

## ÍNDICE

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO .....	3
I.1 BASES DE DISEÑO .....	3
I.1.1.1 Proyecto de Perforación de Pozos .....	14
I.1.2 Tubería de Perforación .....	29
I.1.3 Proyecto sistema contra incendio .....	37
I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO.....	38
I.2.1 Hojas de seguridad.....	61
I.2.2 Almacenamiento .....	61
I.2.3 Equipos de proceso y auxiliares.....	61
I.2.4 Pruebas de verificación.....	61
I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	61
I.3.1 Especificación del cuarto de control .....	66
I.3.2 Sistemas de aislamiento .....	67
I.4 ANALISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS .....	69
I.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes.....	69
I.4.2 Metodologías de identificación y jerarquización.....	69
I.4.2.1 Premisas y Consideraciones para Seleccionar las Metodologías Aplicadas.....	69
I.4.2.2 Metodología HazOp. ....	71
I.4.2.3 Jerarquización de Riesgos.....	73
II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.....	77
II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.....	77
II.2 INTERACCIONES DE RIESGO .....	224
II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL .....	224
III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL .....	225
III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO – OPERATIVAS .....	225
III.1.1 Sistemas de seguridad .....	225
III.1.2 Medidas preventivas .....	226
IV. RESUMEN .....	227
IV.1 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL .....	227

IV.2 RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL .....	228
IV.3 INFORME TÉCNICO .....	229
V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL	236
V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN .....	236
V.1.1 Planos de localización .....	236
V.1.2 Fotografías .....	236
V.1.3 Videos .....	236
V.2 OTROS ANEXOS .....	236

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

### I.1 BASES DE DISEÑO

Oleum del Norte S.A.P.I de C.V, es una empresa dedicada a la prestación de servicios, cuenta con la experiencia en todo tipo de pozos en áreas de Exploración y Desarrollo de Campos marinos, terrestres, pantanos, someros, profundos y ultra profundos; de tal forma, que se considera poder satisfacer las expectativas y costos de cualquier proyecto.

Los servicios que se proporcionan dentro de la reparación de pozos son:

- Reparaciones mayores
- Reentradas
- Reparaciones menores
- Conversiones a bombeo Neumático o Electrocentrífugo
- Control y taponamiento de pozos

Oleum del Norte S.A.P.I de C.V. opera con tecnología de vanguardia, personal de amplia experiencia y reconocida trayectoria, cuidando la seguridad del personal, y la protección del medio ambiente. Se tiene experiencia en pozos de alta temperatura y alta presión, manejo de gases contaminantes como H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, entre otros fluidos invasores, pozos de altos ángulos, pozos de presionados, pozos con severas pérdidas de circulación, etc.

#### **Infraestructura por equipo de reparación.**

De forma general para el desarrollo de las actividades de reparaciones con equipo, los mismos están constituidos principalmente por los siguientes elementos:

- Una estructura de soporte de acero ensamblado, que contiene el piso de reparación o el piso de la torre, la mesa rotatoria, el malacate, los controles de malacate, rotaria y preventores, y el equipo auxiliar asociado.
- Dos generadores eléctricos accionados por motores diesel, los cuales proporcionan energía para la mesa rotatoria, malacate e iluminación.
- Un compresor que proporcionan aire para uso general.

- Una bomba de lodos para proporcionar la circulación de lodos o fluido de control según sea el caso necesario para la reparación.
- Preventores para el control de la presión durante una actividad de reparación.
- Bomba koomey que proporciona energía hidráulica para el cierre de los preventores en caso de emergencia.
- Uno tanque para el depósito de diesel para motores de combustión interna
- Un tanque de agua tratada, uno para agua de servicio y tres tanques con agua para uso general.
- Bomba centrífuga 4 HP para suministro auxiliar en la localización.
- Dos presas para lodos (fluido de control), succión y auxiliar.

En la tabla I.1-1. Se detallan las áreas y sistemas principales que conforman un equipo de reparación, así como su función asociada para los equipos de reparación. Dichas áreas y sistemas fueron identificadas durante los trabajos de campo.

**Tabla I.1-1 Descripción de Equipos de perforación**

Área / Sistemas	Función
Rampas de material químico	Para la recepción, almacenamiento en contenedores y/o bolsas y la entrega de los materiales químicos para la preparación y acondicionamiento de los fluidos de control en la presa de succión (en caso de utilizarse este tipo de material)
Centrífugas de (H <sub>2</sub> O) agua	Para facilitar el mezclado y agitación del fluido de control en la presa mediante un circuito cerrado de circulación y la adición de agua.
Presas de succión a bomba de Lodo	Para la conservación del fluido de control (reparación) y su entrega a la succión de la bomba de Lodos.
Bombas de Lodos (1)	Para el bombeo a alta presión de los lodos de reparación (fluido de control) hacia el interior de la cavidad del pozo.
Tuberías de Lodos (fluido de control)	Para la conducción de los lodos de reparación (fluido de control) desde la bomba de lodo hacia el interior de la cavidad del pozo.
Presas auxiliares	Para una capacidad adicional de conservación de los Lodos de reparación (fluido de control)
<b>Eliminadores de sólidos</b>	
Centrífugas de Lodos	Para la eliminación secundaria por centrifugado de los recortes de perforación/reparación más finos.
Zarandas vibratorias	Para la eliminación (separación) de los recortes o fluidos de control provenientes del pozo
Centrífugas de lodos (2)	Para la eliminación secundaria por centrifugado de los recortes o fluidos de control provenientes del pozo y que son finos
Contenedores de Lodo	Para la recepción, conservación y posterior envío a tratamiento y/o eliminación de los lodos de reparación (fluido de control)
<b>Sistema de control de brotes</b>	

**Tabla I.1-1 Descripción de Equipos de perforación**

<b>Área / Sistemas</b>	<b>Función</b>
Conjunto de preventores	Para el cierre y aislamiento del agujero del pozo en caso de una manifestación (brote) no controlada por medio del sistema de lodos.
Sistema de bombas acumuladoras	Para producir el accionamiento de los preventores del sistema de control de brotes mediante energía hidráulica.
Líneas de inyección	Para la inyección de lodos a alta presión el agujero del pozo con el objetivo de controlar un brote del pozo.
<b>Área de Alivio de Presión</b>	
Líneas de estrangulación	Para la conducción segura de fluidos a alta presión provenientes del pozo al ensamble estrangulador, en caso de un brote o manifestación del pozo.
Ensamble estrangulador	Para la reducción segura de la presión de los fluidos a alta presión provenientes del pozo en caso de un brote o manifestación del pozo.
<b>Estructura de Torre y Pozo</b>	
Torre (Mástil)	Base estructural de todo el sistema de reparación directa del pozo (incluye a las estructuras del mástil, corona de la torre, changuero, piso de trabajo y subestructura para malacate)
Malacate eléctrico, (incluye tambores, freno electromagnético, cable, polea viajera y otros aditamentos).	Para el izaje y manipulación de las tuberías o sartas de producción.
Rotaria y sus auxiliares y accesorios	Para proporcionar la energía mecánica de accionamiento, para la reparación del pozo mediante la rotación de la flecha.
Base de torre-pozo	Para el apoyo de las estructuras del mástil (torre) de la instalación del equipo de reparación.
Manipuladores mecánicos en el piso de reparación	Para la manipulación, enroscado y desenroscado de las tuberías de perforación/reparación TP, herramientas y otros accesorios de perforación/reparación y de las tuberías de revestimiento TR.
Área de manejo de tubería de perforación/reparación y de revestimiento.	Para el almacenamiento de tuberías de perforación/reparación TP y de las tuberías de revestimiento TR.
<b>Suministro eléctrico</b>	
Generadores Diesel 1, 2	Para el suministro de energía eléctrica de potencia para el accionamiento de los sistemas de la instalación de reparación.
Sistema de radiadores de enfriamiento	Para el enfriamiento de los Generadores Diesel 1, 2 de energía eléctrica de potencia.
Plantas de iluminación 1 y 2	Para el suministro de eléctrico de iluminación de la instalación de reparación.
Tanques de agua (2)	Para el almacenamiento y consumo de agua de enfriamiento de los radiadores de los Generadores Diesel.
Tanque de Diesel de consumo.	Para el almacenamiento y consumo de combustible Diesel para los Generadores Diesel.
Panel de control eléctrico.	Para el control y distribución de todo el suministro de energía eléctrica de potencia e iluminación para la instalación de reparación.
Compresores (1)	Para el suministro de aire comprimido para el accionamiento de equipos y sistemas de la instalación de reparación.

## Componentes de un equipo de reparación terrestre.

En este apartado se van a describir los principales componentes de un equipo de reparación terrestre, el cual cuenta básicamente con los siguientes componentes: sistemas de elevación y rotación; un mástil que sirve de soporte, una fuente de potencia, y un sistema de circulación.

### Mástil.

Es una estructura de acero con capacidad para soportar seguramente todas las cargas verticales, las cargas que excedan la capacidad del cable, y el empuje máximo de la velocidad del viento. La plataforma de trabajo tiene que estar a la altura apropiada para sacar la tubería del pozo en secciones de tres juntas de tubo (lingadas) que miden aproximadamente 28 - 31 m, dependiendo del rango de la tubería. Se erige sobre una subestructura. Ésta sirve para dos propósitos principales, a) soportar el piso de reparación, así como facilitar espacio para el equipo y personal y b) proveer espacio debajo del piso para alojar los preventores de reventones.

La subestructura no sólo soporta el peso de la mesa rotaria, sino el peso completo de la sarta, cuando está suspendida por las cuñas. Los mástiles se clasifican de acuerdo a su capacidad para soportar cargas verticales y a la velocidad del viento que pueda soportar de lado. El mástil debe soportar el peso de la sarta en todo momento, mientras la sarta está suspendida del block de la corona y cuando descansa en la mesa rotaria.

Las construcciones del mástil son de acero estructural y pueden ser:

### Sistema de energía.

Para llevar a cabo los trabajos de reparación se cuentan con tres tipos principales de equipos, de acuerdo al sistema generador de potencia:

- 1.- Sistema diesel mecánico (convencional)
- 2.- Sistema diesel eléctrico c.d./c.d.

Los equipos de reparación con sistema c.d./c.d. usan generadores y motores de corriente directa que tiene una eficiencia aproximada de un 95%. La eficiencia real en conjunto con la maquinaria de reparación es de 87.5% debido a pérdidas adicionales en los requisitos de fuerza de los generadores por inducción en el campo, soplador de enfriamiento, temperatura en conmutador, escobillas y longitud del cable alimentador. En este sistema, la energía disponible se encuentra limitada por la razón de que sólo un generador c.d. se puede enlazar eléctricamente a un motor c.d. dando por resultado 1600 H.P. disponibles para impulsar el malacate.

3.- Sistema diesel eléctrico c.a./c.d. Los equipos de reparación diesel mecánicos (convencional) son aquellos en que la transmisión de energía - desde la toma de fuerza del motor diesel de combustión interna - hasta la fecha de entrada de la maquinaria de reparación (malacate, rotaria y bombas de lodo), se efectúa a través de convertidores de torsión, flechas, cadenas, transmisiones, cuya eficiencia mecánica varía y generalmente anda por el orden de 60% promedio.

Los equipos de reparación con sistema c.a./c.d. (corriente alterna/ corriente directa) están compuestos por generadores de c.a. y por rectificadores de corriente (alterna a directa) scr's (silicon controlled rectifier). Obtienen una eficiencia de un 98%; cuya energía disponible se concentra en una barra común (PCR) y puede canalizarse parcial o totalmente a la maquinaria de reparación (rotaria, malacate y bombas) que se requiera.

La ventaja de este sistema es tal que, en un momento dado y de acuerdo a las necesidades, toda la potencia concentrada en las barras podría dirigirse o impulsar al malacate principal teniendo disponible una potencia de 2000 H.P.

### **Características del Área de Evaluación**

A continuación, en la Figura I.1-1 se presenta un resumen de las características generales del Área Contractual La Laja, según la Ficha Técnica publicada por la CNH al momento de la licitación.

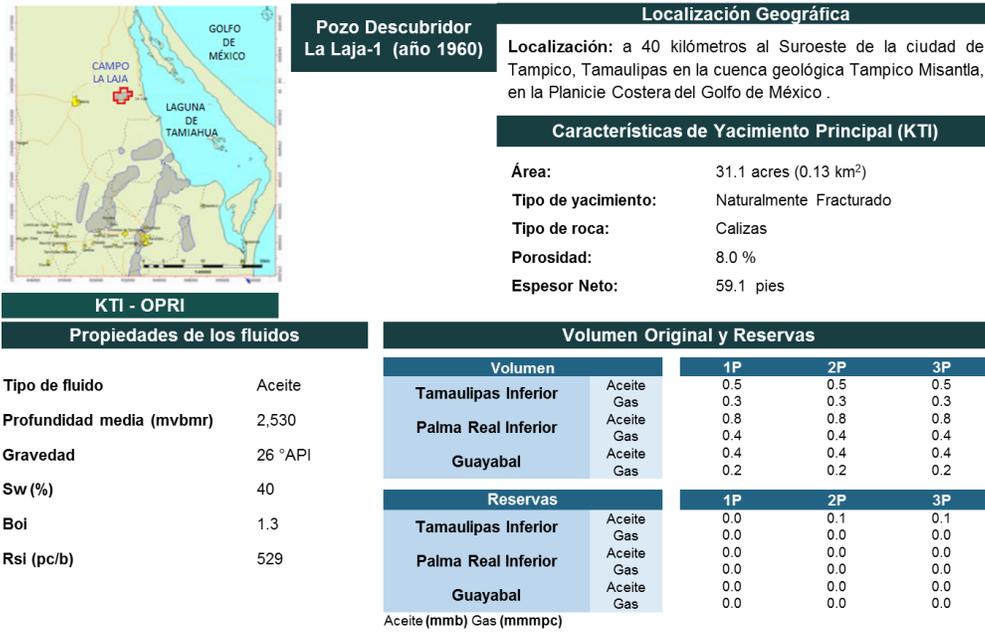
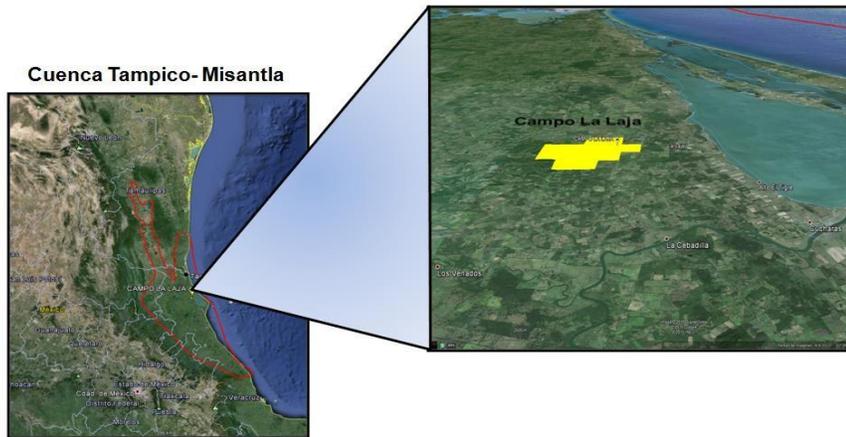


Figura I.1-1. Características generales del área Campo La Laja.

## Ubicación Geográfica

El campo La Laja se ubica a 40 kilómetros al suroeste de la ciudad de Tampico, Tamaulipas, está localizado geológicamente en la cuenca Tampico-Misantla, en la Planicie Costera del Golfo de México, cubriendo una extensión de aproximadamente 10.2 Km<sup>2</sup>. Ver I.1-2

Figura I.1-2. Ubicación Campo La Laja.



Las coordenadas geográficas del Área Contractual se muestran en la Tabla I.1-2.

Tabla I.1-2 Coordenadas geográficas del campo La Laja.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS CAMPO LA LAJA		
Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
1	97° 43' 30"	21° 41' 30"
2	97° 43' 30"	21° 41' 00"
3	97° 43' 00"	21° 41' 00"
4	97° 43' 00"	21° 40' 30"
5	97° 43' 30"	21° 40' 30"
6	97° 43' 30"	21° 40' 00"
7	97° 44' 00"	21° 40' 00"
8	97° 44' 00"	21° 39' 30"
9	97° 45' 00"	21° 39' 30"
10	97° 45' 00"	21° 40' 00"
11	97° 45' 30"	21° 40' 00"
12	97° 45' 30"	21° 41' 00"
13	97° 44' 30"	21° 41' 00"
14	97° 44' 30"	21° 41' 30"

En el caso de la adquisición de sísmica 3D se contempla realizar el procesamiento en El “Área Contractual 10 Campo La Laja” que ocupa una superficie de 1,034 Ha y de manera temporal en un área de 582 Ha.

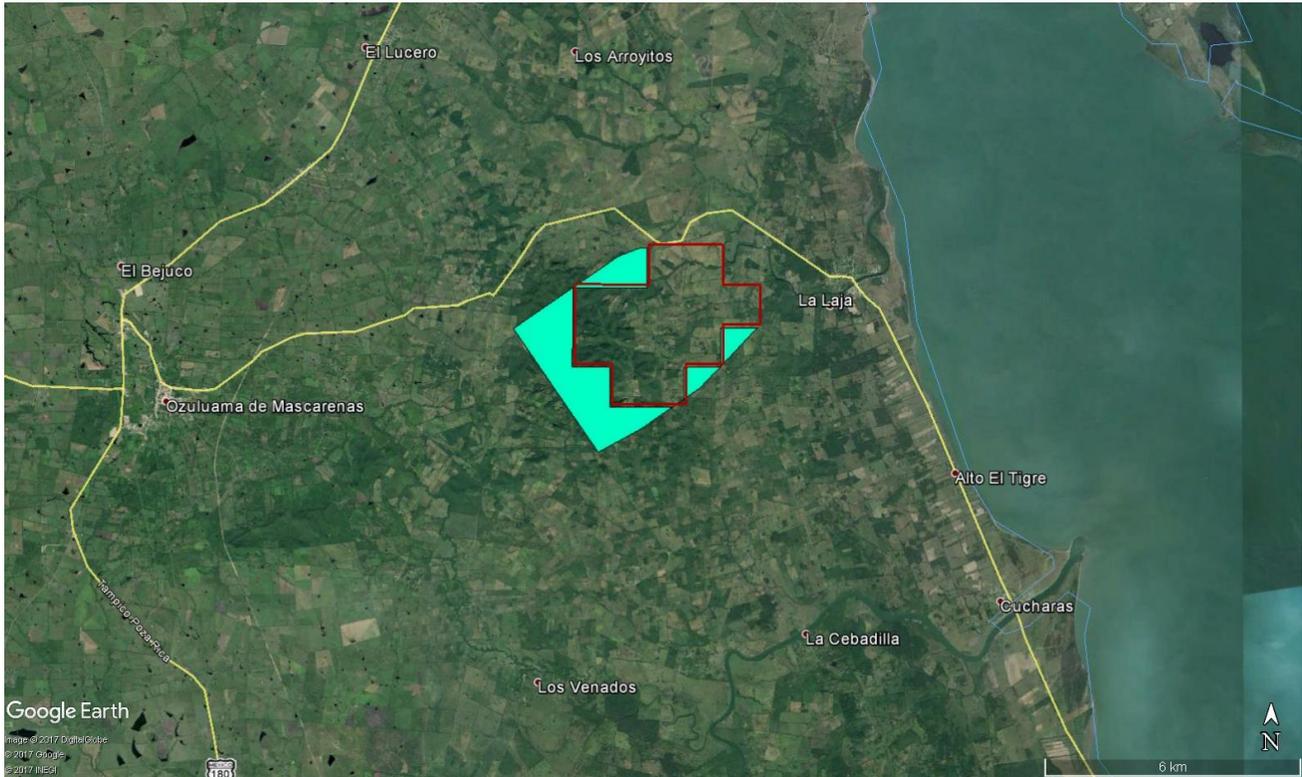
El resto de obras y actividades de los tres periodos diferentes se realizarán únicamente en El “Área Contractual 10 Campo La Laja

En la Tabla I 1-3 se incluyen las coordenadas geográficas para adquisición de Sísmica 3D.

**Tabla I.1-3. Coordenadas geográficas Adquisición Sísmica 3D**

Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
A	627040	2397255
B	629464	2398952
C	629959	2399152
D	629959	2399228
E	630173	2399242
F	631897	2398320

Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
G	631909	2398327
H	632775	2397404
I	631821	2396354
J	631398	2395912
K	630022	2394948
L	629036	2394404
A	627040	2397255



## Ubicación de Campos, Pozos e Instalaciones Superficiales dentro del Área del Contrato

- En el área contractual existe un solo campo, denominado campo La Laja.
- En la Figura I.1-3 se muestra mapa con una interpretación estructural del área, así como la ubicación de los siete (7) pozos perforados en el campo, de los cuales cuatro (4) están cerrados y los otros tres (3) están taponados. En rojo se muestra el polígono del Área Contractual y punteado en azul, se indican los dos pozos de la formación Tamaulipas Inferior.

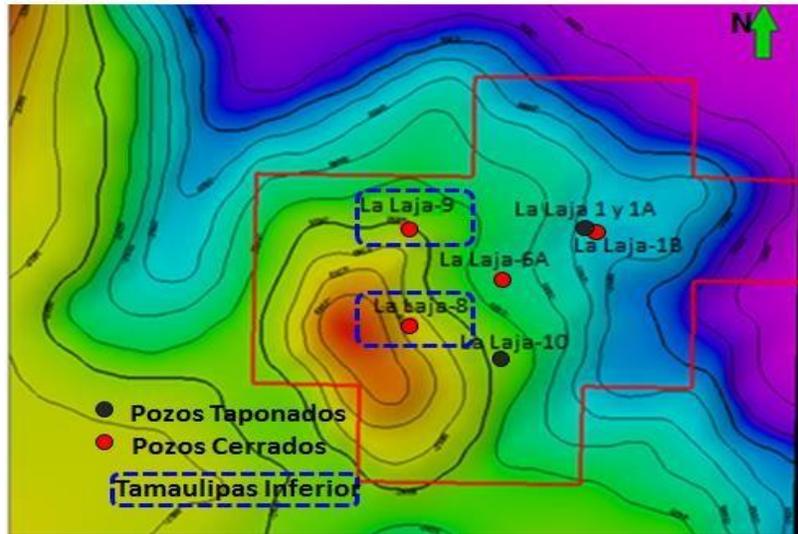


Figura I.1-3. Ubicación de Pozos en el ares contractual.

En el Área Contractual no existe ningún tipo de instalaciones superficiales para el procesamiento, manejo y transporte de hidrocarburos.

### I.1 I.1.1 Proyecto de Perforación de Pozos

La planeación para la perforación de un pozo nace de un requerimiento por resultados de estudios de gravimetría, magnetometría, geotectónico, geoquímica, geología regional, estratigráfica, geología estructural, sismología, petrofísicos y sedimentología, etc. Del resultado de estos confines estructurales y sísmicos, de la reserva posible y probable de los yacimientos y, sobre todo, de la demanda que exista de hidrocarburos, se determinará el modelo de pozo a perforar, proporcionando un diámetro y una formación objetivo, así como su profundidad. Con las coordenadas definidas, los ingenieros de perforación localizan el lugar donde se ha de realizar la perforación con el siguiente análisis:

- Si la localización es terrestre, se determinará la clase de equipo que se empleará en la perforación del pozo, el cual dependerá del peso y longitud de la sarta, así como de la profundidad a perforar.
- El tipo de transporte que se usará para trasladar el equipo de perforación y el material necesario hasta la localización seleccionada, a medida que se desarrollan las operaciones. En algunas ocasiones se requiere transitar varios kilómetros de caminos y terracería.
- El volumen y tipo de combustible a emplearse para la generación de energía.
- El abastecimiento de suficiente agua cerca de la ubicación del pozo.
- La profundidad probable del pozo.

Todos estos factores deberán ser analizados para disponer del equipo que se adapte mejor para obtener una operación eficiente bajo las condiciones existentes. Posteriormente, para hacer una estimación de los costos, se revisará la estadística del área, los incidentes, tiempos que pueda necesitarse para realizar el trabajo, técnicas, eventos, diseños, empleados; se efectúa una valoración con posibles fallas, análisis del comportamiento de los yacimientos y las diferentes formaciones a perforar.

Existe relación directa entre tiempo y costo, dado que el pago de personal, combustible y la depreciación del equipo depende de la duración del trabajo, que incluye cortes de núcleos, pruebas de formación, el programa de revestimiento, etc. Se obtiene, en primer lugar, la historia de perforación de un pozo exploratorio; si lo hay se estima la velocidad de perforación, se deducen los tiempos empleados en operaciones en las que no se perfora, tales como la instalación de equipo, exceso de tiempo en sacar núcleos y reparaciones, etc.

## Clasificación de pozos

Debido a la complejidad y a la amplia variedad de tipos de pozos de perforación que existen en la actualidad, la clasificación para su estudio dependerá del tipo de pozo, trayectoria de pozo, técnica especial de perforación y objetivo.

La ubicación del pozo se basa en informes estructurales geológicos y geofísicos, tomados por métodos indirectos para identificar cuencas e incorporar reservas, información geológica para comprobación de leyes de velocidad sísmica, en la perforación de pozos localizados fuera de los límites de los yacimientos desarrollados o en desarrollo, tal como los límites son conocidos en el momento de iniciarse la perforación; o bien, la perforación de pozos dentro de los límites conocidos de un yacimiento.

Para su estudio, los pozos se clasifican en:

- Exploratorios
- Desarrollo
- Avanzada
- Inyección
- Estratigráfico
- Observador
- De disposición
- De Alivio
- De servicio
- Delimitadores

### Pozos Exploratorios:

Es aquel pozo que se perfora como investigación de una nueva acumulación de hidrocarburos, es decir, que se perforan en zonas donde no se había encontrado antes petróleo ni gas. Este tipo de pozos puede perforarse en un campo nuevo o en una nueva formación productora dentro de un campo existente. Es importante destacar que cualquier pozo que se perfora con el objetivo de producir hidrocarburos es, en principio un pozo exploratorio, después de la construcción del mismo, dependiendo del área donde se perforó y del resultado de la perforación la clasificación del pozo cambia y pueden ser productores y no productores.

Los pozos exploratorios Incorporan reservas probables de aceite y gas, por encima o por debajo de la zona productora; además pueden identificar cuencas y evaluar el potencial petrolero del país, delimitando y caracterizando geológicamente los yacimientos descubiertos.

### **Pozos de Desarrollo:**

Son los pozos perforados con la finalidad de explotar, extraer y drenar las reservas de un yacimiento. El objetivo principal al perforar un pozo de desarrollo es aumentar la producción del campo, razón por la cual, se perforan dentro del área probada; sin embargo y debido a la incertidumbre acerca de la forma o el confinamiento de los yacimientos, algunos pozos de desarrollo pueden resultar secos. De acuerdo al área donde se perfora los pozos pueden ser: de Desarrollo, si se encuentran en un área probada y de Avanzada, si se encuentran fuera de la misma.

### **Pozo de Avanzada:**

Después de la perforación de un pozo exploratorio en un área inexplorada que resulta productora, se perforan los pozos de avanzada con el objetivo principal de establecer los límites del yacimiento. Sin embargo, también se perforan pozos de avanzada con el objeto de extender el área probada de un yacimiento, si durante el desarrollo de la explotación del mismo se dispone de información que indique que este podría extenderse más allá de los límites originalmente supuestos; entonces se perforan pozos fuera del área probada. Estos tienen mayor riesgo que los pozos de desarrollo, dada su ubicación.

### **Pozos de Inyección:**

son aquellos pozos que permiten inyectar fluidos en las formaciones atravesadas durante la perforación, el fluido inyectado puede ser gas, agua, vapor de agua o productos químicos. El proceso de inyección realiza principalmente con dos objetivos: mantener la presión del yacimiento o para desplazar los fluidos que se encuentran en la formación hacia los pozos productores.

### **Pozo Estratigráfico:**

Su objetivo no es encontrar hidrocarburos, sino estudiar la columna estratigráfica, con el fin de obtener información geológica del subsuelo o petrofísica, razón por la cual no se realiza la terminación de este tipo de pozo.

### **Pozo Observador:**

Son pozos que después de cumplir las funciones de productores o inyectores al final de su vida útil, son destinados al estudio del comportamiento del yacimiento. En la Figura 3a se muestra un pozo utilizado para observar el comportamiento de un pozo inyector.

### **Pozo de Disposición:**

Son pozos que se perforan con la finalidad de disponer agua de formación, fluidos de perforación, desechos, cuando no hay forma de manejarlos en superficie. En la Figura 3b se observa que los fluidos dispuestos en este pozo a diferencia de los inyectores no tienen como objetivo una formación o intervalo específico.

**Pozo de Alivio:**

Son aquellos pozos perforados con el fin de disminuir la presión en un pozo cuando existe un problema de alta presión o reventón.

**Pozos de Servicio:**

son aquellos pozos cuya función principal se vincula con actividades complementarias dentro de un campo petrolero, por ejemplo: para el suministro de agua del campo.

**Pozos Delimitadores:**

Se perforan para confirmar la extensión del yacimiento productor descubierto por un pozo exploratorio.

