación	Índice de Riesgo	
4.1	Mayor	presión	9	ALTO
4.2	Incremento	de presión	9	ALTO
4.3	Incremento	de temperatura	9	ALTO
4.4	Distinto	de diseño	12	ALTO

5. ISLA DE LLENADO DE LA ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

NODO	Palabra-guía	Desviación	Índice de Riesgo	
5.1	No	control	10	ALTO
5.2	No	Orden	4	MEDIO
5.3	No	Conexión a tierra	8	ALTO
5.4	No	interrupción del flujo	4	MEDIO
5.5	No	prevención	10	ALTO
5.6	Menos	Mantenimiento	6	MEDIO
5.7	No	interrupción flujo	8	ALTO

NODO	Palabra-guía	Desviación	Índice de Riesgo	
5.8	No	inmovilización	10	ALTO
5.9	Distinto	Equipo o sistema distinto al requerido	9	ALTO
5.10	No flujo	Aumento de presión	8	ALTO
5.11	Distinto	del diseño	6	MEDIO
5.12	No flujo	Aumento de presión	8	ALTO
5.13	Incremento	de presión	12	EXTREMO
5.14	Incremento	de temperatura	9	ALTO
5.15	Distinto	del operador	8	ALTO
5.16	No	prevención	8	ALTO
5.17	No	prevención	8	ALTO
5.18	Menos	mantenimiento	6	MEDIO
5.19	No	Conexión a tierra	10	ALTO
5.20	No	asegurar	4	MEDIO

Proyecto: ACCESORIOS. BOMBAS.

No	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO	ACCIÓN RECOMENDADA	
1	¿Qué pasaría si existiera una restricción en la tubería de entrada a la bomba?	Causaría vaporización del líquido y cavitación dentro de la misma.	Ocurriría una caída de presión, la cual provocaría un mal funcionamiento en la bomba.	Ver diseño e instalación de la misma. Inspección y supervisión de la planta. Mantenimiento preventivo y correctivo. Llevar bitácora de mantenimiento.	
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	* Seguir los procedimientos de seguridad.		1	1	1 BAJO
2	¿Qué pasaría si se instalan los accesorios restrictivos o codos cerca de la apertura de entrada a la bomba?	Aumentaría la cavitación.	Ocurriría una caída de presión. Podría ocurrir una turbulencia en el flujo.	Ver diseño e instalación de la misma. Inspección y supervisión de la planta. Mantenimiento preventivo y correctivo. * Llevar bitácora de mantenimiento. * Procedimientos de operación.	
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	* Seguir los procedimientos de seguridad.		1	1	1 BAJO
3	¿Qué sucedería si se instala un reductor concéntrico en la entrada de la bomba?	Aumentaría la cavitación. Existiría un mal funcionamiento de la bomba.	Ocurriría una caída de presión. Existiría una acumulación de vapor que puede inferir en el funcionamiento de la misma.	Debe usarse siempre un reductor excéntrico, cuando se reduce el diámetro de la tubería a la entrada de la bomba, y cuando exista la posibilidad de que dentro de la misma haya gas o aire. El reductor debe	

No	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
					<p>instalarse con la parte recta hacia arriba.</p> <p>Inspección y supervisión de la planta.</p> <p>Mantenimiento preventivo y correctivo.</p>
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Seguir los procedimientos de seguridad.		1	1	1 BAJO
4	¿Qué sucede si en la instalación se inclina la tubería hacia arriba en dirección a la bomba?	* Cavitación de la bomba.	* Existiría vaporización en la tubería de entrada a la bomba.		<p>En la instalación se debe hacer un desnivel en la tubería de una o dos pulg., en diez pies de longitud entre la bomba y el tanque de almacenamiento, ya que permitirá que el gas fluya hacia el tanque y sea reemplazado por el líquido.</p> <p>Dar mantenimiento preventivo y correctivo.</p>
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Seguir los procedimientos de seguridad.		1	1	1 BAJO