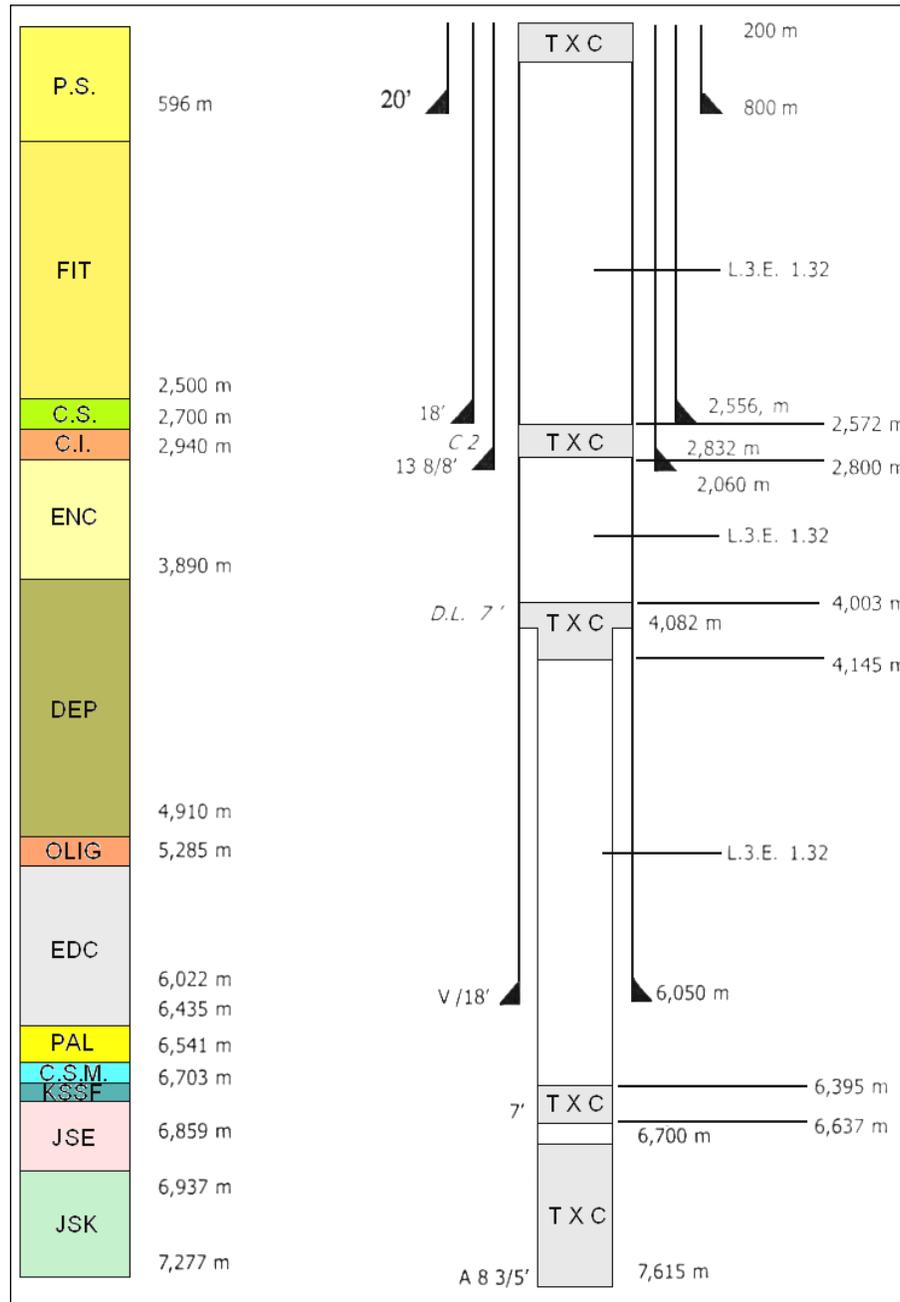
**Tipos de Pozos Petroleros**

De modo descriptivo se dan a conocer los principales antecedentes de tipos de pozos a Perforar:

- Perforación Vertical
- Perforación Horizontal
- Perforación Direccional
- Perforación de Multilaterales

**Verticales**

Estos pozos durante su trayectoria de perforación mantienen la verticalidad del pozo con una tolerancia de desviación de tres a un máximo de cinco grados de desviación, y esto depende de la profundidad que tenga. Son los primeros pozos que se perforan al inicio de la exploración de un horizonte petrolero (figura I.1.1-1)



**Figura I.1.1-1 Pozo Vertical**

## Horizontales

Se desarrollaron con el objeto de encontrar producción comercial de hidrocarburos en la formación brecha terciario Paleoceno Cretácico Superior, así como alejar el punto de explotación del contacto agua-aceite. Así en el territorio mexicano se han perforado a la fecha 7 pozos que alcanzan una longitud desde 125,0 a 1 706,0 m; aun cuando los costos de perforación de los pozos horizontales duplican a los de perforación vertical, los pozos horizontales mejoran la producción en un factor de 2-7 principalmente en los yacimientos fracturados naturalmente (Figura I.1.1-2).

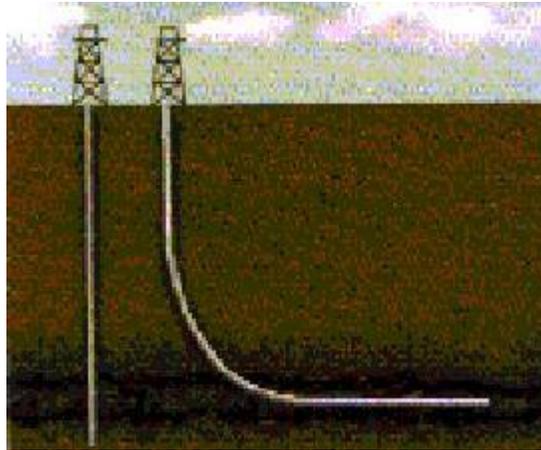
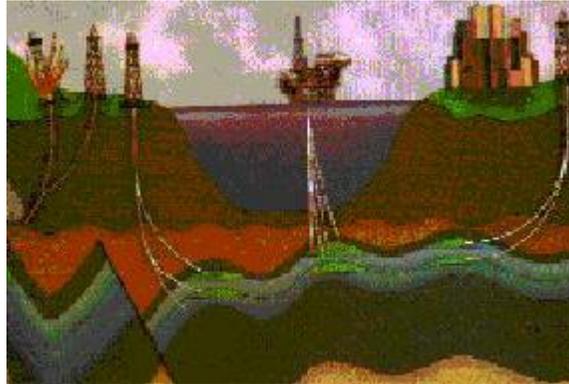


Figura I.1.1-2 Pozo Vertical y Pozo Horizontal

## Direccionales

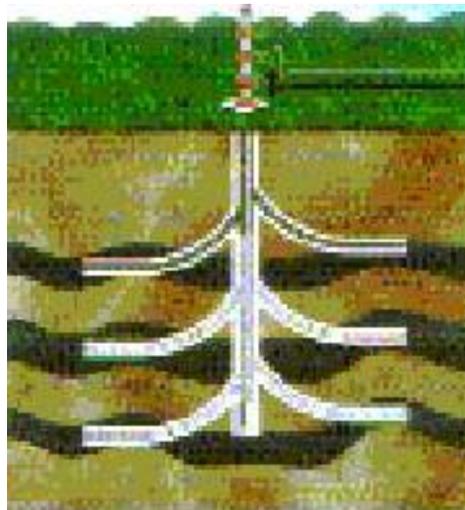
Esta técnica de perforación es la de desviar un pozo a lo largo de un curso planeado hasta un objetivo subterráneo, localizado a una distancia horizontal (desplazamiento) desde un punto (coordenadas de un conductor) directamente abajo del centro de la mesa rotaria de un equipo de perforación, y es aquél que se perfora con un ángulo de inclinación con respecto a la vertical, y que su trayectoria es controlada hasta alcanzar un punto en el subsuelo considerado como objetivo. Se origina como una solución ante la dificultad de ubicar pozos en zonas habitadas, estos se pueden perforar desde otra ubicación; utilizando la perforación direccional se pueden perforar diversos pozos desde una sola plataforma, de tal manera que sus objetivos lleguen a la zona de producción, de acuerdo con el espacio requerido para obtener una producción óptima (erigir una plataforma por cada pozo sería muy poco provechoso y el impacto ambiental generado sería mucho mayor), (Figura I.1.1-3).



**Figura I.1.1-3 Pozos Direccionales**

### **Multilaterales**

Están fundamentados en el avance de la tecnología de la perforación horizontal, la cual tiene como objetivo primordial obtener mayor área de drenaje en su recuperación de hidrocarburos, explotar yacimientos agotados, delgados o estratificados, lenticulares, marginales, etc. (Figura I.1.1-4), a través de la ubicación de varios objetivos laterales u horizontales que se derivan en un pozo común, que bien puede ser vertical u horizontal, (Figura I.1.1-5). Los pozos laterales pueden ser aplicados a partir de un pozo existente (pozo antiguo) o de uno nuevo. Cuando se perforan a partir de un pozo nuevo, la evaluación para la selección del pozo candidato estará en función del tipo de yacimiento, característica, propiedades, productividad del pozo y sus condiciones económicas del mismo, entre otros.



**Figura I.1.1-4 Pozo Multilateral y Ramificado.**

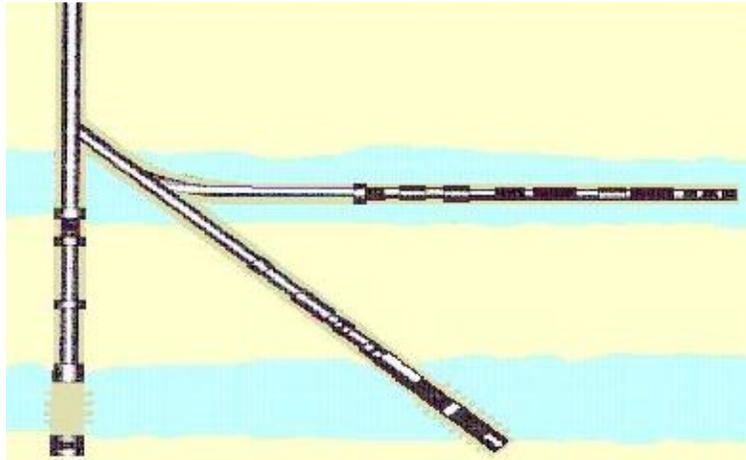


Figura I.1.1-5 Perforación Ramificada de un pozo vertical.

## Técnicas especiales de perforación.

Las técnicas especiales de perforación son:

- Bajo Balance
- Perforación con tubería flexible
- Pozos esbeltos
- Casing-Drilling

### Bajo Balance.

La perforación bajo balance ha comprobado ser una de las maneras más económicas para perforar formaciones fracturadas. Se obtiene cuando la suma de la presión hidrostática del fluido de perforación, más la caída de presión en el espacio anular es menor que la presión estática del yacimiento. Esto se logra bajando la densidad del fluido de perforación intencionalmente, con la inyección de un gas (aire, metano o nitrógeno), provocando presión anular en la superficie. Esta técnica ha permitido realizar operaciones de perforación en yacimientos de presionados, obteniendo los siguientes resultados:

- Evita dañar los yacimientos
- Permite tener un medio circulante limpio para perforar
- Es aplicable tanto a yacimientos de presionados como de alta presión
- Permite aumentar considerablemente la velocidad de perforación
- Permite disminuir los riesgos en forma económicamente aceptable

### **Perforación con Tubería Flexible.**

Esta técnica es recomendable en pozos someros y exploratorios (terciario) y en donde se tiene problemas de espacio y, sobre todo, en zonas o en áreas protegidas por las Leyes Ecológicas, donde no es permitido modificar el ecosistema. Sus ventajas son:

- Sustitución de la tubería de perforación.
- Diámetro de agujero más esbelto.
- Mayor velocidad en viajes.
- Combinación de tecnologías con sartas navegables.
- Mejor aplicación de la hidráulica para circular.
- Alternativa para abarcar mayor área de flujo de los yacimientos viejos con pozos multilaterales.

### **Pozos esbeltos.**

El propósito primordial de esta técnica es la reducción de tiempos, diseños de T.R's y costos de perforación, principalmente en pozos de gas, terminación y mantenimiento de pozos, aprovechando la disminución general de dimensiones, volúmenes, cantidades, etc., en cuanto equipo y materiales se refiere.

### **Casing-Drilling.**

En la planeación de la perforación de campos de desarrollo se deberá implantar como práctica común la "Reingeniería de Diseño de Pozos", para reducir los costos de perforación de pozos petroleros. Las ventajas obtenidas con el Casing-Drilling son:

- El aumento de la rentabilidad de los proyectos de inversión en campos con explotación intermedia o avanzada.
- En pozos verticales someros a medianos con una profundidad entre 1500 y 3000 metros se ahorra en viajes para cambio de barrenas (se requieren solo 2 o 3 etapas de perforación, los diámetros recomendables son: 4 ½", 5", 5 ½", 6", 6 5/8" y 7").
- El cambio básico consiste en eliminar la sarta de perforación, tubería extra pesada (HW), lastra barrenas (D.C.), estabilizadores y sustituirla por la tubería de revestimiento.

### **De acuerdo con sus objetivos los pozos pueden ser:**

- Pozos productores
- Pozos inyectores
- Pozos de alivio
- Pozos Letrina

### **Pozos Productores**

Son perforados para explotar un yacimiento y lograr producir sus reservas hasta el límite económico, Los pozos productores pueden ser verticales horizontales o altamente desviados todo dependiendo de los objetivos. Los pozos productores requieren diseños especiales para lograr producir los pozos de manera natural o con sistemas de Levantamiento artificial.

### **Pozos inyectores.**

Se utilizan para inyección de agua o gas en yacimientos de presionados, con el objetivo de mejorar el factor de recuperación de los hidrocarburos y, a la vez, mantener la presión de fondo de los campos y, por lo tanto, el ritmo de explotación. También se utilizan en el sistema de recuperación primaria, puede acondicionarse para operar en sistema de recuperación secundaria. Estos pozos requieren la aplicación de diseños especiales como fluidos de control, conexiones, tuberías, etc.

### **Pozos de alivio.**

Se emplean para controlar pozos descontrolados. La técnica consiste en perforar un pozo direccional, a modo que el objetivo quede cerca del yacimiento emisor, la tecnología actual permite que el fondo del pozo de alivio se ubique dentro de un rango de 3,0 m. de la zapata de revestimiento de un pozo descontrolado, para luego bombear fluidos y lodo a presión para matar el pozo.

### **Pozos letrinas.**

Debido a las regulaciones y al elevado costo de tratamiento, fue necesaria la disposición de efluentes en la Terminal Marítima de Dos Bocas. Esta se estaba convirtiendo en un problema por los altos volúmenes de aguas residuales de los separadores manejados, los cuales tendían a aumentar en el futuro.



Figura I.1.1-6 Pozos letrinas.

## Principales Elementos que Conforman el equipo de Perforación

Los principales elementos que conforman un equipo de perforación, y sus funciones, son los siguientes:

### **Torre de perforación o Taladro:**

Es una estructura metálica en la que se concentra prácticamente todo el trabajo de perforación.

### **Tubería o "sarta" de perforación:**

Es la tubería de acero que se van uniendo a medida que avanza la perforación.

### **Brocas:**

Son las que perforan el subsuelo y permiten la apertura del pozo.

### **Malacate:**

Es la unidad que enrolla y desenrolla el cable de acero con el cual se baja y se levanta la "sarta" de perforación y soporta el peso de la misma.

### **Sistema de Lodos:**

El sistema que prepara, almacena, bombea, inyecta y circula permanentemente un lodo de perforación que cumple varios objetivos: lubrica la broca, sostiene las paredes del pozo y saca a la superficie el material sólido que se va perforando.

### **Sistema de Cementación:**

Es el que prepara e inyecta un cemento especial con el cual se pegan a las paredes del pozo tubos de acero que componen el revestimiento del mismo.

### **Motores:**

Es el conjunto de unidades que imprimen la fuerza motriz que requiere todo el proceso de perforación.

El tiempo de perforación de un pozo dependerá de la profundidad programada y las condiciones geológicas del subsuelo. En promedio se estima entre dos a seis meses. La perforación se realiza por etapas, con diámetros mayores en la parte superior disminuyendo su diámetro a medida que se profundiza. Esto le da consistencia y evita derrumbes, para lo cual se van utilizando brocas y tubería de menor tamaño en cada sección.

Durante la perforación es fundamental la circulación permanente de un "lodo de perforación", el cual da consistencia a las paredes del pozo, enfría la broca y saca a la superficie el material triturado.

Ese lodo se inyecta por entre la tubería y la broca y asciende por el espacio anular que hay entre la tubería y las paredes del hueco.

El material recuperado se utiliza para tomar muestras y saber qué capa rocosa se está atravesando y si hay indicios de hidrocarburos. Durante la perforación también se toman registros eléctricos que ayudan a conocer los tipos de formación y las características físicas de las rocas, tales como densidad, porosidad, contenidos de agua, de petróleo y de gas natural.

Igualmente se extraen pequeños bloques de roca a los que se denominan "corazones" y a los que se hacen análisis en laboratorio para obtener un mayor conocimiento de las de las arenas o capas que se están perforando.

Para proteger el pozo de derrumbes, filtraciones o cualquier otro problema propio de la perforación, se inyecta por etapas el fluido de cementación el cual es inyectado a través de la tubería de perforación y se desplaza hacia el espacio anular, donde se solidifica.

La perforación debe perforar las formaciones donde se supone se encuentra el petróleo. El último tramo de la tubería de revestimiento se llama "liner de producción" y se fija con cemento al fondo del pozo.

Al finalizar la perforación el pozo queda literalmente entubado (revestido) desde la superficie hasta el fondo, lo que garantiza su consistencia y facilitará posteriormente la extracción del petróleo en la etapa de producción.

La perforación se adelanta generalmente en medio de las más diversas condiciones climáticas y de topografía: zonas selváticas, desiertos, áreas inundables o en el mar. Cuando se descubre el petróleo, alrededor del pozo exploratorio se perforan otros pozos, llamados de "avanzada", con el fin de delimitar la extensión del yacimiento y calcular el volumen de hidrocarburo que pueda contener, así como la calidad del mismo.

En la exploración petrolera los resultados no siempre son positivos. En la mayoría de las veces los pozos resultan secos o productores de agua. Los costos en la exploración son elevados, lo que hace de esta actividad una inversión de alto riesgo

## **Etapas que Conforman la Perforación de un Pozo**

### **Perforación**

Durante las diferentes etapas de la perforación del pozo, se utilizan fluidos de perforación base agua o base aceite cuyas funciones son; mantener la estabilidad del agujero que se perfora, evitar el flujo de fluidos de la formación al pozo, lubricar y enfriar la barrena y sarta de perforación, mantener en suspensión y acarrear los recortes de formación a la superficie.

La Figura VI.2-8 muestra una tabla para seleccionar tubería de revestimiento y la descripción del diseño de las tuberías de revestimiento. Esta tabla se usa para seleccionar tubería de revestimiento necesaria para muchos programas de perforación.

Para usar esta tabla, determine el tamaño de revestimiento o forro para la última sección que va a ser introducida, entre en la tabla con ese valor y siga el flujo grama que indica el tamaño de hoyo necesario para colocar dicha tubería (Ej. Forro de 5,0 in dentro de un hoyo de 6 1/8 in o 6 ½ in).

Las líneas continuas representan las brocas comúnmente usadas para ese tamaño de tubería que puede tener el juego adecuado para penetrar y cementar el revestimiento o el forro (Ej. Revestimiento de 5 ½ in dentro de un hoyo de 7 7/8 in). Las líneas punteadas representan tamaños de hoyos menos usados (Ej. 5 in dentro de un hoyo de 6 1/8 in). Al seleccionar uno de estos caminos punteados debe prestarse especial atención a la conexión, peso del lodo, cementación y patas de perro.

Los diámetros exteriores grandes de conexiones, la preparación de la torta de lodo espeso, las zonas con problemas de cementación (perdida elevada de agua, etc.) y patas de perro, complican la introducción de revestimiento y forros en situaciones de poco paso libre.

Después de seleccionar el tamaño del hoyo, se selecciona un revestimiento suficientemente grande para que permita el paso de una broca para hacer el hoyo. Las líneas sólidas representan tamaños de revestimiento comúnmente usados comprendiendo la mayoría de los pesos (Ej. Broca de 6 ½ in dentro de revestimiento de 7 5/8 in). Las líneas punteadas representan tamaños de revestimiento donde solo se pueden usar los tamaños livianos (Ej. Broca de 6 1/8 in dentro de revestimiento de 7 in). El proceso de selección se repite hasta que aparece anticipadamente el número de tamaños de revestimiento.

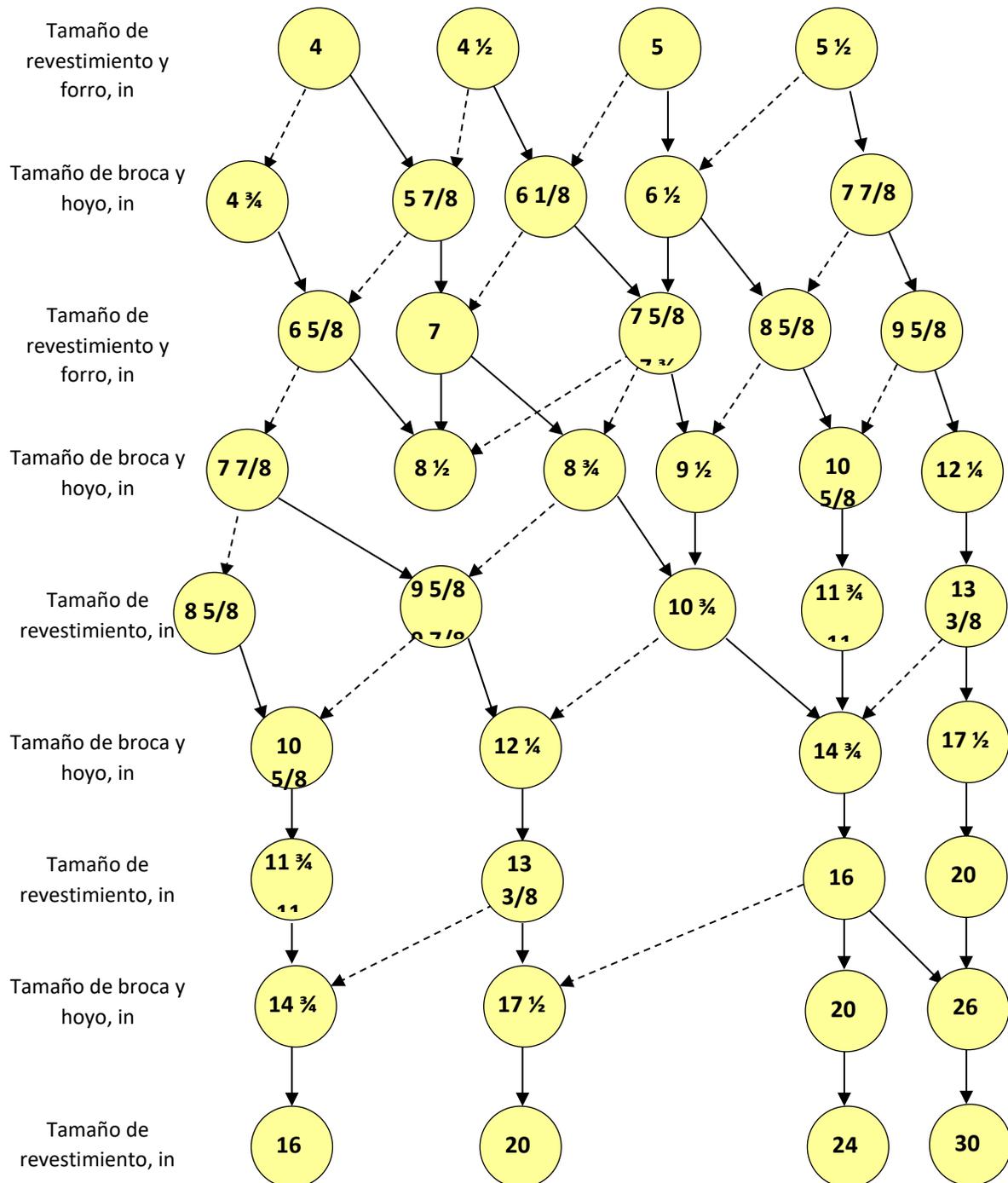


Figura I.1.1-6 Tabla para seleccionar Tubería de Revestimiento

## I.1.2 Tubería de Perforación

Es un tubo de acero, usado para transmitir energía rotaria y fluido de perforación a la barrena situada al fondo del pozo.

Cada pieza de tubería de perforación puede tener un diámetro exterior que varía entre 2 3/8" y 6 3/8" (60,4 y 168,3 mm). También se fabrica en longitudes estándar, divididas en los rangos mostrados en la Tabla

**Tabla I.1.2-1 Rangos de Tubería de Perforación**

18 a 22 ft.	(5,47 a 6,71 m.)	Obsoleto
27 a 30 ft.	(8,23 a 9,14 m)	-
38 a 45 ft.	(11,58 a 13,72 m)	-

La longitud usada más comúnmente es la de 30,0 ft (9,14 m), las longitudes no incluyen la unión e tubería que va fija en cada extremo. La unión tubería es un accesorio especial enroscado, que se agrega a los extremos de cada sección de tubería de perforación, permitiendo así conectar secciones de tuberías para armar la sarta de perforación.

La mayoría de la tubería de perforación que se fabrica hoy en día, es de una sola pieza y se forma de una barra sólida, la cual se taladra en caliente hasta formar un tubo el cual se conoce como tubería de perforación sin costura.

Esta tubería se fabrica de acuerdo a las especificaciones del A.P.I. para resistencias a punto cedente y a la tensión. La resistencia mínima a punto cedente se refiere a la fuerza necesaria para estirar o comprimir la tubería de perforación hasta deformarla permanentemente. La resistencia mínima a la tensión se refiere a la fuerza necesaria para estirar la tubería hasta romperla. Otro factor importante es la resistencia al colapso, o la fuerza necesaria para aplastar los lados de la tubería hasta socavarla sobre sí misma.

La mayoría de las tuberías sin costura de hoy en día, pertenece a uno de los cuatro grados A.P.I. de acuerdo con la Tabla I.1.2-3.

**Tabla I.1.2-2 Grados A.P.I. para Tubería de Perforación**

<b>E</b>	Con resistencia mínima a punto cedente de 75 000,0 lb/in <sup>2</sup> (517,05 mpa)
<b>X-95</b>	Con resistencia mínima a punto cedente de 95 000,0 lb/in <sup>2</sup> (654,93 mpa)
<b>G-105</b>	Con resistencia mínima a punto cedente de 105 000 lb/in <sup>2</sup> (723,87 mpa)
<b>S-135</b>	Con resistencia mínima a punto cedente de 135 000 lb/in <sup>2</sup> (930,69 mpa)

Las propiedades físicas de las tuberías de perforación se muestran en la Tabla I.1.2-3.

Los rangos de resistencia de las tuberías de perforación se muestran en la Tabla I.1.2-3 y las propiedades teóricas de perforación en la Tabla I.1.2-4.

La resistencia a la torsión a punto cedente de la tubería de perforación, es la fuerza de torsión que ella puede resistir antes de torcerse, es la presión interna que puede reventar una tubería nueva generando una fuga. Esta resistencia es generalmente menor que aquella en las reuniones de la tubería, excepto cuando se usa una sarta de perforación de alta resistencia y conjuntos para pozos de diámetro reducido.

**Tabla I.1.2-3 Propiedades Físicas de las Tuberías de Perforación**

Tamaño diámetro exterior		Diámetro interior		Espesor de pared		Peso por pie		Peso por metro	
						Nominal rosca y coples	Extremos lisos	Nominal rosca y coples	Extremos lisos
Pulgadas	Mm	Pulgadas	Mm	Pulgadas	mm	lb.	lb.	kg.	kg.
2 3/8	60,3	1,995	50,7	0,190	4,83	4,85 <sup>(2)</sup>	4,43	7,22	6,56
		1,815	46,1	0,280	7,11	8,65	6,26	9,90	9,31
2 7/8	73,0	2,441	62,0	0,217	5,51	8,85	6,16	10,20	9,15
		2,151	54,6	0,362	9,19	10,40	9,72	15,49	14,46
		2,992	76,0	0,254	6,45	9,50	8,81	14,15	14,20
3 1/2	88,9	2,784	70,2	0,368	9,35	13,30	12,31	19,81	18,32
		2,602	66,1	0,449	11,40	15,50	14,63	23,09	21,77
		3,476	88,3	0,262	6,65	11,85 <sup>(1)</sup>	10,46	17,65	15,58
4	101,6	3,340	84,8	0,330	8,38	14,00	12,93	20,85	19,29
		3,240	82,3	0,380	9,85	15,70 <sup>(2)</sup>	14,69	23,38	21,86
		3,958	100,5	0,271	8,88	13,75 <sup>(1)</sup>	12,24	20,48	18,26
4 1/2	114,3	3,828	97,2	0,337	8,56	16,60	14,98	24,73	22,27
		3,840	92,5	0,430	10,92	20,00	18,69	29,79	27,77
5	127,0	4,276	108,6	0,362	9,19	19,50	17,93	29,05	26,70
		4,00	101,6	0,500	12,70	25,60	24,03	38,13	35,76
5 1/2	139,7	4,778	121,4	0,361	9,17	21,90	19,81	32,62	29,43
		4,670	118,6	0,415	10,54	24,70	22,54	36,79	33,57

(1) Tubería de Perforación Peso Ligero para Grado E Únicamente (API tentativo)

(2) No es API

**Tabla I.1.2-4 Rangos de Resistencia de las Tuberías de Perforación**

Grado Tubería	Resist. Punto cedente a la tensión del material		Resist. punto cedente a la torsión del material		Resist. A la torsión del material		Resist. a la tensión del material	
	lb./in <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>	lb./in <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>	lb./in <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>	lb./in <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>
Grado D	55 000,0	38,7	313740	22,3	50 000,0	66,8	54,810	38,5
Grado E	75 000,0	52,7	43,270	30,4	100 000,0	70,3	57,700	40,6
Grado X	95 000,0	66,8	54,810	38,5	105 000,0	73,8	60,580	42,6
Grado G	105 000,0	73,8	60,580	42,5	115 000,0	80,5	66,350	46,4
Grado S	135 000,0	94,9	77,890	54,8	145 000,0	101,9	83,660	58,8

**Tabla I.1.2-5 Propiedades Teóricas de las Tuberías de Perforación**

D.E. Tamaño	Peso Nominal R y C L	Área de Tensión	Módulo de la sección polar	Punto cedente en tensión					Punto cedente en torsión				
				Grado D	Grado E	Grado X	Grado G	Grado S	Grado D	Grado E	Grado X	Grado G	Grado S
in.	Lb/ft	In <sup>2</sup>	in <sup>3</sup>	lb	Lb	Lb	lb	lb	lb	lb	lb	lb	lb
2 3/8	4,85	1,3042	1,321	-	97 800,0	123 900,0	136 900,0	-	-	4 800,0	6 000,0	6 700,0	-
	6,65	1,8429	1,733	101 400,0	138 200,0	175 100,0	193 500,0	-	4 600,0	6 200,0	7 900,0	8 800,0	-
2 7/8	6,85	1,8120	2,241	-	135 900,0	172 100,0	190 300,0	-	-	8 100,0	10 200,0	11 300,0	-
	10,40	2,8579	3,204	157 200,0	214 300,0	271 500,0	300 100,0	385 800,0	8 500,0	11 600,0	14 600,0	16 200,0	20 800,0
	9,50	2,5902	3,923	-	194 300,0	246 100,0	272 000,0	349 700,0	-	14 200,0	17 900,0	19 800,0	25 500,0
3 1/2	13,30	3,6209	5,144	199 200,0	271 600,0	344 000,0	380 200,0	488 800,0	13 600,0	18 600,0	23 500,0	26 000,0	33 400,0
	15,50	4,3037	5,847	236 700,0	322 800,0	408 900,0	451 900,0	581 000,0	15 500,0	21 100,0	26 700,0	29 500,0	38 000,0
	11,85	3,0767	5,400	-	230 700,0	292 300,0	323 100,0	415 400,0	-	19 500,0	24 700,0	27 300,0	35 100,0
4	14,0	3,8048	6,458	209 300,0	285 400,0	361 500,0	399 500,0	513 700,0	17 100,0	23 300,0	29 500,0	32 600,0	41 900,0
	15,70	4,3216	7,157	237 700,0	324 100,0	410 600,0	453 800,0	583 400,0	18 900,0	25 800,0	32 700,0	36 100,0	46 500,0
	13,75	3,6004	7,184	-	270 000,0	342 000,0	378 000,0	486 100,0	-	25 900,0	32 800,0	36 300,0	46 600,0
4 1/2	16,60	4,4074	8,543	242 400,0	330 600,0	418 700,0	462 800,0	595 000,0	22 500,0	30 800,0	39 000,0	43 100,0	55 500,0
	20,0	5,4981	10,232	302 400,0	412 400,0	522 300,0	577 300,0	742 200,0	27 100,0	36 900,0	46 700,0	51 700,0	66 400,0
5	19,50	5,2746	11,415	290 100,0	395 600,0	501 100,0	553 800,0	712 100,0	30 200,0	41 200,0	52 100,0	57 600,0	74 100,0
	25,60	7,0686	14,491	388 770,0	530 100,0	671 500,0	742 200,0	954 300,0	38 300,0	52 300,0	66 200,0	73 200,0	94 100,0
5 1/2	21,90	5,8282	14,052	320 600,0	437 100,0	553 700,0	612 000,0	786 800,0	37 200,0	50 700,0	64 200,0	71 000,0	91 300,0
	24,70	5,6296	15,688	364 600,0	497 200,0	629 200,0	696 100,0	895 000,0	41 500,0	56 600,0	71 700,0	79 200,0	101 800,0

(1) Tubería de Perforación Peso Ligero para Grado E Únicamente (API tentativo)

(2) No es API

La presión de ruptura en una sarta de perforación en un pozo, es la suma de la presión de la bomba, aplicada en el extremo superior de la sarta más la presión hidrostática desarrollada por el fluido dentro de la tubería de profundidad. Si la sarta de perforación es abierta al fondo, las presiones hidrostáticas dentro y fuera de ella se encontrarán equilibradas a cualquier profundidad.

## Revestimiento

La instalación de una tubería protectora, o revestimiento, que evita que haya flujos hacia dentro y hacia fuera de las formaciones geológicas y usualmente se cementa con el objeto de asegurar una barrera continua a la presión fuera de la tubería en el intervalo cementado.

Para completar el pozo se instala aparte una tubería adicional, usualmente recuperable y que sirve como línea de flujo vertical entre el yacimiento en el que se produce el petróleo y el gas y la cabeza del pozo, que se encuentra en la superficie.

Esta tubería, la sarta de producción, aísla las diversas sargas de revestimiento del fluido producido. Está diseñada para ser recuperada del pozo, para así permitir las reparaciones del mismo.

Las tuberías de revestimiento y producción desempeñan ocho funciones importantes durante la vida de un pozo:

- Evitan el colapso de pozo.
- Evitan la contaminación de agua fresca en zonas altas por los fluidos de zonas bajas.
- Evitan la contaminación de los fluidos que se producen por sustancias externas como agua, arena, etc.
- Evitan la contaminación de áreas problema (como por ejemplo ácido sulfhídrico H<sub>2</sub>S, ácido carbónico CO<sub>2</sub>, sal).
- Restringen la producción a la sarta de flujo.
- Suministran un medio de control de la presión, tanto interna como externa y entre zonas.
- Facilitan la instalación de equipo para elevar artificialmente el petróleo y lograr la producción del pozo.
- Sirven como vía de flujo para los fluidos producidos.

El programa de revestimiento ideal tendría una sola sarta de revestimiento que iría desde la superficie hasta la formación productiva. Sin embargo, debido a la variedad de formaciones geológicas que deben ser penetradas hasta llegar a la profundidad deseada, se deben instalar diferentes secciones de revestimiento. Cada una de estas sargas sirve a un propósito definido, las cuales se definen a continuación:

## Revestimiento Superficial

Se corre una vez que se ha fijado el tubo conductor y que se ha hecho el agujero superficial. Es de un diámetro menor que el tubo conductor y usualmente se instala a suficiente profundidad para proteger al pozo de derrumbes en las formaciones sueltas que con frecuencia se encuentran cerca de la superficie y para protección de las arenas de agua dulce.

La profundidad del revestimiento superficial, puede ser más o menos de 60,0 m, pero a veces llega a tener varios cientos de metros, dependiendo de las formaciones que se encuentren. Sin embargo, en algunos lugares, la legislación que protege las reservas subterráneas de agua dulce es bastante específica acerca de la longitud del revestimiento superficial.

## Revestimiento Conductor

Esta sarta es un revestimiento de corta longitud que se utiliza en un pozo en el caso en que la tierra de la superficie sea suave, como en los pantanos. Se usa en primer lugar para evitar la erosión o el lavado o deslave del pozo alrededor de la base de la torre y para suministrar un conducto por el cual se pueda elevar el fluido de perforación a suficiente altura para regresar al tanque de lodo.

El conductor también sirve para proteger las subsecuentes sartas de revestimiento de la corrosión y se pueden usar para soportar parte de la carga en la cabeza del pozo en las localidades en donde la resistencia del terreno no es adecuada. Se puede perforar el agujero para el conductor y se puede instalar la tubería de la manera usual (ya sea soldada o ensamblada por medio de conexiones roscadas), pero usualmente se forza con equipo de hincado. Cuando se utiliza el equipo de hincado, se pone tubería con extremo para soldar (tubería lisa) y se sueldan las juntas a medida que se añaden tubos a la sarta.

El conductor es la tubería de mayor tamaño en un pozo. Los tamaños más comunes van desde 16" hasta 48" Ø. El tamaño depende usualmente de la profundidad total del pozo y del programa de tuberías de revestimiento.

## Sartas Adicionales

Siguiendo la colocación del revestimiento superficial adecuado, se requerirán una o dos sartas más, de revestimiento adicional. Ese número depende de la profundidad del pozo y de los problemas que se encuentren en la perforación. Si el pozo es excepcionalmente profundo o si se encuentran severos problemas de perforación, tales como una presión anormal en las formaciones geológicas o zonas de circulación perdida, puede llegar a ser necesario colocar una o más sartas intermedias de revestimiento para lograr aislar o sellar las zonas que están causando problemas.

Los revestimientos intermedios generalmente se usan para sellar formaciones que pudieran fracturarse con el lodo pesado que es necesario para barrenar las formaciones geológicas de elevadas presiones, a veces se cementan a través de zonas de elevadas presiones para permitir el uso de lodos más ligeros o aire para barrenar las formaciones más profundas, pero de bajas presiones.

## Cementación.

Esta operación, en lo referente a pozos de gas o petróleo, es la más importante. Sirve para aislar el petróleo o el gas en la formación geológica o productora de todos los fluidos indeseables como agua o exceso de gas, que pueden existir en los yacimientos adyacentes. La cementación es la cubierta protectora de la tubería de producción y permite aislar las formaciones de agua de las formaciones productoras de hidrocarburo.

## Problemas Mecánicos Durante la Perforación

### Fallas en la Tubería de Perforación

La causa más común de fallas en la tubería de perforación es la fatiga, y esta sucede a menudo en mellas superficiales como son los cortes producidos por las cuñas, los desgarres ocasionados en el metal al girar la tubería entre las cuñas o picaduras de corrosión en el diámetro interior de la tubería.

### Fuga por erosión

Es un lugar en la tubería donde se ha producido una pequeña apertura, generalmente como resultado de una grieta causada por fatiga, que penetra en la pared de la tubería a través del cual el fluido de perforación ha sido obligado a pasar. La abrasión del fluido corroe el metal, ensancha y redondea el perímetro de la grieta.

Algunas veces aparece en una tubería un partidura por fatiga y equivocadamente se le denomina fuga por erosión.

### **Ruptura por torsión**

Es producida generalmente por una grieta causada por fatiga, que se extiende alrededor de la tubería ocasionando que la tubería se rompa. Las roturas cuadradas o espirales, muchas veces son denominadas rupturas por torsión equivocadamente, una rotura por torsión proviene de la fuerza rotaria que tuerce la tubería hasta romperla. Las tuberías de perforación actualmente tienen una resistencia a la torsión muy alta, y solamente se envuelven o se tuercen, en lugar de romperse si la barrena se atasca mientras continúa la rotación.

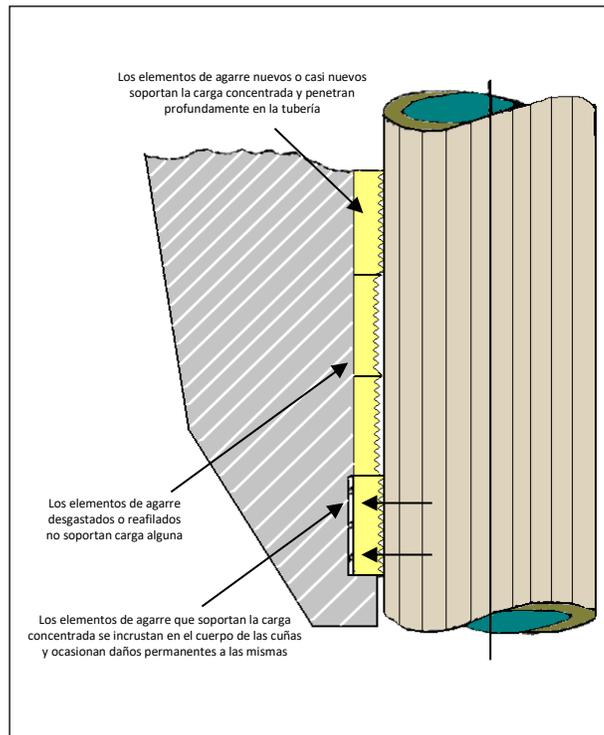
Los tres tipos de fatiga más comunes encontrados en las tuberías de perforación son:

- Fatiga pura
- Fatiga de mella
- Fatiga de corrosión

### **Fatiga por Corrosión.**

La fatiga por corrosión o falla del metal debido a un ambiente corrosivo, es una causa común de fallas en la barra maestra. La corrosión puede manifestarse de muchas maneras diferentes y combinarse con otros procesos destructivos: erosión, desgaste, abrasivo y fallas de mella que pueden causar daños severos.

Los principales agentes corrosivos son los gases disueltos (Oxígeno, Bióxido de carbono, Sulfuro de hidrógeno), las sales disueltas y los ácidos.



### I.1.3 Proyecto sistema contra incendio

El Proyecto prevé instalar un sistema de alarma contra incendio, detectores de humos y demás equipo contra incendio, para detectar y combatir cualquier tipo de emergencia que pueda ocurrir en el sitio. Estos sistemas darán cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010, los estándares 10, 13, 14, 15, 24, 30, 72 y 850 de la Agencia Nacional de Protección Contra Incendios de Estados Unidos (National Fire Protection Agency (NFPA)). El Proyecto dará cumplimiento a los lineamientos aplicables en materia de protección civil y riesgo ambiental, incluyendo la actualización y aprobación al Plan de Contingencias de Protección Civil y el Plan de Prevención de Accidentes (PPA).

Entre los equipos que formarán parte de las estructuras para el control y prevención de emergencias, se incluyen los siguientes:

- Sistemas de alarma (de gas, humo y fuego)
- Equipo de cascada y respiración autónoma contra H<sub>2</sub>S.
- Extintores de CO<sub>2</sub>
- Extintores de PQS
- Manuales de procedimientos operativos, de seguridad y ecología
- Extintor PQS (polvo químico seco)
- Extintor de carretilla.

- Monitor contra-incendio.
- Sensor de humo.
- Alarma de fuego.
- Paro de emergencias.
- Sensor de gas.
- Sensor de ácido sulfhídrico.

El sistema contra incendio se contemplará una vez las condiciones de productividad del campo lo meriten, serán instalados equipos contra incendio automatizados de tal forma que permitan un control total en caso de un incendio o conflagración, de lo contrario las instalaciones y áreas operaciones serán protegidas con extintores de polvo químico, alarmas sonoras, detector de humos, entre otros sistemas de emergencia básicos.

## I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

La mezcla de hidrocarburos (aceite-agua-gas) proveniente de 4 a 10 pozos del campo La Laja (área contractual 10), fluyen a la Batería más cercana entre las que se encuentra las estaciones Tres hermanos (I y II), y es aquí mismo donde se recibe la producción y se realiza la medición Fiscal y separación de los fluidos.

Cada línea de llegada de pozos, cuenta con 2 derivaciones que se interconectan al cabezal de producción y al cabezal de medición, de tal manera que cuando se requiera realizar la medición de cada llegada de los pozos se enviará a separador de medición alineando este por medio de válvulas de bloqueo manual sin afectar el funcionamiento del cabezal principal de producción.

Cada uno de los cabezales de producción y medición cuenta con tres válvulas de seccionamiento, cada línea de pozo puede conectarse directamente a cada uno de los separadores de producción y al separador de medición.

La mezcla de hidrocarburos (aceite-agua-gas) se enviará a la primera etapa de separación, la cual está integrada por tres (3) separadores bifásicos, que estarán montados en un patín estructural, con todos los internos y la instrumentación necesaria para su correcto funcionamiento.

La corriente líquida generada en los separadores de producción y el separador de medición descargará en el cabezal de aceite, para su envío a los tanques de almacenamiento de crudo.

Los vapores generados en los tanques de almacenamiento de crudo se enviarán a una unidad de recuperación de vapores, el cual aumenta la presión y los integra al cabezal de proceso para su autoconsumo.

El aceite estabilizado en los tanques de producción será enviado a un tanque principal de Almacenamiento de 5000 Barriles a través de un patín de (2) bombas tipo Tornillo o Centrifugo con capacidad de 10.000 bpd, donde será almacenado para la entrega al Manifold de succión de los camiones de transporte de Crudo o pipas

El sistema de bombeo principal será accionada por motor eléctrico y la bomba de respaldo con motor de combustión interna a Diesel o LPG. La bomba eléctrica operará con un control de velocidad variable.

La corriente de gas se enviará a la unidad recuperadora de vapores (VRU) previo paso por el Separador de Gas, corriente abajo del separador de gas se cuenta con una válvula controladora de presión. Como sistema de seguridad se contará con una válvula reguladora de presión la cual al censar alta presión la válvula abre y envía toda la producción de gas al sistema de desfogue o Tea.

Se contará con medición en línea en los cabezales principales de gas y aceite; en el cabezal de gas se tiene un medidor tipo platina orificio y en el cabezal de líquido (aceite) se tendrá instalado un medidor de flujo tipo Coriolis.

Se contará con tres (3) paquetes de inyección de químicos para inyección de inhibidor de corrosión, anti-incrustante y anti-espumante. Estos paquetes estarán integrados con tanques de almacenamiento y bombas dosificadoras cada uno.

En caso de una sobrepresión en los equipos de proceso, los fluidos son enviados al sistema desfogue a través de las válvulas PSV's, y recolectados en el cabezal secundario donde son dirigidos al Separador de Gas (scrubber). Los gases son enviados hacia el quemador por la parte superior y los fluidos hacia el tanque de almacenamiento.

El agua de servicios y contra incendio se obtendrá a través de un pozo artesiano o por el suministro de Pipas y mediante bombeo se almacenará en un tanque de almacenamiento donde será distribuida para los diferentes servicios requeridos dentro de las facilidades instaladas.

## Servicios Auxiliares

Los servicios requeridos a diseñarse son:

## Sistema de Desfogue

Se diseñará y se instalará un sistema de desfogue que proteja a la instalación por eventos de sobrepresión en los equipos. Este sistema de desfogue enviará el flujo sobrante al Separador de gas y los gases restantes irán al quemador; el sistema de desfogue cuenta como mínimo con los siguientes elementos:

- Válvulas de seguridad instaladas en los equipos que operan a presión
- Cabezal de desfogue con válvulas anti-retorno
- Quemador tipo vela ecológico (para el manejo del 2% conforme a la Meta de Aprovechamiento de Gas).

## Agua de Servicio

Se diseñará y se instalará un sistema de agua de servicios para abastecer a los usuarios, a través de un pozo artesiano o por el suministro agua por pipas y se llevará el agua a través de una bomba a un tanque de almacenamiento para su distribución.

## Drenaje Aceitoso

Todo el aceite proveniente de cada uno de los equipos de proceso, así como el aceite de lubricación de las bombas se interconectarán a un Sistema de drenaje cerrado, en donde el cabezal tiene una pendiente adecuada para facilitar su envío por gravedad, este cabezal recolectará los drenajes y los dirigirá a un tanque de aceite cerrado en donde por medio de un equipo de bombeo se retornan al proceso.

## Nitrógeno para Instrumentos

Se contará con un paquete de nitrógeno para instrumentos el cual proporciona el suministro continuo de un medio neumático para la correcta operación de los instrumentos, así como para el accionamiento de las válvulas, equipos y accesorios de control de los equipos y en general en todos los sitios en donde se requiere accionamiento neumático.

## Inyección de Químicos

Para la protección del ducto de transporte de fluido y gas se instalará un paquete de dosificación de inhibidor de corrosión, anti incrustante y anti espumante.

## **Sistema Contra Incendio**

La Batería de Separación contará con sistema de protección contra incendio basado en agua y sistema semifijo de espuma, dichos sistemas estarán conformados por tanques para almacenamiento de agua, bombas contra incendio y red de tuberías formando anillos que alimentarán a los dispositivos de descarga de agua tales como: hidrantes-monitores, aspersores de anillos de enfriamiento y aspersores de sistemas de enfriamiento y bidones para almacenamiento de espuma. Además se contará, con extintores portátiles y extintores móviles.

## **Equipos Principales del Proceso**

### **Tanque de Medición**

El tanque de Medición estará aforado para lograr la medición exacta de los fluidos producidos por los pozos. El tanque recibirá los fluidos del pozo en prueba y se medirá la producción del pozo. Durante la prueba de pozo, el pozo es alineado mediante la apertura de las válvulas de bloqueo recibiendo la mezcla gas-aceite-agua. El equipo estará dimensionado de acuerdo al API Specification 12J "Specification for oil and gas separators" anexo C y D, además de cumplir con la Norma aplicable para el "Diseño y construcción de recipientes a presión".

El tanque de medición, con una capacidad de 2000 bls, contará con arreglos de tubería, accesorios, válvulas e instrumentación necesaria para una operación segura y eficiente. Los transmisores de las diferentes variables de operación (presión, flujo, temperatura, nivel, etc.) enviarán señal a la pantalla del cuarto de control para su monitoreo.

Los instrumentos a suministrarse en paquete son como mínimo los siguientes:

- Válvula de control de nivel
- Indicador de nivel
- Indicador de temperatura
- Transmisor de temperatura
- Transmisor de nivel
- Transmisor de presión
- Indicador de presión

- Válvula de seguridad (PSV)
- Medidores de flujo para gas tipo Platina orificio
- Medidor de flujo para líquidos tipo Coriolis u otro que cumpla con la normatividad aplicable y vigente.

La corriente de gas se envía a la sección del separador de Gas de gas (Scrubber) y la corriente líquida a los tanques de almacenamiento de crudo.

Los tanques de almacenamiento tienen la versatilidad de recibir flujo tanto del cabezal de medición como del cabezal de producción

### **Separador de GAS (Scrubber)**

Se cuenta con la sección del Separador de gas (Scrubber) el cual lo conforma un tanque separador vertical el cual recibe la corriente de gas obtenida de la primera etapa de separación. El separador tendrá la capacidad de 5.0 MMPCD. El equipo deberá dimensionarse de acuerdo al API Specification 12J "Specification for oil and gas separators" anexo C y D, además de cumplir con la Norma para el "Diseño y construcción de recipientes a presión".

La intención del diseño es la de separar los condensables que arrastra la corriente de gas, para ello el equipo cuentan con internos de acero inoxidable de alta eficiencia de última generación con una eficiencia de separación del 99%.

El gas libre de condensados se envía a la unidad Recuperadora de Vapores o al sistema de quemadores, el condensado se envía al cabezal de llegada a los tanques de almacenamiento de crudo.

El equipo estará montado en un patín estructural y además cuenta con arreglos de tubería, accesorios, válvulas e instrumentación necesaria para una operación segura y eficiente. Los transmisores de las diferentes variables de operación (presión, temperatura, nivel, etc.) enviarán señal a la pantalla del cuarto de control para su monitoreo.

Los instrumentos a suministrarse en paquete son como mínimo los siguientes:

- Válvula de control de nivel
- Indicador de nivel local
- Indicador de temperatura local
- Transmisor indicador de temperatura
- Transmisor/indicador local de presión
- Válvula de seguridad - PSV

## Sistema de Recuperación de Vapores

Los vapores generados en tanque de almacenamiento se enviarán a la unidad de recuperación de vapores, el equipo está definido como equipo paquete montado en un patín estructural tipo petrolero y conformado por los siguientes equipos:

- Un tanque separador de líquidos de recibo.
- Compresor tipo rotativo.
- Un tanque separador de líquidos de descarga
- Enfriador de gas por aire (solo aire)
- Tuberías de interconexión entre los diversos equipos dentro del paquete de recuperación de vapores.
- Tuberías, válvulas, accesorios e instrumentación que garantice el correcto funcionamiento del recuperador de vapores.

## Tanque de Almacenamiento de Crudo

Se diseñarán tres (3) tanques de almacenamiento de crudo vertical con capacidad de 500 barriles cada uno, los cuales tendrán una capacidad de almacenamiento de 48 horas, los tanques recibirán el aceite generado por los pozos y del tanque de medición.

En general el tanque debe de tener lo siguiente:

- Boquillas para la conexión de tubería de proceso.
- Entrada hombre y de servicios en la pared y techo.
- Entrada de limpieza a ras de piso.
- Boquillas en el techo del tanque para; medición, válvula de presión/vacío, válvula de relevo de emergencia.
- Transmisor de nivel tipo radar con indicación local y con señal a la pantalla del cuarto de control.
- Interruptor por muy bajo nivel.

La mezcla de crudo/agua almacenada en los tanques será enviado previo acuerdo CNH-PEMEX a la batería I, II Tres a través del sistema de Pipas.

El tanque estará confinado en un dique de contención el cual tendrá la capacidad de retener la capacidad nominal del líquido contenido en el tanque, además dispondrá de un registro en donde se instalará un arreglo de válvulas para comunicar la tubería de drenaje pluvial y de drenaje aceitoso de los registros instalados dentro del dique.

El tanque de almacenamiento deberá cumplir con las normas; para el “Diseño de tanques atmosféricos”, “Protección de áreas y tanques de almacenamiento de productos inflamables y combustibles”, “Protección catódica en tanques de almacenamiento”, además del API-650 Welded steel tanks for oil storage.

### **Bomba de Desplazamiento Positivo**

Se contará con un sistema de bombeo de aceite estabilizado el cual enviará la producción de crudo/agua a la Central de Almacenamiento y Bombeo o descargar a Pipas; el sistema está conformado por 2 bombas de desplazamiento positivo (doble tornillo) una accionada por motor eléctrico y variador de velocidad y otra bomba por motor de combustión interna. La presión de descarga estará en un rango de entre 12 a 25 kg/cm<sup>2</sup> para desplazar un volumen de 500 bl/h, el tiempo de bombeo se considera de seis (6) horas.

Este sistema de bombeo constará como mínimo de:

- Cabezal de succión el cual debe de incluir; filtro dúplex, válvula de bloqueo manual, indicador local (manómetro) y transmisor indicador de presión.
- Cabezal de descarga el cual debe incluir; Indicador de presión (manómetro), válvula de retención (check), válvula de bloqueo manual y transmisor indicador de presión.
- PSV a la descarga de la bomba.

El diseño del cabezal de succión de la bomba deberá contar con un filtro que asegure la retención de sólidos, contando con un filtro titular y otro como respaldo, además el filtro deberá de tener un transmisor indicador de presión diferencial el cual indicará cuando el filtro este sucio y sea necesario sacarlo a mantenimiento metiendo a operar el filtro de respaldo y así no parar el sistema de bombeo.

El arreglo de las bombas deberá de cumplir con la norma para Sistemas de tubería en plantas industriales diseño y especificaciones de materiales apartado., además de las normas para “Bombas rotatorias” y la norma API-676 “Positive displacement pumps rotary”.

### **Sistema de Desfogue**

Se cuenta con un sistema de desfogue para el recibo del flujo en caso de ocurrir una sobrepresión en los sistemas cerrados, el fluido será descargado a través de válvulas de alivio de presión y válvula de control de presión, el sistema podrá procesar hasta el total de gas separado en la batería el cual tiene un flujo máximo de 5.0 MMPCD.

Este sistema estará compuesto por:

- Válvulas de alivio de presión (PSV) ubicadas en los equipos sujetos a presión.
- Cabezal general de desfogue el cual recibirá los flujos relevados de los equipos a proteger.
- Quemador enclaustrado.
- Instrumentación para el monitoreo del sistema.
- Instrumentación y sistema de encendido electrónico del quemador y detección de flama.

Para mantener la presión positiva en el sistema se inyectará gas combustible para barrido y con esto evitar que haya un retroceso de flama.

### **Drenaje Aceitoso**

Se diseñará un sistema de drenaje aceitoso que estará constituido por un cabezal general que recibirá todos los drenajes de los equipos, así como de aquellas áreas donde pueda presentarse un derrame de hidrocarburo, este sistema enviará el aceite a un tanque cerrado de aceite recuperado; el cual tendrá un equipo de bombeo para reintegrarlo al proceso. Este sistema deberá de cumplir con la norma para Sistemas de drenajes, Sistemas de tubería en plantas industriales diseño y especificaciones de materiales.

### **Sistema de Nitrógeno para Instrumentos**

La Batería de Separación empleará nitrógeno para la instrumentación de los equipos de control; mediante dos compresores tipo tornillo uno titular y el otro de respaldo, a una presión de descarga de 8.82 kg/cm<sup>2</sup>, para proporcionar los flujos requeridos para la instrumentación y válvulas de control de la estación. El paquete de nitrógeno está formado por:

- Dos compresores
- Filtros de aire
- Filtro de carbón
- Módulo de la membrana
- Tanque acumulador de nitrógeno
- Arreglo de tuberías y válvulas para la interconexión de los elementos del paquete
- Controlador lógico programable (PLC).
- Instrumentación para el monitoreo de las variables de operación.

La operación de los compresores es totalmente automática con su tablero local. El tanque acumulador cuenta con manómetro y válvula de seguridad ajustada a 9.5 kg/cm<sup>2</sup>.

Los compresores serán diseñados de acuerdo al API-619 en sus componentes aplicables, el tanque acumulador de acuerdo a ASME y los materiales por estándar del proveedor.