No	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
5	¿Qué pasaría si existiera una gran cantidad de líquidos en largas tuberías a la entrada de la bomba?	Existiría un mal funcionamiento, la bomba cavitara.	Sucedería una vaporización continua por largo tiempo durante el cual la bomba está llena de vapor.		* Revisión de diseño, operación e instalación. Instale una válvula de retención cerca de la bomba cuando la tubería de descarga es larga con el fin de evitar que el gas retorne a la bomba cuando la misma no esté trabajando. Mantenimiento preventivo y correctivo
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	* Seguir los procedimientos de seguridad.		1	1	1 BAJO
6	* ¿Qué pasaría si la bomba no gira?	Posible vibración. Materiales extraños en su interior.	* Daño por sobrecalentamiento del motor.		Revisión de diseño, operación e instalación. Mantenimiento preventivo y correctivo. Posible atascamiento de las paletas o bien estén quebradas. Rodamientos malos o atascados. Presión diferencial muy avanzada.
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	* Seguir los procedimientos de seguridad.		1	1	1 BAJO

No	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
7	¿Qué pasaría si existiera un calentamiento del motor o sobrecarga del interruptor?	Posiblemente el motor esté sobrecargado.	Podría sobrecalentarse el motor.		Mantenimiento preventivo y correctivo.
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	* Seguir los procedimientos de seguridad.		1	1	1 BAJO
8	* ¿Qué pasaría si existiera una transferencia lenta de gas vapor?	Existiría un mal funcionamiento del compresor. Posible vibración. Filtro obstruido. Válvulas del compresor en las líneas de succión o de descarga.	* Existiría un retardo en la operación.		Revisión de diseño, operación e instalación. Mantenimiento preventivo y correctivo
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	* Seguir los procedimientos de seguridad.		2	1	2 BAJO

Proyecto: RECEPCIÓN Y SUMINISTRO

No.	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
9	¿Qué pasaría si existiera una fuga en la descarga del transporte, esto sucedería en el trasvase?	Esto se debe a que no se colocará bien la válvula de globo a la punta de llenado de la toma de recepción, es decir al acoplador relleno para líquido.	<p>Al existir una fuga se formaría una nube flamable.</p> <p>Posible formación de un flamazo.</p> <p>Posible explosión.</p>		<p>Supervisión en la operación.</p> <p>Colocar pull-away</p> <p>Mantenimiento preventivo y correctivo.</p> <p>Procedimiento de operación y mantenimiento.</p>
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	* Seguir los procedimientos de seguridad.		4	3	12 ALTO
10	¿Qué pasaría si en la operación se sobrepresionara la tubería de gas líquido en la descarga?	* Se abriría la válvula de relevo hidrostático de acción pop.	<p>Fuga de gas con posible formación de una atmósfera inflamable.</p> <p>Posible flamazo.</p>		<p>Supervisión en la operación.</p> <p>Mantenimiento preventivo y correctivo.</p>
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	* Seguir los procedimientos de seguridad.		2	1	2 BAJO

No.	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
11	¿Qué pasaría si existiera gas atrapado en la tubería de descarga de gas líquido?	Existiría un aumento de presión que sería mayor y entraría en operación la válvula de relevo hidrostático.	Posible ruptura de la mirilla con fuga de gas l.p. provocando con esto una posible atmósfera inflamable. Esto sucedería siempre y cuando las válvulas de relevo no funcionaran.		Paro automático Supervisión y mantenimiento Accionar alarma.
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Medidas de seguridad. Aplicar los procedimientos del plan programa para la prevención de accidentes.		2	1	2 BAJO
12	¿Qué pasaría si existiera una falla en la válvula de descarga del semirremolque?	Fuga de material de manera continúa. Al incendiarse podría aumentar la temperatura del envolvente metálico del remolque tanque en la superficie en la que se encuentra el gas-vapor. No funcionan las válvulas de seguridad.	Posible formación de nube flamable con la consecuencia de que al formarse el incendio no podrían llegar a la válvula, por lo que podría calentar el material envolvente del semirremolque pudiendo crear una nube explosiva.		Paro automático Supervisión y mantenimiento Accionar alarma. Colocar un sistema de enfriamiento en la zona.
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Medidas de seguridad. Programa para la prevención de accidentes.		4	3	12 ALTO