### **Paquete de Inyección de Químicos**

El paquete de inyección de químicos, dosificará los químicos como son el Anti-incrustante, anti-espumante y el inhibidor de corrosión.

El paquete de inyección utilizará una bomba a pistón neumática y un tanque de almacenamiento, Manifold de descarga y todos los elementos necesarios para la interconexión mecánica.

Las bombas dosificadoras deberán cumplir con la norma para “Bombas de Desplazamiento positivo dosificadoras”. El sistema deberá ser integrado y montado en un patín estructural tipo petrolero de acuerdo con las buenas prácticas de ingeniería.

Los recubrimientos que deberán ser aplicados, deberán estar de acuerdo a la norma correspondiente para las condiciones del sitio establecidas en la especificación 002-ESP-H-002.

### **Paquete de Tratamiento de Agua Cruda**

El paquete de tratamiento de agua cruda cumplirá la función de potabilizar el agua suministrada mediante pipa. Este deberá incluir los equipos o tecnología simplificada necesarios para obtener los niveles de calidad exigidos por la norma NOM-127-SSA1-1994. Dependiendo de los análisis realizados, se especificará correctamente el paquete de tratamiento de agua cruda.

La cual será puesta a disposición por un tercero para asegurar el tratamiento de acuerdo a la normatividad aplicable y vigente.

### **Quemador tipo Vela (Ecológico)**

La Batería de Separación incluirá un quemador tipo vela circular totalmente modular, con una eficiencia de destrucción de al menos del 99%.

El nivel de ruido para los quemadores no debe exceder los siguientes valores:

- 90 dB(A), evaluados a 3 m (10 pies) de la fosa o base del quemador (según sea el caso) y a 1,5 m (5 pies) de altura para la condición de quemado normal.
- 105 dB (A), evaluados a una distancia igual a la distancia límite prevista por seguridad en efecto de la radiación y una altura de 1,5 m (5 pies) para la condición de quemado máxima.

El sistema en su totalidad incluyendo válvulas de desfogue, equipos y dispositivos, está diseñado para que los niveles de ruido no excedan los límites máximos permisibles de exposición a ruido del personal, establecidos en 8.7.1 y 9 de la NOM-011-STPS-2001, durante la operación del sistema, y la NOM-081-SEMARNAT-2003

La combustión deberá de ser humo, estando por debajo de lo establecido por la legislación federal o local en materia de emisiones contaminantes en el centro de trabajo, pero no mayor a una opacidad Ringelmann de 1.

Las descargas a la atmósfera del quemador deben ser dispersados para que la sustancia alcance el nivel cero que se cita en las Tablas “E” y “F” de la NOM-018-STPS-2000, y las emanaciones contaminantes al ambiente estén dentro de los niveles permitidos conforme a la legislación ambiental, como se indica en la NOM-043-SEMARNAT-1993.

El diseño del quemador no requerirá de vapor de agua para llevar a cabo una combustión sin humo. La combustión se deberá llevar a cabo mediante la inyección de aire por convección natural, sin requerimientos de sopladores.

El quemador tipo vela deberá ser diseñado para evitar el uso de gas de purga. Todos los líquidos y condensables contenidos en los desfogues se separarán de la fase gaseosa y serán retenidos en un tanque de desfogue, el cual no es alcance del suministro de esta especificación.

Los pilotos deberán ser de ignición por chispa con termo pozo interno tipo conservador de energía. El general el diseño del quemador deberá seguir los lineamientos de la norma y la norma API-537 “Flare Details for General Refinery and Petrochemical Service”.

Los recubrimientos que deberán ser aplicados, deberán estar de acuerdo a la norma para las condiciones del sitio establecidas en la especificación 002-ESP-H-009.

El paquete en su conjunto deberá ser totalmente instrumentado, integrado de acuerdo a las buenas prácticas de ingeniería.

## Sistema Digital de Monitoreo y Control (SDMC)

Todas las señales de flujo, nivel, presión, temperatura que se requieren para mantener el correcto funcionamiento en la Batería de Separación con mínima intervención del personal de operación deben ser controladas y registradas automáticamente. Las variables no esenciales y no controladas de utilidad para el personal de operación deben ser sólo de indicación.

La recepción y transmisión de datos de instrumentación debe ser solo desde los equipos hasta el tablero de monitoreo y control dentro de la Caseta de Operadores. Gases y/o líquidos peligrosos o tóxicos no deben ser introducidos en el cuarto de operadores. En general, solo señales eléctricas deben ser llevadas al cuarto de operadores.

El diseño y selección de los sistemas de Instrumentación de control de procesos debe considerar lo siguiente:

- Aplicación
- Confiabilidad
- Calidad
- Precisión y repetitividad
- Compatibilidad con el medio ambiente (climáticas y eléctricas)
- Flexibilidad de aplicación
- Facilidad de mantenimiento (reducción de tiempos caídos por disponibilidad de piezas de repuesto y facilidad de sustitución)
- Facilidad de configuración (ambiente amigable para el operador)
- Costo de ciclo de vida (compra y mantenimiento)
- Compatibilidad (con los equipos existentes para expandir la planta)

La prioridad de los aspectos anteriormente mencionados depende de la aplicación y equipos considerados.

Los equipos eléctrico y electrónico del sistema de control deben ser agrupados en recintos con aire acondicionado, y/o en áreas no peligrosas para lugares de los recintos a prueba de explosión.

## **Dispositivos de seguridad en la instalación.**

### **Sistema de Gas y Fuego (SG&F)**

El Sistema de Gas y Fuego (SG&F) se diseñará de acuerdo a los siguientes criterios y a los requerimientos de diseño mencionados en la especificación particular del sistema.

El Sistema de Gas y Fuego (SG&F) deberá monitorear y supervisar continuamente la concentración de gases inflamables y tóxicos, así como monitorear y supervisar la existencia de incendios en la Batería de Separación por medio de detectores, indicando la presencia de potenciales concentraciones que pudieran generar una flama o ser tóxicos a través de alarmas audibles y visibles.

Se determinara a través de los resultados de estudios las áreas a proteger en la Batería Separación para dimensionar el Sistema de Gas y Fuego considerando las Normas y recomendaciones aplicables a este sistema de seguridad.

### **Detectores de Fuego**

Los detectores de fuego deben funcionar bajo el principio de radiación ultravioleta/emisión infrarroja (UV/IR) para monitoreo continuo de fuego en áreas abiertas, chumaceras de bombas o donde existe la posibilidad de incendios que activen a las alarmas.

El detector de rayos ultravioleta/emisión infrarrojos (UV/IR) tiene que ser un dispositivo individual que contenga un sensor de rayos ultravioleta para detectar la longitud de onda de la luz ultravioleta emitida por el fuego, un sensor de rayos infrarrojos para detectar la longitud de onda de la luz infrarroja emitida por el fuego y procesador de señales con detección de fallas para reconocer incendios y/o problemas en el dispositivo.

El dispositivo debe operar con alimentación de 24 VCD y hará funcionar la alarma cuando ambos sensores de rayos ultravioleta/infrarrojos (UV/IR) indiquen la presencia de fuego.

El detector de fuego deberá ser capaz de discriminar entre falsas alarmas enviadas por el sensor de rayos ultravioletas y/o sensor de rayos infrarrojos que resulten de la presencia de arcos de soldadura eléctricos, rayos X, superficies calientes, reflejos del sol, etc. y las llamas reales.

El detector de fuego debe tener un cono de visión de 90 grados.

El dispositivo debe ser de diseño modular para permitir el fácil reemplazo sin la necesidad de herramientas especiales. Todas las superficies ópticas deben ser fácilmente accesibles para su limpieza.

El detector de fuego debe contar con capacidad de auto-diagnóstico (incluyendo las superficies ópticas). El detector de rayos ultravioleta/infrarrojos (UV/IR) debe ser capaz de operar en un ambiente corrosivo y los circuitos deberán alojarse dentro de una cubierta hermética para protegerlos contra las condiciones meteorológicas adversas.

En general, el detector debe estar de acuerdo con la clasificación eléctrica para el área en que estará ubicado. El detector deberá estar listado y/o aprobado como un detector de incendios por parte de un laboratorio de certificación reconocido internacionalmente.

### **Detectores de Humo**

Los detectores de humo deben ser tipo ionización y/o fotoeléctrico, deben estar ubicadas en las áreas de Oficina personal operativo, Cuarto de Operador, Bodegas, Cuarto eléctrico y Cuarto de Servidor de UPS, así como en otros espacios que presenten posibles riesgos de incendio. El detector debe diseñarse de tal forma que el sensor reconozca la presencia de partículas de humo producidas por una combustión rápida así como de incendios lentos sin llamas.

El detector deberá tener la sensibilidad para detectar rápidamente humo y la estabilidad para evitar falsas alarmas causadas por la presencia de polvo, la inversión de la polaridad, variaciones de voltaje, la humedad, etc.

El detector deberá tener una cubierta removible para permitir que sea limpiado esmeradamente en el campo; debe estar sellado contra la humedad, suciedad, polvo e insectos; y debe estar protegido contra la inversión de polaridad y sobre tensión. Debe ser habilitado para las pruebas y las calibraciones de campo convenientes.

### **Detectores de Gas Combustible**

Los detectores de gas combustible deben ubicarse en las áreas de trabajo basados en un modelo de dispersión de los gases, para monitorear, supervisar, detectar y dar la alarma por la presencia de mezclas explosivas. Los detectores deberán estar ubicados en fuentes específicas de fugas potenciales identificadas.

El arreglo de distribución final y las cantidades de los detectores deben determinarse de acuerdo al análisis de áreas de la batería, donde se considera la dirección de los vientos reinantes de los posibles puntos de fuga. Los detectores deben ser ajustados para enviar una señal al SG&F.

## **Alarmas Audibles**

Las alarmas audibles deben generar de manera automática los tonos para el reconocimiento inmediato de las condiciones de seguridad.

Para la Caseta de Operador, las señales de alarma deberán ser activadas ya sea manual o automáticamente por medio de los detectores de humo. Las alarmas audibles deben ser del tipo bafle para instalación en interiores y exteriores, montaje sobre la pared, con una intensidad sonora de 80 dB a una distancia de 3 m, con las siguientes características:

## **Alarmas Visibles**

Deben ser activadas para emitir luces de colores específicos para permitir avisar al personal que se encuentra en el área, de la existencia de una condición de emergencia, son operadas por una señal proveniente del sistema de gas y fuego.

Las alarmas visibles deben estar ubicadas de manera que el efecto de funcionamiento, tipo, tamaño, intensidad y número de aparatos debe ser visto por el personal, y permitirle al observador discernir si han sido iluminados.

Debe existir un letrero permanente que indique lo que significa cada luz y alguna otra información necesaria.

## **Detectores de Gas Tóxico**

Los detectores de gas tóxico deben ser basados en circuitos de microprocesador, para monitoreo continuo de la presencia de niveles potenciales de gas sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), con autodiagnóstico e identificación automática de fallas, debe operar en el rango de 0 a 99 ppm y tener una pantalla digital para indicar continuamente el nivel de gas tóxico (H<sub>2</sub>S) detectado en el área.

Los puntos de ajuste para las alarmas de alta y baja concentración, así como para la calibración deben ser ajustables en campo.

Dispositivo de auto calibración que permita la calibración por una sola persona y sin tener que abrir dicho dispositivo. El controlador funcionara a 24 VCD nominal y tendrá una señal de salida aislada de 4-20 mA.

El Cuerpo del controlador será de una sola pieza, en material de aluminio y a prueba de explosión, con entrada roscada para tubería Conduit de 3/4" de diámetro.

Rango de temperatura: operación 0°C a +75°C.

Rango de humedad: operación continua del 15% al 90% de humedad sin condensación.

El dispositivo debe ser aprobado, por un laboratorio de certificación con reconocimiento a nivel mundial, cumplirá con los requerimientos de funcionamiento para la misma clasificación de área, se contará con un mínimo de dos años de garantía en uso normal.

Las señales que el detector de gas tóxico estará enviando al SG&F son:

- Baja concentración de gas tóxico (H<sub>2</sub>S).
- Alta concentración de gas tóxico (H<sub>2</sub>S).
- Calibración del detector.
- Falla de detector.

El detector monitoreará continuamente la presencia de niveles potenciales de gas sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) y contará con dos alarmas la primera por baja concentración de gas tóxico (prealarma) la cual alertará únicamente en la estación de configuración / operación respectiva, manteniéndose hasta que se restablezcan las condiciones normales; la segunda por alta concentración de gas tóxico que además de alertar en la estación de configuración / operación, activará las alarmas audibles (cornetas) y visibles (luces indicadoras), en todas las áreas que apliquen, generando los tonos y mensajes de voz previamente establecidos para alertar al personal.

Para cada señal que el detector envíe al SG&F surgirá en la interface humano-maquina un desplegado gráfico donde se muestre el área y la ubicación del detector en campo así como las condiciones en que se encuentra.

## Telecomunicaciones

El sistema de telecomunicaciones (voz y datos) será desarrollado con el fin de satisfacer las necesidades de la Batería de Separación La Laja.

Se debe realizar el diseño de un sistema de voz y datos que cumpla con la norma de referencia es de Cableado estructurado de Telecomunicaciones para Edificios Administrativos y Áreas Industriales, que garantice la operación y continuidad de los servicios de comunicaciones de la Batería de Separación.

El sistema de voz y datos debe contar con lo siguiente:

- Conmutador de datos
- Cableado estructurado
- Salidas de voz y datos

El conmutador de datos debe contar con los suficientes puertos Ethernet para brindar los servicios requeridos en la batería de separación. Debe manejar velocidades de 10/100 Mbps, protocolos TCP/IP, STP, IPv4, etc. El conmutador de datos debe manejar la telefonía IP, así como utilizar PoE.

El cableado estructurado debe ser un cableado genérico y tener una estructura en estrella jerárquica donde la cantidad de accesorios a utilizar dependerá de la geografía y tamaño del sistema, así como los requerimientos propios del usuario. El cableado a utilizar debe ser cable UTP CAT 6 y se utilizará un estándar de cableado T568B.

Para la instalación de los equipos y accesorios se debe considerar un gabinete de dimensiones adecuadas, debe ser para instalación en piso, para uso en interior (NEMA12), con puertas frontal y posterior, ventiladores en el techo, rack de 19" EIA, etc.

Las salidas de voz y datos se deben instalar a disponibilidad del usuario. Las Salidas deben ser dobles una para voz y otra para datos. Las salidas de telecomunicaciones se distribuirán en las áreas de trabajo y se conectarán al distribuidor (patch panel).

El sistema contra incendio a base de agua y sistema semifijo de espuma serán diseñados de acuerdo a los lineamientos de la norma para "Diseño de Redes Contra incendio (Instalaciones Terrestres), "Protección de Áreas y Tanques de Almacenamiento de Productos Inflamables y Combustibles", y construidos de acuerdo a la norma de "Redes de agua contra incendio en instalaciones industriales terrestres. Construcción y pruebas".

El Sistema Contra Incendio de la Batería de Separación, deberá tener la capacidad de proteger las instalaciones como son área de, separación primera y segunda etapa, Tanques de almacenamiento, y Bombas de crudo. Los sistemas de extinción que protegerán la Batería de separación son:

- Extintores Portátiles. Para las edificaciones tales como la Caseta del Operador.
- Red de Hidrantes-monitores. Para el área de almacenamiento, bombas de crudo y generales.
- Sistemas de aspersión automáticos para enfriamiento de los sellos de las bombas de recepción y envío de crudo y para los tanques de almacenamiento de crudo.
- Sistema semifijo de espuma para tanques de almacenamiento de crudo a base de bidones contenedores de espuma y accesorios conectados a las boquillas monitoras.

### **Presión de la Red**

La presión de la red debe ser tal que tenga 7 kg/cm<sup>2</sup> (100 psi) en el punto hidráulicamente más desfavorable de la instalación.

### **Tanques para Almacenamiento de Agua Contra Incendio**

El Sistema Contra Incendio requiere de una fuente de abastecimiento confiable de agua con un volumen tal que pueda satisfacer los requerimientos de la Batería de Separación. Acorde con lo descrito en la norma aplicable la capacidad de almacenamiento se debe dividir en dos tanques, para efectos de mantenimiento interno. Por lo que, se dispondrá de dos tanques para almacenamiento de agua en función a los requerimientos del riesgo mayor y su llenado inicial se realizará a través de camiones cisternas.

Los tanques para almacenamiento de agua contra incendio se diseñarán con la capacidad tal que satisfaga la suma de los siguientes gastos:

- Volumen de agua necesario para enfriamiento de la instalación que genera el escenario de incendio del riesgo mayor, con una densidad de 0.10 gpm/pie<sup>2</sup> (4.1 lpm/m<sup>2</sup>).
- Volumen adicional de agua para monitores fijos (dos monitores de 500 GPM): 1000 GPM.
- Volumen requerido para el enfriamiento de la instalación que reciba la radiación de calor del escenario que representa el riesgo mayor con una densidad de 0.10 gpm/pie<sup>2</sup> (4.1 lpm/m<sup>2</sup>).

La capacidad de almacenamiento de agua para servicio contra incendio debe ser suficiente para combatir ininterrumpidamente el incendio del riesgo mayor de la BS durante seis (6) horas, bajo la consideración de que no se cuenta con un sistema de reposición del volumen total de agua en un tiempo máximo de ocho (8) horas, de acuerdo a lo establecido en la norma.

Los tanques para almacenamiento de agua contra incendio serán verticales atmosféricos, de techo cónico fijo soportado, con venteo, aterrizado y recubrimiento interno. Su localización, deberá cumplir con los distanciamientos establecidos en la norma.

Los tanques para almacenamiento de agua contra incendio serán diseñados bajo los requerimientos de las normas API-650 y NFPA 22 en sus últimas ediciones, aplicando los criterios y requisitos establecidos en las normas.

### **Bombas Contra Incendio**

El sistema de bombeo para servicio contra incendio, proporcionará el agua en la cantidad y presión suficientes para cubrir los requerimientos totales de agua que demande el riesgo mayor estimado en la BS. Las bombas principales del sistema contra incendio se instalarán en un cobertizo localizado convenientemente alejado de los equipos de procesos, su ubicación es estratégica, para que no sean susceptibles de sufrir daños durante incendios o emergencias.

El cobertizo del sistema de bombeo será construido con materiales no combustibles, con los espacios necesarios para facilitar la operación y el mantenimiento de los equipos, considerando la iluminación de adecuada a los requerimientos de la NOM-025-STPS-2008. Además, tendrá un sistema de iluminación de emergencia, el cual no deberá conectarse a ningún elemento del sistema de bombeo ni a ninguna batería destinada a la operación de los motores de combustión interna a diesel.

El equipo de bombeo del sistema contra incendio debe cumplir con los requerimientos de diseño y fabricación de la norma NFPA 20 y serán para servicio específico de protección contra incendio con certificación UL y aprobación FM, este requerimiento aplica para la bomba principal y bomba de relevo, quedando fuera de éste la bomba sostenedora de presión "Jockey".

Las bombas serán seleccionadas del tipo centrífugas horizontales para ser utilizadas en condiciones de succión positiva, estas deben cumplir con lo siguiente: a gasto nulo la presión no debe exceder de 140 por ciento de la presión de descarga nominal; a gasto de prueba del 150 % de la capacidad nominal la presión de descarga no debe ser menor al 65 % de la presión de descarga nominal.

Las bombas contra incendio deben contar con los certificados de pruebas en fábrica y ser validadas con la ejecución de las pruebas en sitio de acuerdo a lo que establece la norma vigente.

Se entiende por bomba contra incendio al conjunto bomba-motor-controlador, siendo la bomba principal accionada por motor eléctrico, la bomba de relevo accionada por motor de combustión interna a diesel y la bomba jockey accionada por motor eléctrico.

La pérdida de presión en la red de agua contra incendio provocará el arranque automático del sistema de bombeo, esto será ocasionado por la apertura de algún sistema de protección contra incendio de la red (aspersores, hidrantes-monitores o cabezal de prueba).

### **Modo de Operación de las bombas contra incendio:**

Al presentarse baja de presión por apertura de algún sistema de protección contra incendio de la red o fuga de agua de 10 lb/pulg<sup>2</sup> (0.70 kg/cm<sup>2</sup>) por debajo de la presión de paro de la bomba sostenedora de presión “jockey”, esta arrancará tratando de reponer la presión del sistema, si esta bomba es capaz de reponer la presión parará y el sistema volverá a quedar presurizado.

- Si la bomba “jockey” no es capaz de restablecer la presión del sistema y esta sigue bajando hasta 5 lb/pulg<sup>2</sup> (0.35 kg/cm<sup>2</sup>) por debajo de la presión de arranque de esta bomba, deberá arrancar la bomba principal contra incendio.
- Si la bomba principal contra incendio por algún motivo falla en su arranque, automáticamente deberá arrancar la bomba de relevo.
- Para que se ejecute este modo de operación, cada bomba contra incendio debe contar con una toma de presión conectada a su controlador en forma independiente.

### **Sistema de Tuberías**

Todos los materiales de tuberías, accesorios, de conexiones, de válvulas, de hidrantes-monitores y gabinetes, serán considerados en las especificaciones para “Servicio de Agua Contra Incendio” “Especificaciones de Materiales de Tuberías”. Así como las especificaciones para el recubrimiento anticorrosivo del sistema de tuberías.

El cruce de las tuberías de este sistema en calles y vías de acceso del área de planta se realizará mediante trincheras de paso con tapas, el resto del tendido se hará sobre mochetas.

Tubería, accesorios de tubería y otros componentes del sistema deberán ser clasificados de acuerdo a la presión de trabajo máxima del sistema para la cual estarán expuestos pero no deben ser clasificados a menos de 150 psi (10.546 kg/cm<sup>2</sup>).

### **Hidrantes - Monitores**

Los hidrantes - monitores deberán estar instalados como medio manual de mitigación de un fuego, la distancia entre ellos no debe ser mayor de 30 m. Todas las áreas de proceso o de almacenamiento deberán estar bajo la cobertura de los hidrantes - monitores.

El hidrante se diseñará y fabricará acorde con lo indicado en la norma, los hidrantes podrán ser fabricados en sitio y deben diseñarse, de manera que por cada una de las tomas de 65 mm (2½ in) de diámetro, se pueda proporcionar como mínimo un gasto de 250 GPM.

El Monitor bridado a ser instalado sobre el hidrante deberá tener una capacidad de 500 GPM y deberán colocarse de acuerdo lo indicado en los planos de la ingeniería, donde se consideró la disposición, forma y riesgo de los equipos a proteger

Los Hidrantes con toma para camión serán dispuestos en las zonas contiguas al área de tanques de almacenamiento y estará formado por tubería de acero al carbón ASTM A-53 Gr B sin costura y deberán incluir la toma para camión de 8”.

### **Sistemas de Aspersión Aplicación Diluvio**

Para la protección de las bombas de crudo se dispondrá de sistemas de aspersión tipo diluvio, los cuales proporcionarán el enfriamiento necesario para los sellos de las bombas ante la ocurrencia de un fuego.

Los componentes principales del sistema son: válvula de aplicación diluvio, filtro tipo “y”, interruptores de presión, boquillas de aspersión, manómetros, válvulas de compuerta, válvulas de apertura rápida.

Los sistemas de aspersión serán diseñados con dos alimentaciones conectadas en distintos cabezales y en el mejor de los casos dichos cabezales deben de ser opuesto o seccionados por una válvula, una alimentación será de accionamiento manual con una válvula de apertura y cierre rápido y la otra será de accionamiento automático (remoto, y manual local de actuación eléctrica por medio de una válvula solenoide de tres vías).

La activación eléctrica de la válvula automática de aplicación diluvio se debe realizar por medio de un sistema de detección de mezclas explosivas o fuego cumpliendo los requerimientos de las normas vigentes.

La válvula automática de aplicación diluvio se debe localizar como mínimo a 10 metros de la instalación de riesgo de incendio que la pudiera afectar por exposición al fuego o explosión.

La válvula automática de aplicación diluvio de los sistemas de aspersión de la BS deben ser listadas por UL y/o aprobadas por FM, y debe cumplir con lo estipulado en lo que concierne a la activación eléctrica por medio de un sistema de detección, y a las normas ahí mencionadas.

Para criterios de diseño del sistema de detección ver el apartado 16.15 de estas bases, referente al Sistema de Gas y Fuego (SG&F).

### **Extintores Portátiles**

Como primer sistema de combate a un conato de fuego se deben de disponer de extintores portátiles y móviles. El tipo de extintores deberá ser del tipo presión contenida de polvo químico seco para la extinción de fuegos tipo A, B y C. Las áreas que estarán protegidas por este tipo de extintores son: áreas de proceso, caseta de operador. Las áreas donde se tengan riesgos eléctricos o se requiera proteger equipos y componentes electrónicos deberán ser protegidas con extintores portátiles a base de CO<sub>2</sub>. Los extintores portátiles y móviles deberán de cumplir con normas NOM-002-STPS-2010, NOM-100-STPS-1994, NOM-102-STPS-1994, NOM-104-STPS-2001, NFPA-10, NFPA 101.

### **Conos de Viento**

Se dispondrá de conos de vientos, localizados en lugares estratégicos que puedan ser observados desde cualquier punto de la Batería, con la finalidad de tener referencia confiable de la dirección del viento, y ante una contingencia el personal se dirija hacia un área segura. Este dispositivo deberá de cumplir con NOM-003-SEGOB-2002.

- AMERICAN WELDING SOCIETY (AWS)
- AWS A2.4 Standard symbols for welding, brazing and nondestructive examination.
- AWS A3.0: Standard welding terms and definitions. Including terms for brazing, soldering thermal spraying and thermal cutting

- AWS A5.1: Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
  - AWS A5.5: Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding
  - AWS B2.1: Standard welding procedure specification (WPS)
  - AWS D1.1: Structural Welding Code Steel
  - AWS D1.4: Structural Welding Code - Reinforcing Steel
- 
- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API)
  - API RP 1102 Steel pipe lines crossing railroads and highways.
  - API Standard 650 Welded Tanks for Oil Storage
  - API Standard 610 Centrifugal pumps for petroleum, Petrochemical and Natural Gas industries
  - API Standard 671 Special purpose couplings for petroleum, petrochemical and natural gas industries.
  - API Standard 676 Positive displacement pumps rotary.
  - API Standard 677 General purpose gears units for petroleum, chemical and gas industry services.
  - API Standard 682 Pumps – Shaft sealing systems for centrifugal and rotary pumps.
  - API Standard 537 Flare Details for General Refinery and Petrochemical Service.
  - API RP 500 Classification of locations for electrical installations of petroleum facilities.
  - API Specification 6D Pipeline valves. Petroleum and natural gas industries.
  - API Standard 1104 Welding of pipe lines and related facilities.
  - API-520 Part 1 Sizing, selection, and installation of pressure-relieving devices in refineries.
  - API-526 Flanged steel pressure relief valves.
  - API-RP-14E Recommended practice for design and installation of offshore production platform piping system.
  - API-12J Specification for oil and gas separators.
- 
- AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (ASME)
  - ASME V, Division 1: Nondestructive Examination Includes Addenda (2008 and 2009).
  - ASME VIII, Division 1: Rules for Construction of Pressure Vessels
  - ASME IX, Division 1: Welding and Brazing Qualifications.
  - ASME B16.5 Pipe flanges and flanged fittings.
  - ASME B16.9 Factory-made wrought butt welding fittings.
  - ASME B31.3 Process piping design.

- ASME B31.4 Pipeline transportation systems for liquid hydrocarbons and other liquids
- ASME B31.11 Forged Steel Fittings, Socket-Welding and Threaded
- INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA (ISA)
- ISA-20 Specification forms for process measurements and control instruments, primary elements and control valves.
- ISA S75.06 Control valve manifolds designs.
- ISA S5.1 Instrumental symbols and identifications. U
- NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS (NACE)
- NACE Task Group T-1-3 CO<sub>2</sub> corrosion in oil and gas Production.
- NACE STD MR0175 Metals for Sulfide Stress Cracking and Stress Corrosion Cracking
- Resistance in Sour Oilfield Environments.
- NACE-STD-RP-0475 Selection of Metallic Materials to Be Used in All Phases of Water Handling for Injection into Oil-Bearing Formations.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI)
- ACI 318S-08 Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-08) y comentario.
- NACE STD MR0175 Metals for Sulfide Stress Cracking and Stress Corrosion Cracking Resistance in Sour Oilfield Environments.
- NACE-STD-RP-0475 Selection of Metallic Materials to Be Used in All Phases of Water Handling for Injection into Oil-Bearing Formations.

#### NTC-04 Normas Técnicas Complementarias 2004

Manual de Diseño de Obras Civiles: Capítulo 3, Diseño por Sismo; edición del 2008.

Manual de Diseño de Obras Civiles: Capítulo 4, Diseño por Viento; edición del 2008.

### I.2.1 Hojas de seguridad

Dentro del **Anexo C** se encuentra la hoja de seguridad

### I.2.2 Almacenamiento

No Aplica,

### I.2.3 Equipos de proceso y auxiliares

No Aplica,

### I.2.4 Pruebas de verificación

**No aplica**, el proyecto está en una etapa de ingeniería.

## I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Oleum del Norte considera el perforar un pozo para la etapa del Plan de Evaluación, con el objetivo de buscar y producir hidrocarburos en las formaciones del terciario y del Cretáceo Tamaulipas Inferior, para lo cual se tienen las actividades siguientes:

### Pozo a Perforar

#### Actividades previas para la perforación del pozo

- Tomar registros geofísicos necesarios para evaluar las saturaciones de fluidos en toda la columna geológica (Formaciones del Terciario, Cretácico y Jurásico) para evaluar e identificar todos los yacimientos de interés (Actividad firme).
- Realizar pruebas de presión-producción con el fin de cuantificar el potencial real de producción de las formaciones prospectivas (Actividad firme).
- De ser posibles tomar núcleos o muestras de pared en los intervalos de interés (Actividad opcional).

#### Actividades de Perforación

Perforar un pozo direccional para obtener producción comercial de Aceite, almacenado en rocas carbonatadas de edad Cretácico Inferior en el campo La Laja. Así como constatar la prospectividad a nivel las formaciones del Terciario (Palma Real Inferior, Guayabal y Velasco Medio) y a nivel Jurásico en las formaciones Pimienta y Tamán.

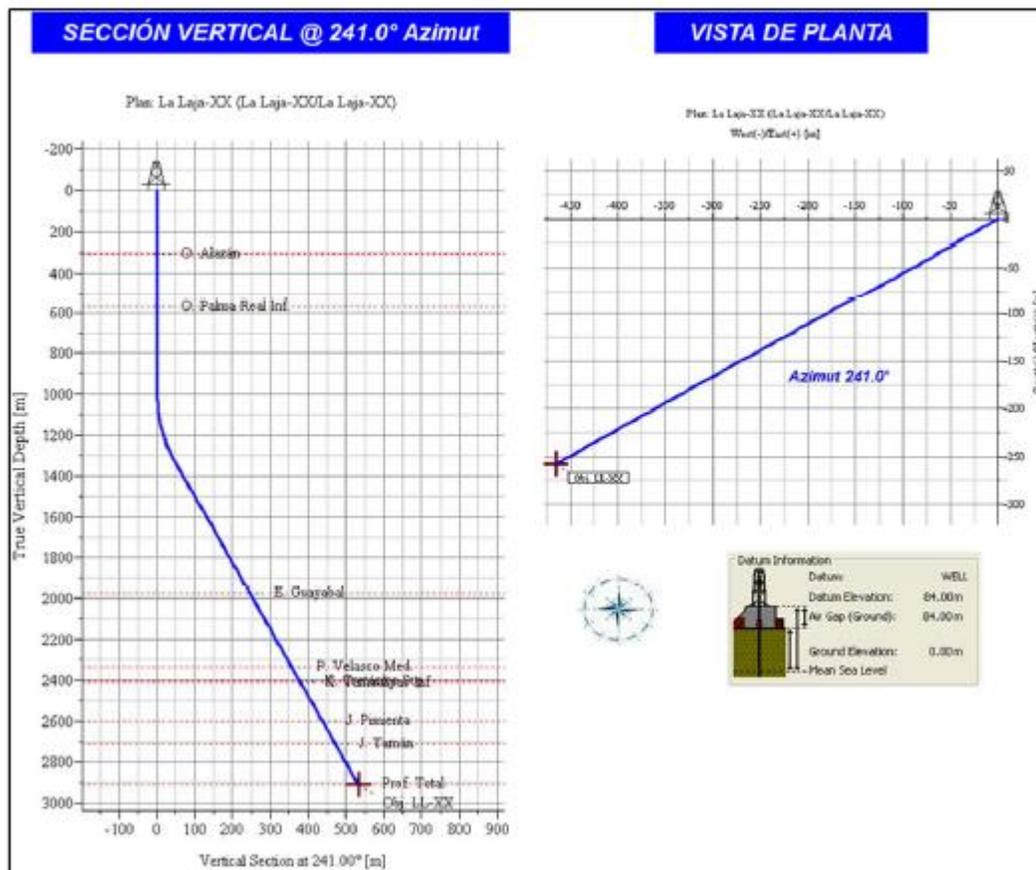
También se pretende evaluar, corroborar y delimitar las reservas existentes en el campo La Laja, a nivel de la formación Tamaulipas Inferior, de edad Cretácica.

La Localización La Laja, será perforada direccionalmente con un perfil tipo “J”, con el fin de alcanzar el objetivo propuesto. La trayectoria de éste pozo se planeó perforarlo verticalmente hasta la profundidad de 1,000 mvmbr, lugar donde iniciará la desviación del pozo. A partir de esta profundidad, se iniciará la construcción de la sección curva, a razón de 1.5 °/30 m en dirección 241° azimuth, misma dirección del objetivo, hasta alcanzar un ángulo máximo de 17.02° a la profundidad de 1,340 mdbmr. Esta sección, permitirá ganar la inclinación y desplazamiento necesario para acceder tangencialmente al yacimiento objetivo.

Finalmente, en virtud de ganar el mayor área de drene en el yacimiento, se continuará perforando tangencialmente con la misma dirección 241° azimuth, manteniendo el ángulo alcanzado de 17.02°, hasta la profundidad total de 2,986 mdbmr (2,909 mvmbr), finalizando con un desplazamiento horizontal de 531.85 m.

Durante la perforación del pozo, se debe monitorear la verticalidad desde superficie hasta 1,000 mvmbr, a fin de minimizar riesgos de desviación y trabajo posteriores de redireccionamiento del pozo.

### Gráfico del Plan Direccional.



### Actividades recomendadas durante la perforación direccional:

- Cumplir con las normatividad, ordenamientos legales y disposiciones sobre salud, seguridad y ambiente, vigentes.
- Durante la perforación de las etapas con fluido base agua, se deberá verificar constantemente que no exista material o recorte en el área de playones de cada temblorina.
- Mantener líneas de agua activas, para estar lavando y lubricando constantemente las mallas de las temblorinas, limpia lodos, el lavado interno de los bowls de las centrifugas, así como estar limpiando constantemente la charola de descarga sólida de las centrifugas para evitar taponamiento de la ventana de descarga sólida existente debajo del equipo.
- La aplicación correcta del desarenador y del desarcillador del limpia lodos durante la perforación de la primera etapa nos permitirá eliminar las altas cantidades de arena que se espera en estas formaciones controlando y mitigando el problema de abrasión de los equipos.
- Dependiendo del comportamiento durante la perforación se evaluará la adición de hasta 20 000 ppm de ion potasio, dependiendo de las pruebas de reactividad de la formación o Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), las cuales deben realizarse cada 50 m<sup>3</sup>.
- El correcto cambio de los arreglos de mallas tanto en las temblorinas como en el limpia lodos durante la perforación de la etapa es primordial para eliminar altas concentraciones de arenas y arcillas del sistema circulante.
- Se trabajará en circuito largo descargando a la trampa de arena, solo en algún caso específico, se podrá trabajar en circuito corto bloqueando el compartimento de alimentación hacia la trampa de arena teniendo de esta manera el flujo directo sobre el canal de la presa de asentamiento.
- Durante la perforación de las etapas con fluido base aceite mantener diesel en locación para estar lavando y lubricando constantemente las mallas de los shakers y limpia lodos ya que esto nos evita la resequedad o taponamiento. Verificar constantemente que no exista material o recorte en el área de playones de cada temblorina.
- Disponer de los certificados de los aditivos y productos químicos del lodo, con las respectivas hojas de información, para validar que están aptos para ser utilizados.
- En caso de pérdidas de circulación, evaluar la severidad de las mismas y bombear baches obturantes para controlar la pérdida de fluido a formación (el volumen del bache y concentración de cada material será determinado por el ingeniero de fluidos en sitio, en función de la severidad determinada para la pérdida de fluido). En caso de ser un bache con alta concentración de material obturante, se deberá evaluar la posibilidad de colocarlo con TP franca.

- En caso de presentarse influjo de agua, para mayor control de volúmenes, propiedades fisicoquímicas, monitoreo de niveles y flujo de información se contemplará un tercer químico en la plataforma.
- Se debe mantener el uso de centrifugas, de acuerdo al comportamiento de sólidos perforados.
- Mantener un cuidado especial en los volúmenes del sistema activo, y reportar cualquier indicio de aumento o disminución del mismo; efectuar control estricto con la retorta en la salida para identificar cualquier indicio de cambio de relación aceite/agua e informar inmediatamente al equipo de trabajo, esto es debido a lo observado en los pozos correlativos.
- Asegurar un adecuado parámetro entre el gasto disponible y la ROP para asegurar la limpieza del agujero, verificar valores de DEC, controlando la densidad del fluido en superficie. Verificar constantemente la tendencia de los parámetros de perforación; si se observa que la presión de bomba tiende a aumentar, pudiera ser indicativo de presencia de recortes en el anular.
- El contenido admisible de sólidos depende de la relación aceite/agua, la densidad de la fase acuosa y el volumen y la gravedad específica de los sólidos. Los sólidos son abrasivos y pueden aumentar el espesor del revoque, la viscosidad plástica, las pérdidas de presión, la necesidad de tratamientos químicos y la probabilidad de humectación de los sólidos por agua. Los sólidos de baja gravedad específica deberán mantenerse al nivel más bajo posible, mediante los equipos de control de sólidos.
- Circular el agujero hasta obtener retornos limpios, antes de sacar la tubería. Cualquier acumulación de cortes en el agujero, resultará en efectos adicionales de suabeo que aumentan la DEC y la tendencia de fracturar la formación.
- La viscosidad plástica es afectada por la concentración de sólidos y la relación aceite / agua. Ésta se puede reducir por el incremento del contenido del aceite o por dilución con un fluido de emulsión inversa sin asfalto ni gilsonita con bajos sólidos.
- Si las presiones de la tubería comienzan a ser excesivas, debería considerarse un incremento de la relación aceite / agua.
- Durante los viajes se deberá llevar la cédula de llenado y comparar el volumen real contra lo teórico.
- Controlar la velocidad de sacada de la sarta en cada viaje, para evitar una disminución en la densidad equivalente y con ello evitar manifestaciones del pozo, observar el pozo en condiciones estáticas durante 15 min cada 500 m de tubería extraídos.
- Al llegar a la profundidad programada circular 3 tiempos de atraso con el fin de limpiar el agujero y bombear un bache de limpieza.
- Llevar registros estadísticos del funcionamiento de los equipos de control de sólidos: Porcentaje de eficiencia, porcentaje de humectabilidad de ripios, tamaño y cantidad de mallas utilizadas, volúmenes de recortes procesados.

**PROGRAMA DE ACTIVIDADES Y TIEMPOS:**

ACTIVIDADES		Prof (m)	Hrs. Act.	Hrs. Acum.	Días Acum.
<b>MOVIMIENTO</b>					
1	Armar y meter barrena de 12 1/4" y sarta estabilizada		5	5	0.21
<b>PRIMERA ETAPA BARRENA DE 12 1/4", TR 9 5/8"</b>					
2	Perforar con sarta pendular desde superficie a 700 m	700	84.00	89.00	3.71
3	Circular limpiando agujero y acondicionando lodo		3.00	92.00	3.83
4	Efectuar viaje corto, repasar resistencias si es necesario. Circular		3.00	95.00	3.96
5	Sacar barrena a superficie		3.00	98.00	4.08
6	Instalar y tomar paquete de Registros Geofísicos de acuerdo a programa (Por confirmar)		10.00	108.00	4.50
7	Bajar barrena reconocer agujero para correr TR (Repasar si es necesario)		3.00	111.00	4.63
8	Circular y acondicionar lodo para correr TR de 9 5/8", J-55, 36 Lb/pie BCN		3.00	114.00	4.75
9	Sacar barrena a superficie.		3.00	117.00	4.88
10	Efectuar preparativos para correr TR de 9 5/8", J-55, 36 Lb/pie BCN (Instalar llaves de apriete).		3.00	120.00	5.00
11	Meter TR 9 5/8" hasta 700 m		10.00	130.00	5.42
12	Instalar cabeza de cementar, dismantelar llaves de apriete. y circular homogeneizando fluido		5.00	135.00	5.63
13	Efectuar preparativos para cementar, (preparar baches, lavador y separador)		3.00	138.00	5.75
14	Cementar TR		12.00	150.00	6.25
15	Esperar fraguado, en inter eliminar cabeza de cementar, efectuar corte preliminar del Tubo conductor y TR superficial, eliminar diverter, campana y línea de flote		12.00	162.00	6.75
16	Afinar y bicelar corte de TR de 9 5/8 " e instalar Cabezal Semi Compacto 11 5M " x 2 9/16", Conjunto de Preventores, líneas superficiales de control, probar mismas."		24.00	186.00	7.75
17	Instalar campana, línea de flote, charola y buje de desgaste		15.00	201.00	8.38
18	Armar BHA y bajar barrena de 8 1/2" hasta cople		15.00	216.00	9.00

OLEUM del NORTE					
ACTIVIDADES		Prof (m)	Hrs. Act.	Hrs. Acum.	Días Acum.
19	Probar hermeticidad de TR, rebajar cemento, accesorios y reconocer hasta 5 m antes de zapata y efectuar segunda prueba a la TR		10.00	226.00	9.42
20	Perforar 30 m Circular para limpliar pozo		12.00	238.00	9.92
ACTIVIDADES		Prof (m)	Hrs. Act.	Hrs. Acum.	Días Acum.
21	Efectuar prueba de goteo con unidad de alta presión.		3.00	241.00	10.04
22	Sacar barrena a superficie		3.00	244.00	10.17
23	Realizar Prueba de Preventores cada 15 días de operación del equipo.		10.00	254.00	10.58
24	Armar barrena de 8 1/2" y sarta direccional	TR	10.00	264.00	11.00
SEGUNDA ETAPA BARRENA DE 8 1/2", TR 7"					
25	Perforar de 730 a 2986 md, iniciando KOP a 1000 md, alcanzando 17.02° de inclinación, azimut 241°, con lodo E.I entre 1.22 y 1.55 gr/cc	2,986	162.00	426.00	17.75
26	Corta 1 núcleo		46.00	472.00	19.67
27	Realizar viaje para cambio de barrena (+2 barrenas). (Incluye Circulación y Viaje redondo)		110.00	582.00	24.25
28	Circular limpliando agujero, colocar bache pesado	PERF	3.00	585.00	24.38
29	Sacar barrena a superficie		14.00	599.00	24.96
30	Realizar viaje corto (Levantar barrena a la zapata y reconocer fondo perforado, repasar resistencias si es necesario)		4.00	603.00	25.13
31	Sacar barrena a superficie		12.00	615.00	25.63
32	Instalar y tomar paquete de Registros Geofísicos de acuerdo a programa (A confirmar)		42.00	657.00	27.38
33	Meter barrena a fondo perforado y efectuar viaje de reconocimiento y acondicionar agujero para correr TR de 7" L-80 35 lbs/p Vam Silj II		16.00	673.00	28.04
34	Circular y acondicionar agujero. Colocar bache si es necesario		3.00	676.00	28.17
35	Sacar barrena a superficie		12.00	688.00	28.67
36	Efectuar preparativo para correr TR (Recuperar buje de desgaste, cambiar rams a preventor superior y probar mismo, efectuar junta de seguridad). Instalar llaves de apriete, Instalar grúa o izadora y equipo llenado rápido		6.00	694.00	28.92
37	Bajar TR de 7" L-80 35 lbs/p Vam Silj II a 2,986 m		36.00	730.00	30.42
38	Instalar cabeza de cementación, Instalar unidad de alta presión		3.00	733.00	30.54
39	Circular homogenizando fluido		3.00	736.00	30.67
40	Efectuar preparativos para cementar (Junta de seguridad y preparar bache separador)		3.00	739.00	30.79
41	Cementar TR de 7" L-80 35 lbs/p Vam Silj II		8.00	747.00	31.13
42	Esperar fraguado, en inter eliminar cabeza de cementar, Instalar cuñas, sentar TR en cabezal ( Si el cabezal es seccionado, eliminar línea de fote, charola ecológica, levantar conjunto de preventores, realizar corte y afinar o bicelar TR,		24.00	771.00	32.13
43	Bajar barrena o molino y checar cople de retención, rebajar cemento en caso necesario		18.00	789.00	32.88
44	Realizar Prueba de hermeticidad TR de 7" L-80 35 lbs/p Vam Silj II		4.00	793.00	33.04
45	Sacar barrena a superficie		10.00	803.00	33.46
ACTIVIDADES		Prof (m)	Hrs. Act.	Hrs. Acum.	Días Acum.
46	Cortar y deslizar cable, cambiar cable al tambor del malacate, guarnido del mástil y polea viajera (en caso de ser necesario)		10.00	813.00	33.88
47	Tomar Giroscópico. Sacar sonda a superficie y desmantelar URE		8.00	821.00	34.21
48	Realizar Prueba de Preventores cada 15 días de operación del equipo	TR	10.00	831.00	34.63

### I.3.1 Especificación del cuarto de control

No aplica, no se contempla cuarto de control para el proyecto.

### **I.3.2 Sistemas de aislamiento**

#### **Revestimiento conductor.**

Esta sarta es un revestimiento de corta longitud que se utiliza en un pozo en el caso en que la tierra de la superficie sea suave, como en los pantanos. Se usa en primer lugar para evitar la erosión o el lavado o deslave del pozo alrededor de la base de la torre y para suministrar un conducto por el cual se pueda elevar el fluido de perforación a suficiente altura para regresarlo al tanque de lodo.

El conductor también sirve para proteger las subsecuentes sartas de revestimiento de la corrosión y se pueden usar para soportar parte de la carga en la cabeza del pozo en las localidades en donde la resistencia del terreno no es adecuada. Se puede perforar el agujero para el conductor y se puede instalar la tubería de la manera usual (ya sea soldada o ensamblada por medio de conexiones roscadas), pero usualmente se forza con equipo de hincado. Cuando se utiliza el equipo de hincado, se pone tubería con extremo para soldar (tubería lisa) y se sueldan las juntas a medida que se añaden tubos a la sarta.

El conductor es la tubería de mayor tamaño en un pozo. Los tamaños más comunes van desde 16" hasta 48" Ø. El tamaño depende usualmente de la profundidad total del pozo y del programa de tuberías de revestimiento.

#### **Revestimiento Superficial.**

Se corre una vez que se ha fijado el tubo conductor y que se ha hecho el agujero superficial. Es de un diámetro menor que el tubo conductor y usualmente se instala a suficiente profundidad para proteger al pozo de derrumbes en las formaciones sueltas que con frecuencia se encuentran cerca de la superficie y para protección de las arenas de agua dulce.

La profundidad del revestimiento superficial, puede ser más o menos de 60,0 m, pero a veces llega a tener varios cientos de metros, dependiendo de las formaciones que se encuentren. Sin embargo, en algunos lugares, la legislación que protege las reservas subterráneas de agua dulce es bastante específica acerca de la longitud del revestimiento superficial.

## Sartas Adicionales.

Siguiendo la colocación del revestimiento superficial adecuado, se requerirán una o dos sartas más, de revestimiento adicional. Ese número depende de la profundidad del pozo y de los problemas que se encuentren en la perforación. Si el pozo es excepcionalmente profundo o si se encuentran severos problemas de perforación, tales como una presión anormal en las formaciones geológicas o zonas de circulación perdida, puede llegar a ser necesario colocar una o más sartas intermedias de revestimiento para lograr aislar o sellar las zonas que están causando problemas.

Los revestimientos intermedios generalmente se usan para sellar formaciones que pudieran fracturarse con el lodo pesado que es necesario para barrenar las formaciones geológicas de elevadas presiones, a veces se cementan a través de zonas de elevadas presiones para permitir el uso de lodos más ligeros o aire para barrenar las formaciones más profundas, pero de bajas presiones.

Todos los materiales de tuberías, accesorios, de conexiones, de válvulas, de hidrantes-monitores y gabinetes, serán considerados en las especificaciones para “Servicio de Agua Contra Incendio” “Especificaciones de Materiales de Tuberías”. Así como las especificaciones para el recubrimiento anticorrosivo del sistema de tuberías.

El cruce de las tuberías de este sistema en calles y vías de acceso del área de planta se realizará mediante trincheras de paso con tapas, el resto del tendido se hará sobre mochetas.

Tubería, accesorios de tubería y otros componentes del sistema deberán ser clasificados de acuerdo a la presión de trabajo máxima del sistema para la cual estarán expuestos pero no deben ser clasificados a menos de 150 psi (10.546 kg/cm<sup>2</sup>).

## I.4 ANALISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

### I.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes

No hay registro de incidentes con riesgo ambiental en Pozos de producción terrestres

### I.4.2 Metodologías de identificación y jerarquización

#### I.4.2.1 Premisas y Consideraciones para Seleccionar las Metodologías Aplicadas.

Los criterios bajo los cuales se desarrolló el Análisis HazOp, para el proyecto: **ÁREA CONTRACTUAL 10 CAMPO LA LAJA”, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE OZULUAMA DE MASCAREÑAS, ESTADO DE VERACRUZ**, los cuales se desglosan a continuación:

1. Los diagramas de tubería e instrumentación (DTI's) empleados para el desarrollo de la metodología HazOp, fueron los proporcionados por OLEUM DEL NORTE.
2. Para la estimación de valores de frecuencia y consecuencia se utilizaron las tablas establecidas en la Guía operativa para realizar análisis de riesgos de proceso en los proyectos y/o instalaciones de PEMEX, clave GO-SS-TC-0002-2015.

Dentro de cada una de las etapas en la que se encuentre cada proyecto, se emplean diferentes metodologías y de acuerdo a las necesidades del proyecto se seleccionarán las más adecuadas de aquellas que están mencionadas en la Tabla I.4.2.1-1.

**Tabla I.4.2.1-1 Aplicación de la Metodologías de Identificación de Riesgos de Acuerdo a la Etapa del Proyecto.**

Etapa en la cual se desarrolló el estudio	Para la Elaboración del Análisis Preliminar de Riesgo			Para la Elaboración de un ARP Cualitativo				Para la Elaboración de ARP Cuantitativo							Análisis Costo Beneficio
	Identificación de peligros (HazOp)	Lista de Verificación	Revisión de seguridad	¿Qué pasa si?	Lista de verificación ¿Qué pasa si?	Análisis de peligros y operación (HazOp)	Análisis Bow-Tie	Análisis Frecuencia				Análisis de Consecuencias			
								Árbol de Fallas (FTA)	Árbol de Eventos (ETA)	Modos Falla y Efectos (FMEA)	Seguridad funcional y/o LOPA	Fuego Explosión y Derrame en Superficies	Derrame Sobre Agua (HAR)	Ubicación Segura de Instalación	
Visualización	SI	SI	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Conceptualización (Ingeniería Conceptual)	-	-	-	SI	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Definición (Ingeniería Básica)	-	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	-	-	SI	SI	SI	SI
Seguimiento (Ingeniería de Detalle)	-	-	-	-	SI	-	SI	SI	SI	-	SI	-	-	-	-
Ejecución (Procura construcción prueba y arranque)	-	SI	-	SI	SI	-	SI	-	-	-	-	-	-	-	SI
Operación Rutinaria	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Camb. Tec. Permanentes y/o Temporales	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	-	SI	SI	SI	SI	SI
Camb. Menores o personal Tec.	-	SI	SI	SI	SI	SI	SI	-	-	-	-	-	-	-	-
Pruebas Tecnológicas	-	SI	SI	SI	SI	SI	SI	-	-	-	-	SI	-	-	-
Investigación y análisis de incidentes	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Paro de instalación	-	SI	SI	SI	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desmantelamiento de instalación	-	SI	SI	SI	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### I.4.2.2 Metodología HazOp.

La técnica de análisis de peligros y operabilidad “HazOp” se basa en el principio de que varios expertos con diferentes especialidades, pueden interactuar de una manera creativa y sistemática para identificar más problemas trabajando juntos que trabajando separados. La técnica de análisis “HazOp” fue originalmente desarrollada por el Dr. Trevor Kletz en la década de 1970 en la compañía Imperial Chemical Industries, para evaluar la operación de sus instalaciones industriales, posteriormente esta técnica fue adaptada de manera colegiada por el American Institute of Chemical Engineers y difundida a partir de 1992 a través de las Guías editadas por el Center for Chemical Process Safety, y es recomendada para identificar los problemas de seguridad y de operabilidad que se pudiesen presentar en una instalación durante su operación normal, arranque y paro, AICHE 1999.

Para desarrollar un estudio HazOp, se integra un grupo multidisciplinario de especialistas con experiencia y conocimiento en diseño, operación, mantenimiento y seguridad de instalaciones similares a la que se va a estudiar, encabezado por un líder con conocimiento profundo de la técnica. Se requiere que comprendan completamente el proceso y sus interrelaciones, a fin de poder cuestionar correctamente cada una de las secciones del proceso y sus componentes, identificando las desviaciones al propósito original que puedan ocurrir y así, determinar cuáles de esas desviaciones pudiesen dar lugar a riesgos para el personal y las instalaciones durante la operación de las mismas.

El HazOp (Hazard and Operability Study) es una técnica cualitativa que permite identificar postulados de accidentes que pudieran ocurrir en la instalación.

La metodología consiste en dividir la instalación en subsistemas que tengan una identidad funcional propia y en seleccionar una serie de nodos en cada subsistema donde se analizan las posibles desviaciones de las principales variables que caracterizan el proceso (presión, temperatura, caudal, etc.). Las desviaciones son establecidas de forma sistemática recurriendo a una lista de palabras guía que califican el tipo de desviación. Ejemplos de palabras guía más utilizadas se mencionan en la Tabla I.4.2.2-1.

**Tabla I.4.2.2-1 Palabras Guía más Utilizadas en la Metodología HazOp.**

Palabras guía	
No/Ninguna	Negación del intento de diseño
Más	Incremento cuantitativo
Además de	Decremento cuantitativo
Parte de	Incremento cualitativo
Inversa	Opuesto lógico del intento
Otro que	Sustitución completa

Como se mencionó anteriormente, cuando las palabras guía se combinan con las variables de proceso, sugieren desviaciones o problemas potenciales.

Para cada desviación identificada se debe incluir la siguiente información:

1. La lista de las posibles causas.
2. La lista de las consecuencias.
3. La respuesta automática del sistema ante la desviación.
4. El tipo de señalización (acústica/visual) que puede permitir la detección de la anomalía.
5. Recomendaciones para evitar las causas o limitar las consecuencias.
6. Comentarios: cualquier tipo de anotación para completar alguno de los puntos.

Las hojas de trabajo correspondiente a la aplicación de la metodología HazOp para el **ÁREA CONTRACTUAL 10 CAMPO LA LAJA”, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE OZULUAMA DE MASCAREÑAS, ESTADO DE VERACRUZ**, se podrá observar en el **Anexo D**.

### Terminología utilizada en el estudio HazOp

En la ejecución de un estudio HAZOP se utilizan varios términos con significado especial:

- **Nodo:** Son puntos o secciones donde el proceso cumple con una función específica de diseño. Los nodos normalmente son secciones de tubería, recipientes u otro equipo (la amplitud del nodo depende de la experiencia del equipo de trabajo y de la experticia que se tenga del proceso). La selección de nodos usualmente los define el líder del estudio antes de las reuniones de trabajo.
- **Parámetro:** Es un aspecto del proceso que lo describe físicamente, químicamente o en términos que digan qué está sucediendo.
- **Intención:** La intención define cómo se espera que el sistema opere en el nodo. La intención provee un punto de referencia para desarrollar desviaciones.
- **Palabra Clave:** Esta es una palabra o frase utilizada para calificar o cuantificar la intención y asociada a parámetros para descubrir desviaciones.
- **Desviación:** Es la pérdida de la intención de diseño y es descubierta aplicando sistemáticamente las palabras guía a cada parámetro en cada nodo.

### Los objetivos básicos del HAZOP son:

- Identificación de Peligros, donde se identifica las características de los materiales de la planta, proceso, equipo, procedimiento, etc., que puedan representar accidentes potenciales.
- Identificación de Problemas de Operabilidad, donde se identifica los problemas potenciales operativos, los cuales podrían ocasionar que se falle en alcanzar la productividad y metas de diseño.

#### I.4.2.3 Jerarquización de Riesgos.

La ponderación y/o jerarquización se realizó de acuerdo a los siguientes pasos:

Se ponderó la frecuencia de cada escenario de acuerdo a la tabla I.4.2.3-2.

Se asignó para cada escenario una ponderación por tipo de consecuencia (daño al personal, daños a la población, a la instalación, impacto ambiental, pérdidas de producción) de acuerdo a la tabla I.4.2.3-1.

Los objetivos de la revisión de riesgos de las instalaciones son:

- Identificar, seleccionar, evaluar y clasificar los riesgos más importantes con el potencial de ocasionar daños al personal y/o a la población, el medio ambiente, el producto manejado y la instalación.
- Desarrollar recomendaciones para reducir los riesgos.
- Identificar los procesos y las áreas más importantes que requieren de una evaluación más detallada para determinar las medidas más efectivas destinadas a reducir el riesgo.

En la Tabla I.4.2.3-1 de categorías de consecuencias, se consideran seis tipos de consecuencias: daños al personal, efectos en la población, impacto ambiental, pérdida de producción, daños a la instalación y daños a terceros. El personal de la instalación es imprescindible a la hora de asignar categorías de consecuencia, ya que poseen el conocimiento del proceso y la experiencia necesaria; por ejemplo, el personal puede proporcionar información valiosa sobre las variables principales acerca de (1) los efectos en la vida y la salud del personal, (2) el impacto ambiental y (3) la evaluación económica, como pueden ser los costos de reparación o reemplazo de equipos, el tiempo muerto que se necesita para restaurar los sistemas después de paros, el tiempo de paralización necesario para volver a arrancar unidades de proceso y los costos asociados con interrupciones en la producción.