No.	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
13	¿Qué pasaría si existiera una falla en las válvulas de seguridad y se encontrara cerrada la válvula de exceso de flujo para líquido y la válvula de entrada al tanque de almacenamiento?	Se tendría una contra- presión muy fuerte en toda la línea de gas – líquida, la cual provocaría una fuga en la zona más débil, que en este caso sería la mirilla. No funcionan las válvulas de relevo hidrostático.	Posible formación de nube flamable con la consecuencia de que al formarse el incendio no podría crear una nube explosiva.		Paro automático Supervisión y mantenimiento Accionar alarma. Colocar un sistema de enfriamiento en la zona.
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Medidas de seguridad. Programa para la prevención de accidentes. Brigada contra incendio		2	3	6 MEDIO

Proyecto: TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LA PLANTA

No.	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
14	¿Qué pasaría si se sobrellenara el (los) tanque(s) de almacenamiento por una mala operación en el vapor de gas?	Se abrirían las válvulas de seguridad del multiport las cuales tiene una capacidad de descarga de 294 m3/min.	Posible fuga con formación de una nube inflamable.		Paro automático Supervisión y mantenimiento Accionar alarma.
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Medidas de seguridad.		1	5	5

	Ver medidas del programa para la prevención de accidentes. Accionar el sistema de aspersión.				MEDIO
15	¿Qué pasaría si existiera una sobrepresión en el(los) tanque(s) de almacenamiento y fallaran las válvulas de seguridad del multiport?	Es casi imposible porque se tienen 8 válvulas de seguridad y en caso de que una de ellas no funcionara las otras entrarían en operación.	Posible formación de una nube inflamable. Que en el caso de encontrar una fuente de ignición podría provocar una explosión con consecuencias mayores.		Supervisión de la operación y descarga Mantenimiento preventivo y correctivo. Revisión de las condiciones del tanque de almacenamiento.
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Procedimientos del Programa para la Prevención de Accidentes. Capacitación del personal de las brigadas. Simulacros.		4	3	12 ALTO

Proyecto: **ANDEN DE LLENADO**

No.	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
16	¿Qué pasaría si se existiera una falla en las válvulas automáticas de llenado?	Mal enroscado de la válvula al recipiente portátil.	Posible fuga de gas l.p. con formación de una nube flamable y explosiva.		Supervisión de la operación Paro automático Mantenimiento preventivo y correctivo. Accionar alarma si fuera necesario.
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Procedimientos del Programa de Prevención de Accidentes. Capacitación del personal. Simulacros.		1	3	3 BAJO

Proyecto: ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

No.	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
17	¿Qué pasaría si se existiera una falla en las válvulas automáticas de llenado?	Mal enroscado de la válvula al recipiente vehículo automotor.	Posible fuga de gas l.p. con formación de una nube flamable y explosiva.		Supervisión de la operación Paro automático Mantenimiento preventivo y correctivo. Accionar alarma si fuera necesario.
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Procedimientos del Plan Interno de Protección Civil. Capacitación del personal. Simulacros.		1	5	5 MEDIO

Proyecto: TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE ESTACIÓN DE CARBURACIÓN

No.	PREGUNTA/CASO	RESPUESTA	CONSECUENCIA/PELIGRO		ACCIÓN RECOMENDADA
18	¿Qué pasaría si existiera una sobrepresión en el tanque de almacenamiento utilizado en la estación de carburación?	Es probable que falle la válvula de seguridad. Mala calibración de la válvula.	Posible formación de una nube inflamable. Que en el caso de encontrar una fuente de ignición podría provocar una explosión con consecuencias mayores.		Supervisión de la operación y descarga Mantenimiento preventivo y correctivo. Revisión de las condiciones del tanque de almacenamiento.
	Implementos de Seguridad Instalados		Probabilidad (A)	Gravedad de Consecuencia (B)	Factor de Análisis de Riesgos (A) x (B)
	Procedimientos del Programa para la Prevención de Accidentes. Capacitación del personal de las brigadas. Simulacros.		2	5	10 ALTO

IV.3 PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO

Se anexa informe Técnico

CAPITULO 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

Croquis de la Planta de Almacenamiento

Proyecto Civil

- PRO-CIV-01
- PRO-CIV-03

Proyecto Mecánico

- PRO-ME-01

Proyecto Eléctrico

- PRO-EL-02
- PRO-EL-03

V.1.2 Fotografías

Ver anexo Memoria Fotográfica

V.1.3 Videos

No Aplica