**Tabla I.4.2.3-1 Clasificación por Categorías de Consecuencias.**

Categoría	Daños al personal (DP)	Efecto en la población (EP)	Daños a terceros	Impacto ambiental (IA)	Pérdida de producción (PP) [USD]	Daños a la instalación (DI) [USD]
6	Heridas o daños físicos que pueden resultar en 1 fatalidad.	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 100 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 100 fatalidades	Fuga o derrame externo que no se pueda controlar en una semana.	Mayor de 500001 mil de USD	Mayor de 500001 mil de USD
5	Heridas o daños físicos que generan incapacidad médica permanente.	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 15 a 100 fatalidades	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 15 a 100 fatalidades	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en una semana.	De 250001 a 500 mil USD	De 250001 a 500 mil USD
4	Heridas o daños físicos que generan incapacidad médica de 30 días.	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 14 fatalidades.	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 14 fatalidades.	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en un día.	De 50001 a 250 mil USD	De 50001 a 250 mil USD
3	Heridas o daños físicos que generan incapacidad médica temporal de 15 días.	Heridas o daños físicos que pueden resultar en hasta 3 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización a gran escala.	Heridas o daños físicos que pueden resultar en hasta 3 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización a gran escala.	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en algunas horas.	De 25001 a 50 mil USD	De 25001 a 50 mil USD
2	Heridas o daños físicos reportables y/o que se atienden con primeros auxilios.	Heridas o daños físicos reportables y/o que se atienden con primeros auxilios. Evento que requiere de evacuación. Ruidos, olores e impacto visual que se puede detectar.	Heridas o daños físicos reportables y/o que se atienden con primeros auxilios. Evento que requiere de evacuación. Ruidos, olores e impacto visual que se puede detectar.	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en menos de una hora (incluyendo el tiempo para detectar).	De 5001 a 25 mil USD	De 5001 a 25 mil USD
1	No se esperan heridas o daños físicos.	No se esperan heridas o daños físicos. Ruidos, olores e impacto visual imperceptibles.	No se esperan heridas o daños físicos. Ruidos, olores e impacto visual imperceptibles.	No hay fuga o derrame externo.	Hasta 5 mil USD	Hasta 5 mil USD

La clasificación de categorías de consecuencias fue acordada por el grupo multidisciplinario participante de las sesiones para la identificación de riesgos.

**Tabla I.4.2.3-2 Clasificación por categorías de Frecuencias.**

Categoría de frecuencia	Tipo	Descripción de la frecuencia de ocurrencia
6	Muy frecuente	Ocurre una o más veces por año.
5	Frecuente	Ocurre una vez en un periodo entre 1 y 3 años.
4	Poco Frecuente	Ocurre una vez en un periodo entre 3 y 5 años
3	Raro	Ocurre una vez en un periodo entre 5 y 10 años
2	Muy raro	Ocurre solamente una vez en la vida útil de la planta
1	Extremadamente raro	Evento que es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro.

Una vez llevada a cabo la ponderación de los escenarios, se determina el nivel de riesgo mediante la categoría de frecuencia por las categorías de consecuencia. Con lo cual, se identifican los escenarios que poseen una mayor importancia en función del riesgo que representan.

Dónde:

- DP = Categoría de consecuencia para daños al personal.
- EP = Categoría de consecuencia para efectos a la población.
- DT = Daños a terceros.
- IA = Categoría de consecuencia para impacto ambiental.
- PP = Categoría de consecuencia para pérdidas de producción.
- DI = Categoría de consecuencia para daños a la instalación.
- F = Categoría de Frecuencia.

En la Figura I.4.2.2-1 se ilustra la matriz de riesgo, la cual fue acordada con el grupo multidisciplinario participante de las sesiones para la identificación de riesgos con tres niveles de riesgo:

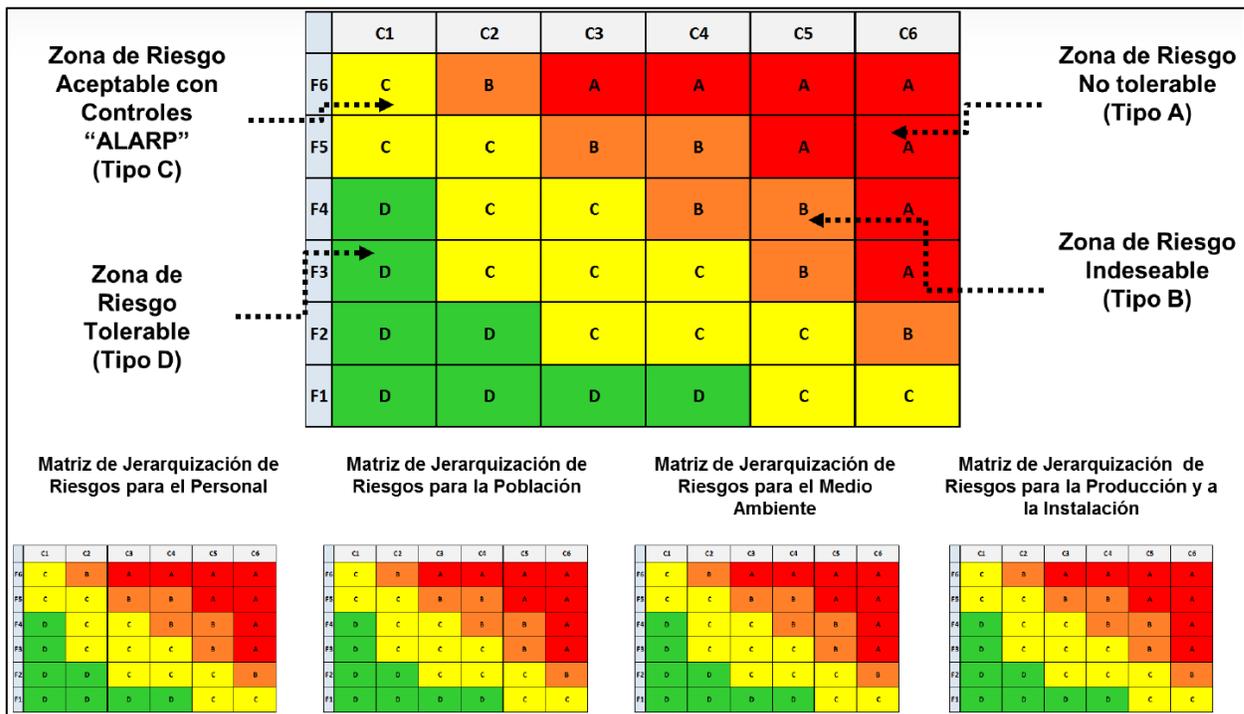


Figura I.4.2.3-1 Matriz de Jerarquización de Riesgo de Proceso.

En la Tabla I.4.2.2-3 se describe cada uno de los índices de riesgo que contiene la matriz de riesgo anterior.

**Tabla I.4.2.3-3 Índices de Riesgo.**

Clasificación de Recomendación	Descripción
A	<p><b>Riesgo No Tolerable (Tipo A)</b></p> <p>El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas temporales y permanentes. Un riesgo Tipo "A" representa una situación de riesgo no tolerable y deben establecerse Controles Temporales Inmediatos si se requiere continuar operando. Se debe realizar una administración de riesgos temporales y permanentes por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a Tipo "C".</p>
B	<p><b>Región Indeseable (Tipo B)</b></p> <p>El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas permanentes. Un riesgo Tipo "B" representa una situación de riesgo Indeseable y deben establecerse Controles Permanentes Inmediatos. Se debe realizar una administración de riesgos permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos permanentes hasta reducirlo a Tipo "C" y en el mejor de los casos, hasta riesgo Tipo "D".</p>
C	<p><b>Riesgo Aceptable con Controles (Tipo C)</b></p> <p>El Riesgo es significativo, pero se pueden gestionar con controles administrativos. Un Riesgo Tipo "C" representa una situación de riesgo Aceptable siempre y cuando se establezcan Controles Permanentes. Las acciones correctivas y preventivas permanentes que se definan para atender estos hallazgos debe darse en un plazo no mayor a 180 días.</p>
D	<p><b>Riesgo Tolerable (Tipo D)</b></p> <p>El riesgo no requiere de acciones correctivas y preventivas adicionales, es de bajo impacto. Un riesgo tipo "D" representa una situación de riesgo tolerable. Se debe continuar con los programas de trabajo para mantener la integridad de las capas de protección.</p>

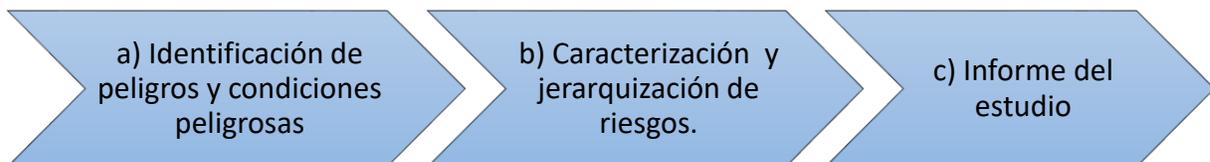
Dentro del **Anexo D** se muestra la aplicación de la metodología HazOp para la **"ÁREA CONTRACTUAL 10 CAMPO LA LAJA", UBICADO EN EL MUNICIPIO DE OZULUAMA DE MASCAREÑAS, ESTADO DE VERACRUZ"**.

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

### II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

Tomando como base el estudio de Análisis de Riesgos y Operabilidad HazOp, específicamente las hojas de trabajo para la identificación de peligros y jerarquización de riesgos, se identificaron los posibles escenarios hipotéticos, para los cuales, como alcance de este documento se llevará a cabo la evaluación cuantitativa de las posibles consecuencias que se presenten y estimar así los niveles de radiación y sobrepresión alcanzados y que pudieran tener algún alcance significativo a los principales equipos, o la misma planta de cogeneración. Es importante señalar que dichos escenarios son evaluados como parte de los riesgos que se presenten en desviaciones de las condiciones normales de operación de la instalación en estudio.

Por lo que, en el siguiente diagrama de bloques, se pueden observar los pasos a seguir para el desarrollo del Estudio de “Análisis de consecuencias”.



Del diagrama de bloques antes mostrado, se señala que la etapa de identificación de peligros y/o riesgos es la fase previa y decisiva del Análisis, cuyo propósito final es determinar una serie de accidentes tipo denominado hipótesis accidentales que se pueden producir en una instalación.

#### II.1.1 Cálculo de Consecuencias.

Al presentarse tanto incendios como explosiones, en ese orden, son los tipos de accidentes más frecuentes en la industria química, seguidos por las emisiones de sustancias tóxicas. Esto no es sorprendente si se considera la cantidad y características de las sustancias comúnmente procesadas.

Esta fase del Análisis de Riesgo/consecuencias tiene como objeto principal la determinación de:

La delimitación de las áreas entorno al origen de cada accidente en las cuales se produce un determinado nivel de daño a las personas o a las instalaciones.

La evaluación del grado de afectación de cada uno de los eventos físicos finales identificados para un determinado accidente hipotético.

Las premisas principales para la delimitación de esta metodología es que tiene el objeto de identificar los siguientes puntos:

Contabilizar todos los efectos posibles del accidente con especial incidencia sobre los más graves.

Establecer las condiciones de cálculo a las que probablemente ocurra el evento (caudal de fuga, condiciones meteorológicas, valores umbrales establecidos), modelo matemático aplicado para el cual se deberá enlistar los resultados obtenidos.

El Estudio de Peligro y Operabilidad (HazOp) del **“ÁREA CONTRACTUAL 10 CAMPO LA LAJA”, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE OZULUAMA DE MASCAREÑAS, ESTADO DE VERACRUZ**”, está integrado por una serie de metodologías cuyo objeto es el identificar las principales desviaciones durante el proceso, los cuales son:

- Metodología HazOp.
- Jerarquización de Riesgos.
- Evaluación de Consecuencias.

El objetivo del análisis de consecuencias es cuantificar el impacto negativo de un evento potencialmente peligroso para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales. Los diversos tipos de accidentes graves a considerar en las instalaciones en las que haya sustancias peligrosas pueden producir tres tipos de fenómenos, los cuales son:

- Fenómenos del tipo mecánico: ondas de presión y proyectiles.
- Fenómenos de tipo térmico: radiación térmica.
- Fenómenos del tipo químico: fuga o derrames incontrolados de sustancias tóxicas o contaminantes.

El análisis de consecuencias evalúa los diferentes tipos de accidentes potenciales en establecimientos industriales que manejan sustancias peligrosas que pueden producir eventos peligrosos los cuales son:

- Fugas o derrames incontrolados de sustancias peligrosas: líquidos o gases en depósitos y conducciones
- Evaporación de líquidos derramados
- Dispersión de nubes de gases, vapores y aerosoles
- Incendios de charco o "Pool Fire"
- Dardos de fuego o "Jet Fire"

- Deflagraciones no confinadas de nubes de gases inflamables o "UVCE"
- Estallido de depósitos o "BLEVE"
- Explosiones físicas y/o químicas
- Vertido accidental al medio ambiente de sustancias contaminantes, procedente de fugas o derrames incontrolados

Normalmente, un accidente de estas características se produce a partir de algún suceso menor que trae como consecuencia la pérdida de estanqueidad de algún recipiente, depósito o tubería que contiene alguna sustancia, lo que produce la fuga o derrame de esta sustancia al exterior. También es posible un incendio previo o simultáneo a una fuga o incluso, una explosión previa a la fuga o al incendio. No obstante, en la mayoría de los casos el primer suceso consiste en una fuga incontrolada de producto.

Para el Análisis de Consecuencias de los accidentes identificados en el **“ÁREA CONTRACTUAL 10 CAMPO LA LAJA”, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE OZULUAMA DE MASCAREÑAS, ESTADO DE VERACRUZ** se utilizó el software PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool) 6.6 de DNV, que implementa diferentes algoritmos matemáticos y modelos de fuga, dispersión, incendio, explosión, etc.

El software PHAST es una herramienta para análisis de riesgos de procesos que permite predecir las consecuencias de inflamabilidad, explosividad y toxicidad a partir de:

- Descargas atmosféricas de diseño y rutinarias.
- Descargas atmosféricas accidentales y peligrosas.

Los modelos de descarga consideran:

- Flujos de líquidos, gases o de dos fases.
- Materiales individuales o mezclas.
- Comportamiento estable o dependiente del tiempo.
- Descargas en interiores de edificios.

Los modelos de dispersión predicen:

- Formación de aerosoles.
- Condensación y formación de charcos.
- Nubes densas.

Los modelos de inflamabilidad predicen:

- Niveles de radiación.
- Zonas de deflagración.
- Niveles de sobrepresión.

Los modelos incluyen:

- BLEVE's y bolas de fuego.
- Dardos de fuego.
- Incendio de charcos.
- Deflagraciones.
- Explosiones de nubes de vapor.

Los modelos tóxicos predicen:

- Concentración en función de la distancia a favor del viento.
- Concentración en función del tiempo en cualquier punto dentro de la nube.
- Vistas superiores de la nube.

Los criterios y los datos operativos que se consideraron para la estimación de consecuencias y que fueron alimentadas al simulador, para cada uno de los escenarios identificados para el proyecto “**ÁREA CONTRACTUAL 10 CAMPO LA LAJA**”, **UBICADO EN EL MUNICIPIO DE OZULUAMA DE MASCAREÑAS, ESTADO DE VERACRUZ**”, se podrán observar al final de este capítulo, así mismo los resultados de obtenidos a partir de la simulación con el software PHAST 6.6, las cuales, para mayor referencia o consulta, se mostrarán en el Anexo E.

Es importante señalar que en apego a lo descrito en la Guía técnica para realizar Análisis de Riesgo de Proceso con clave 800-16400-DCO-GT-75 Rev. 2 del 2015, así como del documento denominado Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por Fugas y Derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos con clave DCO-GDOESSPA-CT-001, Rev. 1, a continuación podrá observarse la tipificación de escenarios en de acuerdo a lo siguiente:

- **Peor caso.-** Corresponde a la liberación accidental del mayor inventario del material o sustancia peligrosa contenida en un recipiente, línea de proceso o ducto, la cual resulta en la mayor distancia hasta alcanzar los límites de toxicidad, sobrepresión o radiación térmica, de acuerdo a los criterios para definir las zonas intermedias de salvaguarda al entorno de la instalación.
- **Caso más probable.-** Con base en la experiencia operativa, es el evento de liberación accidental de un material o sustancias peligrosa, que tiene la mayor probabilidad de ocurrir.

- **Caso alterno.-** Es el evento creíble de una liberación accidental de un material o sustancias peligrosas que es simulado, pero que no corresponde al peor caso y al caso más probable.

Así mismo, en los apartados siguientes podrán observarse los criterios utilizados para la evaluación de consecuencias, mismos que se encuentran en apego a los lineamientos antes señalados.

### II.1.2 Criterios utilizados para determinar diámetro de orificio y tiempos de fuga, así como la descripción de los escenarios.

Tal como lo indica el documento Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos, con clave DCO –GDO ESSSPA – CT - 001 Rev. 1 con fecha de Septiembre de 2011. Para determinar los diámetros de fugas se seguirá el siguiente criterio:

**Tabla II.1.2-1 Criterios para Asignar Diámetros de Orificio.**

Tipo de caso	Tipo de sustancias	Criterios a considerar	
Peor caso	Tóxicas	En forma de gas: Fuga total del inventario en 10 minutos (1). En forma líquida: Ruptura catastrófica del recipiente o ruptura de línea de proceso o ducto (1)	Condiciones ambientales y Tipo de área de localización de la instalación. Condiciones meteorológicas al momento de la fuga del material o sustancia peligrosa. Se toman en cuenta los sistemas de seguridad pasivos.
	Inflamable explosiva	Ruptura catastrófica del recipiente o ruptura de línea de proceso o ducto.	
Caso alterno	Tóxica e inflamables explosivas	Condiciones ambientales y Tipo de área de localización de la instalación. Condiciones meteorológicas al momento de la fuga del material o sustancia peligrosa. Diámetro equivalente de fuga. Se toman en cuenta los sistemas de seguridad pasivos y activos.	
Caso más probable	Tóxica e inflamables explosivas		

(1) Considerar que la fuga ocurre al nivel del piso. Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos, con clave DCO-GDOESSSPA-CT-001 Rev. 1

**Tabla II.1.2-2 Criterios para Asignar Tiempos de Fuga**

Sistemas automáticos	Tiempo de control	Tiempo de fuga	Fuente
Detección de fuga con sistema automático de bloqueo (totalmente automático)	El tiempo de cierre de válvulas de bloqueo es de 2 minutos	2 minutos	Guideline for quantitative risk
Sistema de bloqueo a control remoto y detección de fuga automático. Detección directa a cuarto de control. El operador valida la señal y el cierre se realiza por un	El tiempo de cierre de válvulas de bloqueo es de 10 minutos	10 minutos	

switch en el cuarto de control.			assessment, Purple
Sistema de bloqueo operado manualmente con detección automática de fuga. El operador valida la señal y realiza el cierre de válvulas de bloqueo de manera local y manual.	El tiempo de cierre de válvulas de bloqueo es de 30 minutos.	30 minutos	book, CPR 18E, 2004, pág. 4.5.

## Condiciones Ambientales y Tipo de Área de Localización de la Instalación.

**Tabla II.1.2-3 Criterios Ambientales para Simular los Eventos de Fuga.**

Para:	Peor Caso	Caso más probable	Caso alternativo
Temperatura ambiente/ humedad			
Sustancias tóxicas	Utilizar la temperatura máxima alcanzada en los últimos tres años y la humedad relativa promedio en este mismo periodo. Si ambos datos no están disponibles, utilizar como temperatura ambiente 25°C y una humedad relativa del 50%.	Utilizar la temperatura ambiente y Humedad Relativa promedio, en los últimos tres años. Si ambos datos no están disponibles utilizar como temperatura ambiente 25°C y una humedad relativa del 50%.	
Sustancias inflamables explosivas	Utilizar la temperatura ambiente y humedad relativa promedio, en los últimos tres años. Si ambos datos no están disponibles, utilizar como temperatura ambiente 25°C y una humedad relativa del 50%.		
Presión atmosférica			
La correspondiente en el sitio.			

(1) Referencia: Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos DCO-GDOESSSPA-CT-001 Rev.1. Tabla 5.

## Condiciones Meteorológicas al Momento de la Fuga del Material o Sustancia Peligrosa.

Debe elegirse una combinación de condiciones meteorológicas, de acuerdo a la velocidad y dirección del viento a la estabilidad atmosférica en el sitio (Condiciones de Pasquill), de acuerdo a los siguientes criterios:

**Tabla II.1.2-4 Criterios para Simular los Eventos de Fuga.**

Para:	Peor Caso	Caso más probable	Caso alternativo
Sustancias tóxicas, inflamables y explosivas.	Se requiere utilizar las siguientes dos combinaciones de velocidad del viento y estabilidad de Pasquill: 1.5 m/s y categoría F y 2.0 m/s y categoría F. Sin embargo, si se puede demostrar, con base a datos meteorológicos de los tres últimos años, que la velocidad mínima del viento en el sitio es mayor que 1.5 o 2.0 m/s y que la estabilidad atmosférica es menos estable que la categoría F o D, utilizar estos datos para las simulaciones. Para la dirección del viento, utilizar la dirección promedio del viento en el sitio, en base a registros de los últimos tres años.		

(1) Referencia: Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos DCO-GDOESSSPA-CT-001 Rev.1. Tabla 7.

Este documento hace referencia a las condiciones ambientales que imperan en la zona donde se desarrollará el proyecto “**ÁREA CONTRACTUAL 10 CAMPO LA LAJA**”, **UBICADO EN EL MUNICIPIO DE OZULUAMA DE MASCAREÑAS, ESTADO DE VERACRUZ**”, por lo que en apego a tal información se dará validez respecto a las condiciones climatológicas del sitio para llevar a cabo la evaluación de consecuencias a través del software PHAST 6.6, Así mismo se considera necesario el tomar como base el realizar la evaluación de consecuencias bajo las condiciones más críticas de velocidad del viento y estabilidad (1.5 m/seg./F) señaladas como condiciones más desfavorables.

Tipos de área de localización de la instalación.

Este factor, en función de los obstáculos (edificios, densidad de instalaciones industriales), influye en cuanto a la probabilidad de confinamiento de nubes tóxicas o nubes inflamables – explosivas. Los criterios se pueden observar en la Tabla 1.4.2-5 a continuación:

**Tabla II.1.2-5 Criterios de Localización de los Eventos.**

Costa adentro	Costa afuera
Área rural. No hay construcciones en el área inmediata y el terreno generalmente es plano y con pocos árboles.	.
Área urbana. Implica muchos obstáculos en el área inmediata, incluidas las construcciones y los árboles.	-
Área industrial	X
Otra	-

### **Diámetro equivalente de fuga (DEF)**

De manera general en el documento DCO-GDOESSSPA-CT-001 (Criterios Técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas en Instalaciones de Petróleos Mexicanos) en el cual indica que para el caso de analizar eventos que involucren fugas en líneas de proceso, ductos, bridas, sellos mecánicos en equipo rotatorio, sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso, debe utilizarse el diámetro equivalente de fuga que resulte de una estadística de fugas de los últimos cinco años, en caso contrario si no se cuenta con esta estadística, deben utilizarse los siguientes criterios mostrados en la tabla II.2-6.

**Tabla II.1.2-6 Número e identificación de nodos Metodología HAZOP.**

Nodos	Parámetros Diseño/Operación	Alcance del Nodo
1. Cabezal Colector de Producción y Separadores Bifásicos de producción de primer etapa TL-100 A/B.	TL-100-A/B Pop Min/Nor/Max= 4.2/5/10 Kg/cm <sup>2</sup> , Top Min/Nor/Max= 20/30/55 °C , Cap Gas Min/Nor/Max = 18.02/22.6/28.3 MMPCSD, Cap Aceite Min/Nor/Max = 6.0/7.5/9.0 MBPD; Cap Agua= 4.0/5.0/6.0 MBPD	Incluye el cabezal general de 20"-PC-100 A51A, SDV-101, línea de alimentación a separadores bifásicos de 20"-PC-101-A51A, disparos para inyección de químicos, cabezal de alimentación a separadores de 20"-PC-102-A51A, líneas de alimentación a los separadores bifásicos 14"-PC-103-A51A y 14"-PC- 04-A51A, separadores bifásicos de TL-100-A línea de salida de gas hasta PV-100AA, hasta la línea de salida de crudo LV-100A, hasta las válvulas manuales de dren y válvula de seguridad PSV-100A, para el separador TL-100-B hasta la salida de gases en la válvula PV-100-BB, hasta la línea de salida de crudo LV-100B, hasta las válvulas manuales de dren y hasta la válvula de seguridad PSV-100B.
2. Separadores Trifásicos de 2da. etapa TL-100 C/D.	TL-100-C/D Pop Min/Nor/Max= 2/2/2.2 Kg/cm <sup>2</sup> , Top Min/Nor/Max= 20/30/55 °C , Cap Gas Min/Nor/Max = 0.068/0.16/0.40 MMPCSD, Cap Aceite Min/Nor/Max = 5.8/7.45/8.88 MBPD; Cap Agua= 4.0/5.0/6.0 MBPD	Incluye las líneas de salida de crudo de los separadores bifásicos de 8"-PC-105-A51A y 8"-PC-106 -A51A hacia el cabezal de aceite a separadores trifásicos TL-100 C/D de 10"-PC-107-A51A, líneas de alimentación a los TL-100 C/D de 8"-PC-108-A51A y 8"-PC-109-A51A respectivamente; incluye al separador trifásicos TL-100A , línea de salida de gas hasta PV-100CC, hasta la línea de salida de crudo LV-100CA, hasta las válvulas manuales de dren y válvula de seguridad PSV-100C, TL-100 D de 8"-PC-108-A51A y 8"-PC-109-A51A respectivamente; incluye al separador trifásicos TL-100D , línea de salida de gas hasta PV-100-D.hasta la seguridad PSV-100A
3. Torre estabilizadora de Crudo DA-100	DA-100 Pop Min/Nor/Max= 0.0/0.1/0.2 Kg/cm <sup>2</sup> , Top Min/Nor/Max= 18.6/28.5/52.48 °C , Cap Gas Min/Nor/Max = 0.24/0.34/0.48 MMPCSD, Cap Aceite Min/Nor/Max = 12024/15353/18730 MBPD; % Agua= 3.0/6.5/6.5 %v/v	Incluye las líneas de salida de crudo de los separadores TL-100 C/D de 6"-PC-110-A51A Y 6"-PC-111-A51A hacia el cabezal de 10"-PC-119-A51A que alimenta a la DA-100 y un Bypass de 10"-PC-116-A51A para mandar el crudo hacia el TV-200 en caso de que la DA-100 tenga que salir de operación; incluye Torre de estabilización de crudo DA-100, línea de salida de gas de 4"-GAM-212-A51A y cuenta con patín de medición, línea de salida de crudo estabilizado de 10"-CE-106-A51A incluye hasta la válvula de corte XV-102, válvula de seguridad PSV-102 y válvulas manual de dren de la torre.
4. Succión de las bombas BA-210A/B/C .	BA-210 A/B ; Gasto Max /Nor =60.19/49.45 m <sup>3</sup> /h; Pdes Max/Nor= 4.0/3.5 Kg/cm <sup>2</sup> ; Potencia Hidr = 6.05 kw; tipo centrifuga accionada con motor eléctrico; BA-210 C ; Gasto Max /Nor =120.4/98.9 m <sup>3</sup> /h; Pdes Max/Nor= 4.0/3.5 Kg/cm <sup>2</sup> ; Potencia Hidr = 16.93 kw; tipo centrifuga accionada con motor combustión.	Incluye la línea de salida de crudo estabilizado de la torre de 10"-CE-106-A51A que es el cabezal de succión de las bombas de transferencia de crudo BA-210A/B/C, las líneas que alimentan a las bombas son 8"-CE-104-A51A, 8"-CE-105-A51A y 10"-CE-130-A51A respectivamente.
5. Descarga de las bombas BA-210A/B/C hacia tanque de deshidratadores TDH-01 Y TV-01.	BA-210 A/B ; Gasto Max /Nor =60.19/49.45 m <sup>3</sup> /h; Pdes Max/Nor= 4.0/3.5 Kg/cm <sup>2</sup> ; Potencia Hidr = 6.05 kw; tipo centrifuga accionada con motor eléctrico; BA-210 C ; Gasto Max /Nor =120.4/98.9 m <sup>3</sup> /h; Pdes Max/Nor= 4.0/3.5 Kg/cm <sup>2</sup> ; Potencia Hidr = 16.93 kw; tipo centrifuga accionada con motor combustión.	Incluye la línea de salida de crudo estabilizado de las bombas de transferencia de crudo BA-210A/B/C de 8"-CE-104-A51A, 8"-CE-105-A51A y 10"-CE-130-A51A hacia el cabezal de descarga de 10"-CE-101-A51A; incluye una línea de recirculación de 4"-CE-100-A51A, también las válvulas de control de nivel LV-102 y LV-102A, incluye medición (FQI-200) hasta las válvulas de corte XV-121 hacia los tanque deshidratadores y XV-126 hacia la succión de las bombas existentes BA-01/02/03/04/05.
6. Tanques	TDH-01 Tipo Gum Barrel atmosférico	Inicia en la válvula de corte XV-121, la línea de alimentación al

Nodos	Parámetros Diseño/Operación	Alcance del Nodo
deshidratadores TDH-01.	vertical Tem op Nor/Max = 28/ 52 °C, servicio deshidratado y almacenamiento; Cap Nom = 20,000 BLS existente, SP-01 separador bifásico vertical , Cap Máx= 40,000 BSPD (25% agua)	tanque deshidratador TDH-01 de 10"-CE-121-A51A, incluye válvula LV-103A, desgasificador de crudo SP-01, el tanque deshidratador TDH-01; también incluye válvula PCV-01 en línea de gas de sello y PCV-01A para línea de gases a cabezal de desfogue, línea de salida de agua congénita de 10" hasta la válvula motorizada, línea de salida de crudo deshidratado de 16" hasta válvula en TIE-IN-004, también incluye línea de interconexión con cabezal de succión de las bombas existentes BA-01/02/03/04/05BA previo filtrado de la corriente con filtro FL-01, también incluye cabezal de descarga de las bombas existentes hasta la válvula SDV-102 que descarga al oleoducto de 12"
7. Tanques deshidratadores TV-01	TV-01 Tipo Gum Barrel atmosférico vertical, Tem op Nor/Max = 28/ 52 °C, servicio deshidratado y almacenamiento; Cap Nom = 20,000 BLS existente, SP-02 separador bifásico vertical , Cap Máx= 18165.87 BSPD (6.5% agua)	Incluye línea de alimentación de 12"-CE-127-A51A, SP-02 línea de alimentación de 12"-CE-133-A51A, incluye PCV-201A en línea de gas de sello y PCV-201B en línea de desfogue, línea de salida de agua congénita de 10" hasta la válvula motorizada y línea de salida de crudo hacia interconexión línea de salida de crudo de tanque TDH-01 de 16"-CD-708-A51A .
8. Tanque de almacenamiento de crudo estabilizado TV-200	TV-200 Tanque de almacenamiento de crudo atmosférico vertical, Pdis 3.3 oz/in <sup>2</sup> (5.74 in de agua) ; Cap Nom = 20,000 BLS.	Incluye línea de alimentación desde deshidratadores TDH-01 y TV-01 de 12"-CD-709-A51A, incluye válvula de corte XV-127, tanque de almacenamiento de crudo TV-200, línea de salida de crudo estabilizado de 10"-CE-123-A51A hacia succión de bombas BA -01/02/03/04/05 existentes, incluye LV-102A y línea de alimentación de 10"-CE-122-A51A, incluye PCV-200 de gas de sello y PCV-200A hacia cabezal de desfogue.
9. Tanque de Balance de agua congénita (TL-101).	TL-101 P Min/Nor/dis= 0.65/1.62/3.62 Kg/cm <sup>2</sup> , Top Min/Nor/dis= 28.5/54/54 °C	Incluye las líneas de salida de agua congénita de salida de los separadores trifásicos de 6"-AC-300-A54A y 6"-AC-301-A54A, cabezal de alimentación hacia el tanque de balance da agua congénita TL-101 de 8"-AC-302-A54A, tanque de balance de agua congénita TL-101, línea de salida de agua congénita de 8" hasta válvula LV-101B, incluye válvula PV-101A en línea de gas de sello, válvula de seguridad PSV-101, PV-101B en línea de salida de recuperación de vapores, PCV-101B línea de vapores a cabezal de desfogue.
10. Almacenamiento de líquidos (agua congénita TV-201) .	TV-201 Tipo atmosférico vertical, Cap Nom = 10,000 BLS ; bombas de inyección de agua congénita BA-211 A/B Gasto Max /Nor = 81.88 m <sup>3</sup> /h;Pdes Max/Nor= 180 Kg/cm <sup>2</sup> ; Potencia Hidr = 397.24 kw; tipo reciprocante accionadas con motor eléctrico y otra combustión interna.	Incluye línea de alimentación de 8"-AC-304-A54A, Tanque de almacenamiento de agua congénita TV-201, línea de salida de agua congénita de 8"-AC-306-A54A hacia la succión de bombas de inyección de agua congénita, incluye filtros antes de la entrada de las bombas FC-2211A/B, bombas BA-211A/B para la inyección de agua congénita, incluye cabezal de descarga de las bombas de 6"-AC-311-F58A incluye medición , también se incluye PCV-201 en línea de gas de sello, PCV-201A hacia cabezal de desfogue.
11. Rectificador de gas TG-100.	TG-100 Pop Min/Nor/Max= 4.2/5.0/8.7 Kg/cm <sup>2</sup> , Top Min/Nor/Max= 20/30/54 °C , Cap Gas Min/Nor/Max = 36.42/45.89/57.83 MMPCSD, Cap Aceite Min/Nor/Max = 0.086/0.109/0.137 MBPD; Cap Agua= 4.0/5.0/6.0 MBPD	incluye, líneas de gas de los separadores bifásicos TL-100A/B de 10"-GAM- 200-A51A y 10"-GAM-201-A51A cabezal de alimentación hacia el TG-100 de 16"-GAM- 204-A51A, línea de descarga de gases en caso de emergencia a través de la válvula BDV-103A, también incluye válvula de seguridad PSV-103, línea de salida de gas hacia compresores de 16"-GAM-207-A51A, PCV-103 en línea de barrido de gas hacia cabezal de desfogue y cabezal de alimentación hacia los diversos equipos de 4"- GAM-208-A51A

Nodos	Parámetros Diseño/Operación	Alcance del Nodo
12. Paquete del sistema de desfogue PA-700.	FA-400 Cap dis = 1.52 m <sup>3</sup> ; BA-400 A/B Flujo de diseño 38 GPM, Pdescarga = 6.3 Kg/cm <sup>2</sup> , potencia hidráulica Hp = 2.086.	Incluye a las líneas provenientes de 3"-DC-400-A51A, 3"-DC-401-A51A, 3"-DC-406-A51A, 3"-DC-407-A51A, 4"-DC-409-A51A, 3"-DC-405-A51A, 3"-DC-404-A51A, 3"-DC-4003-A51A, 3"-DC-402-A51A, hacia el cabezal de alimentación de 8"-DC-410-A51A, tanque de aceite recuperado FA-400, incluye válvula de seguridad PSV-400, línea de vapores hacia URV de 3"-GAM-214-A51A, también incluye línea de succión de bombas de tanque de aceite recuperado BA-400 A/B y línea de descarga hacia el cabezal de producción.
13. Presas de Lodo		es la conservación de los lodos de perforación, su preparación y acondicionamiento y su entrega a la succión de las bombas de lodos
14. Bombas de Lodo		el bombeo a alta presión de los lodos de perforación hacia el interior de la cavidad del pozo (generando presión en términos de gasto para que el flujo del fluido funciones).
15. Línea de standpipe		la conducción de los lodos de perforación desde las bombas de lodos hacia el interior de la cavidad del pozo.
16. Sarta de Perforación		ejecución de la perforación del agujero del pozo
17. Línea de flote		recepción de los lodos de perforación que emergen del agujero del pozo, para su conducción a los sistemas de eliminación de sólidos, adecuación en las presas y retorno al pozo.
18. Barrena de perforación.		

En forma similar se indican los equipos identificados para la aplicación de la metodología What If? en la tabla II.1.2-7:

**Tabla II.1.2-7 Número e identificación de nodos Metodología What If?.**

Nodos	Parámetros Diseño/Operación	Planos	Alcance del Nodo
Servicios Auxiliares			
1. Paquete de inyección de químicos	FB-430 Tanque de inhibidor de corrosión P/T Diseño Ambiental Cap 1.0 m <sup>3</sup> ; FB-410 Tanque de inhibidor de asfaltenos P/T Diseño Ambiental Cap 1.0 m <sup>3</sup> ; FB-420 Tanque de inhibidor de antiespumante P/T Diseño Ambiental Cap 1.0 m <sup>3</sup> ;		Incluye: Tanque de almacenamiento, bomba neumática.  Aplica para los tres paquetes de químicos.
2. Sistema de aire de instrumentos.	Compresor de aire de planta de instrumentos Cap máx. 250 PCSM y Pdesc Máx. 8.6 kg/cm <sup>2</sup>  secadora de aire Cap máx 160 PCSM Pdesc Máx. 8.6 kg/cm <sup>2</sup> ; tanque acumulador de aire de instrumentos TA-610 P dis/op 10.5/7.0 kg/cm <sup>2</sup> . Tdis/op 65/40 °C; ; tanque acumulador de aire de planta TA-600 P dis/op 10.5/7.0 kg/cm <sup>2</sup> . Tdis/op 65/40 °C		Incluye: Compresor de aire de instrumentos, filtro de aire, secador de aire , post filtro y tanque acumulador de aire de instrumentos, cabezal y líneas de suministro a usuarios (instrumentos)
3. Agua de Servicio.			
Equipos de paquete proceso			
1. Sistema de desfogue de batería.	Paquete		
2. Sistema de desfogue de vapores.	Paquete		
3. Sistema de drenaje cerrado	Paquete		Incluye BA-400 Cap =38 GPM, P Descarga 6.3 kg/cm <sup>2</sup> ; Pot Hid. 2.086 HP. Tanque de aceite recuperado FA-400 Cap= 1.52 m <sup>3</sup> ,

**Tabla II.1.2-7 Número e identificación de nodos Metodología What If?.**

Nodos	Parámetros Diseño/Operación	Planos	Alcance del Nodo
4. Sistema de drenaje abierto (colector de aguas aceitosas).	Paquete		Incluye BA-500 A/B flujo de diseño 220 GPM presión de descarga 3.5 Kg/cm <sup>2</sup> Potencia hidráulica Hp 1.6 FA-500 Capacidad de Diseño FL-501 Capacidad de Diseño 62 GPM Presión de Operación 3.5 Kg/cm <sup>2</sup>
5. Planta de tratamiento de agua congénita PA-301.	Paquete		Incluye TL-101 DL=2,377.4 mm L T-T=6,096 mm P/T Operación =1.0 Kg/cm <sup>2</sup> @ 28.5°C P/T Diseño =3.0 Kg/cm <sup>2</sup> @54°C

La información preliminar correspondiente a los diagramas Típicos utilizados para el desarrollo de las metodologías antes descritas podrá observarse en el Anexo C.

Es importante señalar que la utilización o el planteamiento de la metodología de jerarquización de riesgos durante el desarrollo del Análisis Hazop, se centró con el objeto de tomar como base en cuanto a la experiencia del grupo multidisciplinario la tipificación de los riesgos, y tomar estos como pautas para el análisis cuantitativo a desarrollar.

A través de las técnicas cuantitativas poder comparar la tipificación cualitativamente desarrollada y poder catalogar el riesgo en base al nivel de riesgo actual de la instalación.

En base a lo descrito anteriormente, la selección de los principales escenarios de riesgos y que serán evaluados a través de técnicas cuantitativas son aquellos escenarios que identificados como eventos de pérdida de contención por fugas o derrames de sustancias peligrosas y cuya consecuencia resultante implica la aparición de un riesgo crítico, es decir la aparición de una fuga de mezcla aceite-gas (fuga con derrame -incendio-explosión) que pongan en riesgo la vida del personal, la instalación y al medio ambiente.

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP		IA		PP		DI						
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
Presión	Más	1. Más presión	1. Aumento en la presión en el cabezal de llegada	1. Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas.	6	2	B	6	2	B	6	2	B	6	1	B	6	1	B
Flujo	Más	3. Más flujo	1. Mayor aportación desde pozos.	1. Aumento de nivel corriente abajo (equipos de separación) ver más nivel en este nodo.	6	2	B	6	2	B	6	2	B	6	1	B	6	1	B
Nivel	Menos	6. Menos nivel	3. Apertura de línea de by pass por error humano.	2. Aumento de presión en los separadores trifásicos.	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C
			4. Apertura de válvula de dren por error humano.	2. Aumento de presión en el FA-400	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C
Otra	Además de	11. Fuga	1. Erosión, corrosión interna/externa	1. Posible nube toxica.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
				2. Posible formación de nube inflamable y explosiva	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP			DI				
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
				3. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
			2. Falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas	1. Posible incendio y explosión.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
				2. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
			3. Mayor presión (ver causas de más presión).	1. Posible incendio y explosión.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
				2. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
Otra	Además de	12. Ruptura	1. Impacto externo.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	2	3	C	2	2	B	2	2	C	2	3	C	2	3	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por pérdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA			PP			DI			
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
			2. Sabotaje y/o terrorismo.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	3	C	1	3	C
Otra	Además de	13. Fuego externo	1. Conatos de incendio.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	2	C
Nodo 2																			
Presión	Más	1. Más presión	1. Falla del lazo de control de nivel TL-100A/B	1. Fuga en sellos o empaques de bridas de válvulas corriente abajo.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C
			2. Falla del lazo de control de nivel TG-100.	1. Fuga en sellos o empaques de bridas de válvulas corriente abajo.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C
			3. Falla del lazo de control de presión a la salida de los separadores trifásicos.	1. Fuga en sellos o empaques de bridas de válvulas corriente abajo.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP		DI		
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR
			4. Falla en la unidad de compresión PA-302 (Booster).	1. Fuga en sellos o empaques de bridas de válvulas corriente abajo.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C
Presión	Menos	2. Menos presión	1. Falla del lazo de control de nivel TL-100A/B (cerrada).	1. Fuga en sellos o empaques de bridas de válvulas corriente abajo.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C
			2. Falla del lazo de control de nivel TG-100 (cerrada).	1. Fuga en sellos o empaques de bridas de válvulas corriente abajo.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	1	C
Nivel	Más	5. Más nivel	1. Aumento de producción.	1. Aumento de nivel en el separador trifásico.	6	1	C	6	1	C	6	1	C	6	1	B
Nivel	Menos	6. Menos nivel	1. Baja producción corriente arriba.	1. Disminución de nivel en el separador trifásico.	6	1	C	6	1	C	6	1	C	6	1	B
Nivel	Más	7. Mas nivel Agua	4. Rechazo aguas abajo al tanque TL-101.	1. incremento de nivel de agua en el separador.	5	1	C	5	1	C	5	1	C	5	2	B

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP		IA		PP		DI						
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
Otra	Además de	13. Fuga	1. Erosión, corrosión interna/externa	1. Posible nube toxica.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
				2. Posible formación de nube inflamable y explosiva	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
				3. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
			2. Falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas	1. Posible incendio y explosión.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
				2. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
			3. Mayor presión (ver causas de más presión).	1. Posible incendio y explosión.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por pérdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP			DI				
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
				2. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
Otra	Además de	14. Ruptura	1. Impacto externo.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	2	3	C	2	2	B	2	2	C	2	3	C	2	3	C
			2. Sabotaje y/o terrorismo.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	3	C	1	3	C
Otra	Además de	15. Fuego externo	1. Conatos de incendio.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	2	C
Nodo 3																			
Otra	Además de	11. Fuga	1. Erosión, corrosión interna/externa	1. Posible incendio y explosión, con daño al personal, a la instalación y al	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP		DI					
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
				Medio Ambiente.															
			2. Falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas	1. Posible incendio y explosión, con daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
			3. Mayor presión (ver causas de más presión).	1. Posible incendio y explosión, con daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
Otra	Además de	12. Ruptura	1. Impacto externo.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	2	3	C	2	2	B	2	2	C	2	3	C	2	3	C
			2. Sabotaje y/o terrorismo.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	3	C	1	3	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por pérdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP		DI		
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR
Otra	Además de	13. Fuego externo	1. Conatos de incendio.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	2	C
Nodo 4																
Otra	Además de	11. Fuga	1. Erosión, corrosión interna/externa  2. Falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas	1. Derrame de Crudo. 2. Formación de nube tóxica. 3. Posible incendio y/o explosión. 4. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
				1. Derrame de Crudo. 2. Formación de nube tóxica. 3. Posible incendio y/o explosión. 4. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP		DI					
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
			3. Mayor presión (ver causas de más presión).	1. Derrame de Crudo. 3. Posible incendio y/o explosión. 4. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
Otra	Además de	12. Ruptura	1. Impacto externo.	1. Derrame de Crudo.	2	3	C	2	2	B	2	2	C	2	3	C	2	3	C
				2. Nube toxica.	2	3	C	2	2	B	2	2	C	2	3	C	2	3	C
				3. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	2	3	C	2	2	B	2	2	C	2	3	C	2	3	C
			2. Sabotaje y/o terrorismo.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	3	C	1	3	C	

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP		DI		
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR
Otra	Además de	13. Fuego externo	1. Conatos de incendio.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	2	C
Nodo 5																
Flujo	Más	3. Más flujo	3. Ruptura en la línea de descarga.	1. Derrame de crudo, inflamable y/o explosiva con daño al personal a la instalación y al medio ambiente	2	3	C	2	1	C	2	3	C	2	1	C
Otra	Además de	11. Fuga	1. Erosión, corrosión interna/externa	1. Derrame de Crudo. 2. Formación de nube tóxica. 3. Posible incendio y/o explosión. 4. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP		DI					
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
			2. Falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas	1. Derrame de Crudo. 2. Formación de nube tóxica. 3. Posible incendio y/o explosión. 4. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
			3. Mayor presión (ver causas de más presión).	1. Derrame de Crudo. 2. Formación de nube tóxica. 3. Posible incendio y/o explosión. 4. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente..	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
Otra	Además de	12. Ruptura	1. Impacto externo.	1. Derrame de Crudo.	2	3	C	2	2	B	2	2	C	2	3	C	2	3	C
				2. Nube toxica.	2	3	C	2	2	B	2	2	C	2	3	C	2	3	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por pérdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP			EP			IA			PP			DI		
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
				3. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	2	3	C	2	2	B	2	2	C	2	3	C	2	3	C
			2. Sabotaje y/o terrorismo.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	3	C	1	3	C
Otra	Además de	13. Fuego externo	1. Conatos de incendio.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	2	C
Nodo 6																			
Presión	Más	1. Más presión	1. Falla de regulación de PCV-01.	1. Succión continua de URV.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	4	B
			3. No entra la URV.	1. Incremento en la presión interna del tanque	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	4	B
			4. sello por hidrocarburos	1. No hay flujo de vapores hacia la	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	4	B

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP		DI					
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
			líquidos.	URV.															
			5. Falla de la PCV-01.	1. Incremento en la presión interna del tanque	5	1	C	5	1	C	5	3	B	5	3	B	5	3	B
Presión	Menos	2. Menos presión	1. Succión continúa de URV.	1. Colapso de la tapa del TDH-01.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	4	B
Otra	Además de	11. Fuga	1. Erosión, corrosión interna/externa	1. Derrame de Crudo. 2. Formación de nube tóxica. 3. Posible incendio y/o explosión. 4. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
			2. Falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas	1. Derrame de Crudo. 2. Formación de nube tóxica. 3. Posible incendio y/o explosión. 4. Daño al personal, a la instalación y al	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP			DI				
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
				Medio Ambiente.															
			3. Mayor presión (ver causas de más presión).	1. Derrame de Crudo. 2. Formación de nube tóxica. 3. Posible incendio y/o explosión. 4. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
Otra	Además de	12. Ruptura	1. Impacto externo.	1. Derrame de Crudo. 2. Nube toxica 3. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	2	3	C	2	2	B	2	2	C	2	3	C	2	3	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP		IA		PP		DI						
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
			2. Sabotaje y/o terrorismo.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	3	C	1	3	C
Otra	Además de	13. Fuego externo	1. Conatos de incendio.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	3	C	1	3	C
Nodo 7																			
Presión	Más	1. Más presión	1. Falla de regulación de PCV-201A.	1. Succión continúa de URV.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	4	B
			3. No entra la URV.	1. Incremento en la presión interna del tanque	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	4	B
			4. sello por hidrocarburos líquidos.	1. No hay flujo de vapores hacia la URV.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	4	B
			5. Falla de la PCV-201A.	1. Incremento en la presión interna del tanque	5	1	C	5	1	C	5	3	B	5	3	B	5	3	B
Presión	Menos	2. Menos presión	1. Succión continúa	1. Colapso de la	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	4	B



**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por pérdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP			DI				
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
				y/o explosión. 4. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.															
Otra	Además de	12. Ruptura	1. Impacto externo	3. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	2	3	C	2	2	B	2	2	C	2	3	C	2	3	C
			2. Sabotaje y/o terrorismo.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	3	C	1	3	C
Otra	Además de	13. Fuego externo	1. Conatos de incendio.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	3	C	1	3	C
Nodo 8																			
Presión	Más	1. Más presión	1. Falla de regulación de PCV-200.	1. Succión continua de URV.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	4	B

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA			PP			DI			
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
			3. No entra la URV.	1. Incremento en la presión interna del tanque	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	4	B
			4. sello por hidrocarburos líquidos.	1. No hay flujo de vapores hacia la URV.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	4	B
			5. Falla de la PCV-200.	1. Incremento en la presión interna del tanque	5	1	C	5	1	C	5	3	B	5	3	B	5	3	B
Presión	Menos	2. Menos presión	1. Succión continúa de URV.	1. Colapso de la tapa del TDH-200.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	4	B
Nivel	Más	5. Más nivel	1. Bloqueo obstrucción corriente abajo	1. No hay flujo de crudo hacia las bombas BA-01/02/04/05.	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C
			2. Paro de bombas de crudo BA-01/02/04/05.	1. Rebose de crudo estabilizado.	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C	3	1	C
			3. Capacidad insuficiente de bombeo de las bombas existentes BA-01/02/04/05.	1. No hay flujo de crudo deshidratado hacia CAB Poza Rica	5	1	C	5	1	C	5	4	A	5	4	A	5	4	A
			4. Línea de descarga bloqueada.	1. No hay flujo de crudo deshidratado hacia CAB Poza	2	1	C	2	1	C	2	2	C	2	4	C	2	4	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP		DI					
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
				Rica															
			5. Rechazo de carga de CAB Poza Rica.	1. No hay flujo de crudo deshidratado hacia CAB Poza Rica	3	1	C	3	1	C	3	4	B	3	4	B	3	4	B
Otra	Además de	11. Fuga	1. Erosión, corrosión interna/externa	1. Derrame de Crudo. 2. Formación de nube tóxica. 3. Posible incendio y/o explosión. 4. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
			2. Falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas	1. Derrame de Crudo. 2. Formación de nube tóxica. 3. Posible incendio y/o explosión. 4. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por pérdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP		DI					
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
			3. Mayor presión (ver causas de más presión).	1. Derrame de Crudo. 2. Formación de nube tóxica. 3. Posible incendio y/o explosión. 4. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
Otra	Además de	12. Ruptura	1. Impacto externo.	1. Derrame de Crudo. 2. Nube toxica. 3. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	2	3	C	2	2	B	2	2	C	2	3	C	2	3	C
			2. Sabotaje y/o terrorismo.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	3	C	1	3	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA			PP			DI			
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
Otra	Además de	13. Fuego externo	1. Conatos de incendio.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	3	C	1	3	C
Nodo 9																			
Otra	Además de	11. Fuga	1. Erosión, corrosión interna/externa	1. Daño a la instalación e impacto al Medio Ambiente.	3	1	C	3	1	C	3	3	C	3	2	C	3	1	C
			2. Falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas	1. Daño a la instalación e impacto al Medio Ambiente.	3	1	C	3	1	C	3	3	C	3	2	C	3	1	C
			3. Mayor presión (ver causas de más presión).	1. Daño a la instalación e impacto al Medio Ambiente.	3	1	C	3	1	C	3	3	C	3	2	C	3	1	C
Otra	Además de	12. Ruptura	1. Impacto externo.	1. Daño a la instalación e impacto al Medio Ambiente.	3	1	C	3	1	C	3	4	B	3	2	C	3	1	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP		DI					
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
			2. Sabotaje y/o terrorismo.	1. Daño a la instalación e impacto al Medio Ambiente.	3	1	C	3	1	C	3	4	B	3	2	C	3	1	C
Nodo 10																			
Presión	Más	1. Más presión	1. Falla de regulación de PCV-201.	1. Succión continúa de URV.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	4	B
			2. Bloqueo o restricción corriente abajo.	1. No hay flujo hacia las BA-211A/B	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	4	B
			3. No entra la URV.	1. Incremento en la presión interna del tanque	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	4	B
			4. sello por hidrocarburos líquidos.	1. No hay flujo de vapores hacia la URV.	4	1	C	4	1	C	4	1	C	4	2	C	4	4	B
			5. Falla de la PCV-200.	1. Incremento en la presión interna del tanque	5	1	C	5	1	C	5	3	B	5	3	B	5	3	B
			6. Paro de bombas BA-211A.	1. Incremento en la presión del tanque.	3	1	C	3	1	C	3	2	C	3	3	C	3	3	C
			7. Válvula calzada de seguridad PSV-211A por bloqueo	1. Incremento de presión al tanque TV-201.	4	1	C	4	1	C	4	3	B	4	3	B	4	3	B

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP		DI					
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
			corriente abajo.																
Otra	Además de	11. Fuga	1. Erosión, corrosión interna/externa	1. Daño a la instalación e impacto al Medio Ambiente.	3	1	C	3	1	C	3	3	C	3	2	C	3	1	C
			2. Falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas	1. Daño a la instalación e impacto al Medio Ambiente.	3	1	C	3	1	C	3	3	C	3	2	C	3	1	C
			3. Mayor presión (ver causas de más presión).	1. Daño a la instalación e impacto al Medio Ambiente.	3	1	C	3	1	C	3	3	C	3	2	C	3	1	C
Otra	Además de	12. Ruptura	1. Impacto externo.	1. Daño a la instalación e impacto al Medio Ambiente.	3	1	C	3	1	C	3	4	B	3	2	C	3	1	C
			2. Sabotaje y/o terrorismo.	1. Daño a la instalación e impacto al Medio Ambiente.	3	1	C	3	1	C	3	4	B	3	2	C	3	1	C
Nodo 11																			
Otra	Además de	11. Fuga	1. Erosión, corrosión interna/externa	1. Posible nube toxica.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP		DI					
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
				2. Posible formación de nube inflamable y explosiva	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
				3. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
			2. Falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas	1. Posible incendio y explosión.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
				2. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
			3. Mayor presión (ver causas de más presión).	1. Posible incendio y explosión.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
				2. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	3	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
Otra	Además de	12. Ruptura	1. Impacto externo.	1. Incendio y/o formación de nube inflamable y/o explosiva por la presencia de gas con daño al personal, a la instalación y al	3	2	C	3	2	B	3	1	C	3	1	C	3	1	C



**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA			PP			DI			
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
Flujo	Más	3. Más flujo	1. Paro de módulos de compresión VALERUS.	1. Aumento de presión en el FA-700.	6	2	B	6	2	B	6	2	B	6	1	B	6	1	B
Nivel	Más	5. Más nivel	1. Falla eléctrica (paro en las bombas BA-700A/B).	1. Arrastre de condensados al quemador.	6	1	C	6	1	C	6	1	C	6	1	B	6	1	B
Otra	Además de	11. Fuga	1. Erosión, corrosión interna/externa	1. Posible nube toxica.	2	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
				2. Posible formación de nube inflamable y explosiva	2	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
				3. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	2	2	C	2	2	B	2	1	C	2	1	C	2	1	C
			2. Falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas	1. Posible incendio y explosión.	2	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
				2. Daño al personal, a la instalación y al Medio Ambiente.	2	2	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C	2	1	C
Otra	Además de	12. Ruptura	1. Impacto externo.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	2	3	C	2	2	B	2	2	C	2	3	C	2	3	C

**Tabla II.1.2-8 Jerarquización de Riesgos No tolerables, ALARP y por perdida de contención para los sistemas analizados por la metodología Hazop**

Parámetro	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	DP		EP			IA		PP			DI				
					F	DP	MR	F	EP	MR	F	IA	MR	F	PP	MR	F	DI	MR
			2. Sabotaje y/o terrorismo.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	3	C	1	3	C
			3. Condiciones climatológicas adversas	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	3	C	1	3	C
		13. Fuego externo	1. Conatos de incendio.	1. Incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación, al medio ambiente y pérdida de producción.	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	2	C	1	2	C

Con base en lo presentado en la tabla II.1.2-9, es posible plantear los siguientes escenarios hipotéticos de Riesgo:

**Tabla II.1.2-9. Relación de eventos para un análisis detallado de sus consecuencias**

Escenario No.	Descripción de los escenarios	Origen Hazop
1	Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión en el cabezal colector de producción de 20", con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	1.1.1.1
2	Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión en línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100 A/B, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	1.3.1.1
3	Fuga por erosión y corrosión interna y/o externa por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100 A/B, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	1.11.1.1 1.11.1.2 1.11.1.3 1.11.2.1 1.11.2.2
4	Ruptura en la línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100A/B, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	1.12.1.1 1.12.2.1
5	Fuego externo sobre el TL-100A/B, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	1.13.1.1
6	Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas en línea de alimentación de 8" del separador trifásico TL-100 C/D, debido a falla de lazo de control de presión o bloqueo o restricción corriente abajo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	2.1.1.1 2.1.2.1 2.1.3.1 2.1.4.1  2.5.1.1  2.6.1.1  2.6.4.1
7	Fuga por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 8" al separador trifásico TL-100 C/D, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	2.13.1.1 2.13.2.1
8	Ruptura en la línea de alimentación de 8" al separador trifásico TL-100 C/D, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	2.14.1.1 2.14.2.1
9	Fuego externo sobre el TL-100 C/D, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	2.15.1.1
10	Fuga de crudo por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 10" hacia la torre estabilizadora DA-100, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con	3.11.1.1 3.11.2.1 3.11.3.1

**Tabla II.1.2-9. Relación de eventos para un análisis detallado de sus consecuencias**

Escenario No.	Descripción de los escenarios	Origen Hazop
	daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	
11	Ruptura en la línea de alimentación de 10" a la torre estabilizadora DA-100, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	3.12.1.1 3.12.2.1
12	Fuego externo sobre la torre estabilizadora DA-100, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	3.13.1.1.
13	Derrame de crudo estabilizado por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de descarga de 8" de las bombas de transferencia de crudo BA-210 A/B/C, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	4.11.1.1 4.11.1.2 4.11.1.3 5.11.1.1 5.11.2.1 5.11.3.1
14	Derrame de crudo estabilizado por ruptura en línea de descarga de 8" de las bombas de transferencia de crudo BA-210 A/B/C, debido a impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	4.12.1.1 4.12.1.2 4.12.1.3 4.12.2.1 5.12.1.1 5.12.2.1
15	Derrame de crudo por ruptura en del tanque TV-200, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	8.5.3.1 8.5.5.1 8.12.1.1 8.12.1.2 8.12.1.3 8.12.2.1
16	Fuga de gas en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión aguas arriba en línea de alimentación de 16" del TG-100, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	11.1.1.1 11.1.2.1
17	Fuga de gas por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones soldadas y/o válvulas en línea de alimentación de 16" del TG-100, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	11.11.1.1 11.11.1.2 11.11.1.3
18	Incendio y/o formación de nube inflamable y/o explosiva por la presencia de gas, debido a ruptura por un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo en la línea de alimentación de 16" del TG-100 con daño al personal, a la instalación y al medio	11.12.1.1 11.12.2.1

**Tabla II.1.2-9. Relación de eventos para un análisis detallado de sus consecuencias**

Escenario No.	Descripción de los escenarios	Origen Hazop
	ambiente.	
19	Fuga de gas por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones soldadas y/o válvulas en línea de alimentación de 16" del FA-700, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	12.1.2.1 12.3.1.1 12.5.1.1 12.11.1.1 12.11.1.2 12.11.1.3
20	Incendio y/o formación de nube inflamable y/o explosiva por la presencia de gas, debido a la ruptura por un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo en la línea de alimentación de 16" del FA-700 con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	12.12.1.1

Es importante señalar que en apego a lo descrito en la **Guía técnica para realizar Análisis de Riesgo de Proceso**, así como del documento denominado **Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por Fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos**, en la tabla siguiente podrán observarse la tipificación de los escenarios identificados como parte de este documento en los siguientes:

- **Pero caso.-** Corresponde a la liberación accidental del mayor inventario del material o sustancia peligrosa contenida en un recipiente, línea de proceso o ducto, la cual resulta en la mayor distancia hasta alcanzar los límites de toxicidad, sobrepresión o radiación térmica, de acuerdo a los criterios para definir las zonas intermedias de salvaguarda al entorno de la instalación.
- **Caso más probable.-** Con base en la experiencia operativa, es el evento de liberación accidental de un material o sustancias peligrosa, que tiene la mayor probabilidad de ocurrir.
- **Caso alterno.-** Es el evento creíble de una liberación accidental de un material o sustancias peligrosa que es simulado, pero que no corresponde al peor caso y al caso más probable.

**Tabla II.1.2-10 Tipificación de escenarios identificados**

Escenario	Hipótesis de los escenarios	Tipificación de evento final
1	Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión en el cabezal colector de producción de 20", con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Caso más probable</b>
2	Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión en línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100 A/B, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Caso alterno</b>
3	Fuga por erosión y corrosión interna y/o externa por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100 A/B, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Caso más probable</b>
4	Ruptura en la línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100A/B, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Peor caso</b>
5	Fuego externo sobre el TL-100A/B, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Peor caso</b>
6	Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas en línea de alimentación de 8" del separador trifásico TL-100 C/D, debido a falla de lazo de control de presión o bloqueo o restricción corriente abajo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Caso alterno</b>
7	Fuga por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 8" al separador trifásico TL-100 C/D, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Caso más probable</b>
8	Ruptura en la línea de alimentación de 8" al separador trifásico TL-100 C/D, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Peor caso</b>
9	Fuego externo sobre el TL-100 C/D, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Peor caso</b>
10	Fuga de crudo por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 10" hacia la torre estabilizadora DA-100, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Caso más probable</b>
11	Ruptura en la línea de alimentación de 10" a la torre estabilizadora DA-100, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Peor caso</b>

**Tabla II.1.2-10 Tipificación de escenarios identificados**

Escenario	Hipótesis de los escenarios	Tipificación de evento final
12	Fuego externo sobre la torre estabilizadora DA-100, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Peor caso
13	Derrame de crudo estabilizado por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de descarga de 8" de las bombas de transferencia de crudo BA-210 A/B/C, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Caso más probable
14	Derrame de crudo estabilizado por ruptura en línea de descarga de 8" de las bombas de transferencia de crudo BA-210 A/B/C, debido a impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Peor caso
15	Derrame de crudo por ruptura en del tanque TV-200, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Peor caso
16	Fuga de gas en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión aguas arriba en línea de alimentación de 16" del TG-100, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Caso Alterno
17	Fuga de gas por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones soldadas y/o válvulas en línea de alimentación de 16" del TG-100, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Caso más probable
18	Incendio y/o formación de nube inflamable y/o explosiva por la presencia de gas, debido a ruptura por un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo en la línea de alimentación de 16" del TG-100 con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Peor caso
19	Fuga de gas por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones soldadas y/o válvulas en línea de alimentación de 16" del FA-700, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Caso más probable
20	Incendio y/o formación de nube inflamable y/o explosiva por la presencia de gas, debido a la ruptura por un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo en la línea de alimentación de 16" del FA-700 con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Peor caso

**Tabla II.1.2-11 Criterios para Asignar el Diámetro de Fuga.**

Para el caso alterno	Líneas de proceso $\frac{3}{4}'' \leq DN \leq 2''$	DEF= 1.00 veces del diámetro nominal de la línea de proceso.
	Línea de proceso $2'' < DN \leq 4''$	DEF= 0.30 veces del diámetro nominal de la línea de proceso.
	Línea de proceso o ductos de transporte: $6'' \leq DN$	DEF= 0.20 veces del diámetro nominal de la línea de proceso.
	Bridas	Según el diámetro de la línea de proceso, aplican los criterios anteriores ( $1.0*(DN)$ , $0.3*(DN)$ y $0.2*(DN)$ )
	Sellos mecánicos en equipo rotatorio de proceso	Para todos los tamaños de flechas DEF= Calcular con el 100% del área anular.
	Sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso	Para todos los tamaños de vástagos DEF= Calcularlo con el 100% del área anular.
	El DEF en el cuerpo de un recipiente, será aquel que sea determinado por el grupo multidisciplinario de Análisis y evaluación de riesgos.	
Para el caso más probable	Líneas de proceso $\frac{3}{4}'' \leq DN \leq 2''$	DEF= 0.20 veces del diámetro nominal de la línea de proceso.
	Línea de proceso $2'' < DN \leq 4''$	DEF= 0.6" por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura.
	Línea de proceso o ductos de transporte: $6'' \leq DN$	DEF= 0.75" para DN de 6" a 14" DEF= 1.25" para DN de 16" a 24" DEF= 2.0" para DN mayores a 30" (por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura)
	Bridas	Aplican los mismos criterios de las líneas de proceso para los casos más probables.
	Sellos mecánicos en equipo rotatorio de proceso. Empaquetaduras en válvulas de proceso	DEF= Calcularlo con el 40% del área anular que resulte.
	El DEF en el cuerpo de un recipiente, será aquel que sea determinado por el grupo multidisciplinario de análisis y evaluación de riesgos.	

**Nota:** En el caso de nuevos proyectos, para fugas o derrames en línea de proceso o ductos, deben ser simuladas considerando el 20% del diámetro del ducto o línea y su ruptura total.

**Referencia:** Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos DCO-GDOESSPA-CT-001 Rev.1. Tabla 9.

## Inventario de Fuga.

Para determinar los inventarios de fuga que pudieran participar en los escenarios previamente identificados se tomará en cuenta los diversos sistemas de mitigación y control con que se cuenta en la **“ÁREA CONTRACTUAL 10 CAMPO LA LAJA”, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE OZULUAMA DE MASCAREÑAS, ESTADO DE VERACRUZ**”, así como el equipo que forma parte del alcance del proyecto y con esto limitar la asignación de los tiempos previamente señalados para el control del evento para el cual se asignó un tiempo máximo de 10 minutos.

**Tabla II.1.2-12 Diámetros de orificio resultantes**

Escenario	Descripción de los escenarios	Tipificación de evento final	Diámetro de fuga (plg)
1	Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión en el cabezal colector de producción de 20", con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Caso más probable	1.25
2	Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión en línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100 A/B, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Caso alterno	2.8
3	Fuga por erosión y corrosión interna y/o externa por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100 A/B, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Caso más probable	0.75
4	Ruptura en la línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100A/B, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Peor caso	2.8
5	Fuego externo sobre el TL-100A/B, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Peor caso	2.8
6	Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas en línea de alimentación de 8" del separador trifásico TL-100 C/D, debido a falla de lazo de control de presión o bloqueo o restricción corriente abajo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Caso alterno	1.6
7	Fuga por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 8" al separador trifásico TL-100 C/D, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Caso más probable	0.75
8	Ruptura en la línea de alimentación de 8" al separador trifásico TL-100 C/D, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Peor caso	1.6
9	Fuego externo sobre el TL-100 C/D, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Peor caso	1.6
10	Fuga de crudo por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 10" hacia la torre estabilizadora DA-100, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a	Caso más probable	0.75

**Tabla II.1.2-12 Diámetros de orificio resultantes**

Escenario	Descripción de los escenarios	Tipificación de evento final	Diámetro de fuga (plg)
	la instalación y al medio ambiente.		
11	Ruptura en la línea de alimentación de 10" a la torre estabilizadora DA-100, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Peor caso	2
12	Fuego externo sobre la torre estabilizadora DA-100, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Peor caso	2
13	Derrame de crudo estabilizado por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de descarga de 8" de las bombas de transferencia de crudo BA-210 A/B/C, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Caso más probable	0.75
14	Derrame de crudo estabilizado por ruptura en línea de descarga de 8" de las bombas de transferencia de crudo BA-210 A/B/C, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Peor caso	1.6
15	Derrame de crudo por ruptura en del tanque TV-200, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Peor caso	2
16	Fuga de gas en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión aguas arriba en línea de alimentación de 16" del TG-100, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Caso Alterno	1.25
17	Fuga de gas por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones soldadas y/o válvulas en línea de alimentación de 16" del TG-100, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Caso más probable	1.25
18	Incendio y/o formación de nube inflamable y/o explosiva por la presencia de gas, debido a ruptura por un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo en la línea de alimentación de 16" del TG-100 con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Peor caso	3.2

**Tabla II.1.2-12 Diámetros de orificio resultantes**

Escenario	Descripción de los escenarios	Tipificación de evento final	Diámetro de fuga (plg)
19	Fuga de gas por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones soldadas y/o válvulas en línea de alimentación de 16" del FA-700, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Caso más probable	1.25
20	Incendio y/o formación de nube inflamable y/o explosiva por la presencia de gas, debido a la ruptura por un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo en la línea de alimentación de 16" del FA-700 con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	Peor caso	3.2

Para obtener el cálculo del inventario en la línea de proceso se calcula con base en los datos de composición de la mezcla, presión a las condiciones de fuga, temperatura a las condiciones de fuga, lo anterior mediante el uso del programa de simulación PHAST Ver. 6.6, asimismo se considera el tiempo de fuga previamente definido.

Para el caso de la evaluación de consecuencias y en consideración del producto se estima la utilización de la mezcla representativa indicada en las bases de diseño, asimismo se señala que las condiciones representativas y de operación utilizada son las que se encontrará operando el **“ÁREA CONTRACTUAL 10 CAMPO LA LAJA”, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE OZULUAMA DE MASCAREÑAS, ESTADO DE VERACRUZ**”, de manera normal.

**Tabla II.1.2-13 Zonas de Riesgo por Toxicidad, Inflamabilidad y Explosividad**

Definición de zona	Toxicidad (Concentración ppm)	Inflamabilidad (Radiación Térmica)	Explosividad (Sobrepresión)
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m <sup>2</sup> o 1,500 BTU/Pie <sup>2</sup> h	1.0 lb/plg <sup>2</sup> 0.070 kg/cm <sup>2</sup>
Zona de Amortiguamiento	TLV8 o TLV15	1.4 KW/m <sup>2</sup> o 440 BTU/Pie <sup>2</sup> h	0.5 lb/plg <sup>2</sup> 0.035 kg/cm <sup>2</sup>

### Dispersión de Nube Tóxica / Inflamable.

Los vapores y gases emitidos por la mezcla gas-aceite, pueden generar una dispersión la cual va rebajando la concentración de la sustancia emitida, al tiempo que la extiende sobre regiones cada vez mayores del espacio. Esta dispersión dependerá de la estabilidad atmosférica. Su afectación dependerá de la toxicidad de los vapores o gases emitidos (siendo en este caso la mayor afectación al personal cercano a la fuente de emisión), y de la cantidad de gas entre los límites de inflamabilidad que puedan encontrar un punto de ignición (ver flash fire y jet Fire).

La Tabla II.1.2-14 muestra el índice de mortalidad y las lesiones presentadas en un evento de dispersión de nube tóxica cuando un porcentaje de la población está expuesta a concentraciones letales (LC).

**Tabla II.1.2-14 Índices de Mortalidad y Lesiones Presentadas por Dispersión Tóxica**

Índice de Mortalidad	Lesiones
El personal ubicado en esta zona presenta un índice de mortalidad bajo (1 %)	Daños a la epidermis: Inflamaciones leves y reacciones alérgicas ligeras. Daño a los ojos: Conjuntivitis.
El personal ubicado en esta zona presenta un índice de mortalidad medio (50 %)	Daños a la epidermis: Inflamaciones crónicas o agudas, reacciones alérgicas, neoplasia y ulceraciones diversas. Daño a los ojos: Daño permanente con resultado de ceguera. Daño a vías respiratorias: Bloqueo físico de alvéolos (polvos insolubles) o reacción con la pared del alvéolo para producir sustancias tóxicas.
El personal ubicado en esta zona presenta un índice de mortalidad alto (99 %) debido a la alta concentración de sustancias tóxica.	Lesiones irreversibles. Bloqueo físico permanente de alvéolos. Muerte en un corto tiempo.

### Flamazo (Flash Fire)

Cuando se trata de líquidos inflamables que se vaporizan o de fugas de gases más densos que el aire, la nube de gas se diluye en el aire existente, haciendo que en determinados instantes y zonas existan mezclas de combustible y comburente en condiciones de efectuar la combustión. Si en una de estas zonas se encuentra un punto de ignición puede desprenderse la cantidad de calor necesaria para acelerar la velocidad de combustión de forma que se produzca una explosión, denominada o UVCE en su acrónimo inglés.

También es posible si la cantidad premezclada es muy grande, que se produzca una llamarada o "flash fire", sin efectos explosivos, pero con una intensa radiación.

Los efectos por radiación se muestran en las tablas II.1.2-15 y II.1.2-16 muestra los efectos producidos a personas y objetos durante el evento denominado "Flash Fire".

**Tabla II.1.2-15 Efectos presentados a diferentes niveles de radiación térmica.**

Intensidad de Radiación kW/m <sup>2</sup>	Descripción
1.4	Puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal), se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial. En general se considera que no hay dolor – sea cual sea el tiempo de exposición - con flujos térmicos inferiores a 1.7 kW/m <sup>2</sup> (mínimo necesario para causar dolor).
3	Zona de alerta.
5	Zona de intervención con un tiempo máximo de exposición de 3 minutos. Máximo soportable por personas protegidas con trajes especiales y tiempo limitado. El tiempo necesario para sentir dolor (piel desnuda) es aproximadamente de 13 segundos, y con 40 segundos pueden producirse quemaduras de segundo grado. Cuando la temperatura de la piel llega hasta 55 °C aparecen ampollas.
11.7	El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica.
12.5	Extensión del incendio, fusión de recubrimiento de plástico en cables eléctricos. La madera puede prender después de una larga exposición.
25	El acero delgado aislado puede perder su integridad mecánica.
37.5	Suficiente para causar daños a equipos de proceso, colapso de estructuras. 100 % de letalidad. <sup>1</sup>

**Tabla II.1.2-16 Vulnerabilidad de Materiales**

Radiación (kW/m <sup>2</sup> )	Material
60	Cemento
40	Cemento prensado
200	Hormigón armado
40	Acero
33	Madera (Ignición)
30 – 300	Vidrio
400	Pared de ladrillos
13	Daños en depósitos
12	Instrumentación

La Tabla II.1.2-17 muestra los valores umbrales para la vulnerabilidad de los materiales, cuando se presenta un evento de radiación térmica.

**Tabla II.1.2-17 Efectos del Flash Fire**

Personas u objetos	Descripción
Fuera de la nube	Como la duración del fenómeno es muy corta el daño es limitado y muy inferior.
Dentro de la nube sometidos a un contacto directo con la llama.	Las personas sufrirán quemaduras graves de 2° grado sobre una gran parte del cuerpo, la situación se agrava a quemaduras a 3° y 4° grado por la ignición más que probable de la ropa o vestidos La probabilidad de muerte es muy elevada. Aproximadamente morirá 14% de la población sometida a esta radiación con un 20 % como mínimo de quemaduras importantes. En el caso de que la persona porte ropa de protección que no se queme, su presencia reducirá la superficie del cuerpo expuesta (se considera en general que solo se irradia el 20 % de esta superficie que comprendería la cabeza 7 %; manos 5 % y los brazos 8 %). En el caso de personas situadas en el interior de viviendas, probablemente estarán protegidas – aunque sea parcialmente - de la llamarada, pero estarán expuestas a fuegos secundarios provocados por la misma.

### Explosión de nube de gas no confinada (UVCE) y confinada (VCE)

La explosión de nube de vapor no confinada se presenta cuando la sustancia ha sido dispersada y se incendia a una distancia del lugar de descarga. La magnitud de la explosión depende del tamaño de la nube y de las propiedades químicas de la sustancia. Se pueden ocasionar ondas de sobrepresión y los efectos térmicos suelen ser menos importantes que los anteriores. Asimismo, las explosiones confinadas pueden dar lugar a deflagraciones y los efectos adversos que pueden provocar son: ondas de presión, formación de proyectiles y radiación térmica.

**Tabla II.1.2-18 Efectos Derivados de la Sobrepresión**

Valor umbral				Descripción
mbar	bar	kPa	psi	
34.5	0345	3.45	0.5	Destrucción de ventanas, con daño a los marcos y bastidores. Daños menores a techos de casa. Daños estructurales menores.
50	05	5	0.725	Zona de alerta Daños estructurales de pequeña magnitud en casa.
68.9	0689	6.89	1	Demolición parcial de casas, que quedan inhabitables. Daños estructurales menores, comparables a los daños ocasionados por una tormenta, fallas en estructuras o paredes de madera. Rompimiento de ventanas. El techo de los tanques de almacenamiento sufren un colapso. Falla de paneles y mamparas de madera, aluminio, etc. Conexiones o uniones de aluminio o acero muestran fallas.
125	0.125	12.5	1.81	Zona de Intervención. Dislocación / colapso de paneles, paredes y techos.

**Tabla II.1.2-18 Efectos Derivados de la Sobrepresión**

Valor umbral				Descripción
mbar	bar	kPa	psi	
500	0.5	50	7.25	<p>Colapso parcial de paredes y techos de casas.                      Destrucción de paredes de cemento de 20 a 30 cm. de grosor.                      Destrucción del 50 % de la obra de ladrillo en edificaciones.                      25% de todas las paredes muestran fallas.                      Las paredes hechas de bloques de concreto se colapsan.                      Daños menores de marcos de acero en ventanas y puertas.                      Daños moderados o menores.                      Deformación de paredes y puertas, falla de juntas.                      Se desprende el recubrimiento de las paredes.                      Daños serios al resto de los elementos de soporte.                      Umbral (1 %) de ruptura de tímpano.</p>
1 000	1	100	14.50	<p>Desplazamiento de los tanques de almacenamiento cilíndrico.                      Daño a columnas de fraccionamiento.                      La estructura de soporte de un tanque de almacenamiento redondo se colapsa.                      Daños severos y desplazamiento de maquinaria pesada (3 500 kg).                      Falla de las conexiones de tuberías.                      Demolición total de edificios.                      Colapso total de casas habitación tipo o estilo Americano.                      Umbral de letalidad (1 %) de muerte por hemorragia pulmonar y efectos directos de la sobrepresión sobre el cuerpo humano.</p>
1 750	1.75	175.8	25.5	<p>Ruptura parcial de tanques de almacenamiento.                      Daño parcial mayor a columnas de fraccionamiento.                      Daños severos a maquinaria pesada (3 500 kg).                      Ruptura parcial de tuberías.                      Demolición total de edificios.                      90 % de probabilidad de muerte por hemorragia pulmonar</p>
2 000	2	200	29	<p>Ruptura total de tanques de almacenamiento.                      Pérdida total a columnas de fraccionamiento.                      Pérdida total de maquinaria pesada (3 500 kg).                      Ruptura total de tuberías.                      Demolición total de edificios.                      99 % de probabilidad de muerte por hemorragia pulmonar</p>
20 680	20.68	2 068	299.94	Límite para formación de cráter.

**Nota: los valores de sobrepresión sombreados indican el valor y los efectos que pueden producirse en la zona de alto riesgo y la zona de amortiguamiento.**

## **Dardo de fuego (Jet Fire)**

Ocurre cuando un material inflamable ha sido liberado a alta presión y se incendia a una distancia del punto de la descarga. La nube formada produce el incendio (Jet Fire) en cualquier momento, siempre y cuando esté por encima de su límite inferior de inflamabilidad y por debajo del superior, esta zona de la nube es la que se considera para determinar los efectos de radiación térmica. Este evento es poco probable que pueda ocurrir para una línea de conducción de crudo, sin embargo, si el crudo contiene dentro de su composición un alto porcentaje de gas, provocaría la ocurrencia de este evento. Para este evento ver lo descrito en radiación térmica.

Cuando un gas presurizado escapa a la atmósfera a través de un orificio o estrechamiento, se produce una típica descarga en tobera del chorro gaseoso (jet), con un máximo de velocidad en la garganta, que puede igualar a la velocidad del sonido si el cociente entre la presión atmosférica y la presión dentro del recipiente es inferior al valor crítico. Tras el orificio tiene lugar la disminución de la velocidad del gas, al ensancharse la sección de paso. Si una descarga de gas combustible entra en ignición se produce el dardo de fuego.

Los efectos perniciosos de estos accidentes son fundamentalmente los siguientes:  
La radiación térmica generada por los incendios.

Los efectos de los posibles gases tóxicos generados en la combustión.  
Las ondas de sobrepresión generadas por una explosión de nube inflamable.

El modelo utilizado, PHAST versión 6.6, permite calcular la velocidad de combustión y la radiación térmica que sufre un receptor sometido a un determinado incendio. El modelo calcula la forma y la intensidad de la flama, y se obtiene un amplio intervalo de resultados de radiación. El software considera para el dardo de fuego el modelo cónico.

## **Explosión de nube de vapor.**

El término “explosión de nube de vapor” (en inglés VCE, de “Vapour Cloud Explosión”) es usado para definir la combustión de la mezcla combustible-aire formada por la fuga y dispersión de una sustancia combustible en la atmósfera, dando lugar a temperaturas muy elevadas, y generando una onda de presión.

En general, la mayoría de los combustibles tienen pesos moleculares mayores que el aire y, por consiguiente, se comportan como nubes pesadas que se mueven a ras de suelo y pueden encontrar fácilmente una fuente de ignición.

Para que tenga lugar la explosión de la nube, debe producirse la mezcla entre el combustible y el aire dentro de los límites de inflamabilidad. Si el punto de ignición está muy cerca del origen de la fuga el resultado será un incendio de chorro o de charco, según las características de la fuga.

Se considera que la máxima probabilidad de formación de una nube explosiva ocurre cuando el periodo de tiempo entre el inicio de la fuga y la ignición está comprendido entre 1 y 15 minutos, si bien se encuentran documentados accidentes en los que se estima que dicho período fue de menos de un minuto, en unos casos, y entre 16 y 30 minutos, en otros (Lees, 1996).

Por otro lado, la magnitud de la onda de sobrepresión generada depende de la velocidad de propagación de la llama (frente de reacción). Cuanto mayor sea ésta, mayor será la sobrepresión alcanzada. La velocidad de propagación de la llama depende, a su vez, de la forma en que se inicie y progrese la combustión. Según ocurra ésta, el resultado puede ser una deflagración o, en condiciones más especiales, una detonación.

Para cumplir con los objetivos de este documento se considera el llevar a cabo como parte del análisis de consecuencias la evaluación de las posibles distintas afectaciones por la explosión de nube de vapor a través del método Multi energía (TNO, 1997).

Dicho método se utiliza para la determinación de las magnitudes peligrosas de las ondas de presión procedentes de la explosión de nubes de vapor, teniendo en cuenta que, cuando éstas se inflaman, las mayores sobrepresiones se generan en regiones congestionadas o confinadas de la nube.

### **Método Multi Energía.**

La secuencia de aplicación del método Multi energía es la siguiente:

Selección del nivel de la explosión de 1 (deflagración más débil) a 10 (detonación) en función de la reactividad del combustible, ubicación de la nube, cantidad y dimensiones de los obstáculos y energía de la fuente de ignición, entre otros.<

Determinación de la energía de la explosión a partir de la cantidad de sustancia combustible en la nube que se encuentra entre los límites de explosividad y de su entalpía de combustión.

Cálculo de la “distancia escalada” ( $R'$ , adimensional), que depende de la energía de la explosión y de la distancia ( $z$ , metros) a la que se desean conocer las magnitudes peligrosas de la onda de presión.

Para lo anterior, la experimentación en este campo presenta grandes dificultades técnicas y económicas, lo que justifica la escasa bibliografía publicada sobre explosiones de Modelo Multi energía.

### **Criterios para Seleccionar el Nivel de Explosión Apropriado.**

La principal dificultad del procedimiento radica en la selección del nivel de explosión apropiado para cada caso, dada la diversidad de parámetros que influyen en el proceso.

La intensidad de la explosión depende de la masa y reactividad del combustible, de la congestión y/o confinamiento de la nube, de la intensidad de la fuente de ignición y de parámetros relacionados con la geometría de la zona obstruida.

Los criterios aportados por algunos autores pueden constituir una ayuda para seleccionar el nivel adecuado. El criterio más simple es el propuesto por TNO en el caso de ausencia de información sobre los factores mencionados anteriormente, consiste en seleccionar el nivel 7 cuando la explosión se produzca en una región obstruida, y el 3 en una zona sin obstáculos.

Dependiendo de la cantidad de información disponible y del grado de precisión requerido se pueden seguir otros criterios, destacando los de Kinsella (1993) y Baker (1996), recomendables cuando sólo se dispone de información cualitativa, y especialmente las de las guías GAME (1998) y GAMES (1998), que son las que se utilizan en este trabajo, en los casos que se dispone de información más amplia.

Kinsella (1993) tiene en cuenta el nivel de obstrucción de la nube, clasificándolo en alto, bajo y nulo; la existencia o no de confinamiento entre paredes paralelas y la energía de la fuente de ignición, distinguiendo entre fuerte (si es debida al venteo de una explosión en el interior de una conducción o situación análoga), y débil (si es debida a una llama, chispa o superficie caliente).

En base a los criterios establecidos y a los escenarios identificados en la tabla siguiente podrán observarse las condiciones alimentadas al simulador para la realización de la evaluación de consecuencias.

**Tabla II.1.2-19 Escenarios seleccionados y las condiciones alimentadas al simulador PHAST**

No.	ESCENARIO HIPOTETICO	Tipo de Escenario	Diámetro	Diámetro de Fuga	Presión kg/cm <sup>2</sup> / Bar		Temperatura (°C)		Flujo Max	Flujo normal	Altura de la fuga	Tiempo de fuga	Masa Fugada de acuerdo al Diámetro de fuga considerado	Punto de ignición
			plg	Plg	Diseño	Operación	Diseño	Operación	kg/h	kg/h	m	s	kg	m
1	Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión en el cabezal colector de producción de 20", con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Caso más probable</b>	20	1.25	6/5.81	4.2/4.06	55	30	247032.3	201989.4	0.8	600	33664.90	2
2	Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión en línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100 A/B, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Caso alternativo</b>	14	2.8	6/5.81	4.2/4.06	55	30	123516.2	100994.7	0.8	600	16832.45	3.91
3	Fuga por erosión y corrosión interna y/o externa por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100 A/B, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Caso más probable</b>	14	0.75	6/5.81	4.2/4.06	55	30	123516.2	100994.7	0.8	600	16832.45	3.91
4	Ruptura en la línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100A/B, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Peor caso</b>	14	2.8	6/5.82	4.2/4.06	55	30	123516.2	100994.7	0.8	600	16832.45	3.91
5	Fuego externo sobre el TL-100A/B, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Peor caso</b>	14	2.8	6/5.83	4.2/4.06	55	30	123516.2	100994.7	1	600	16832.45	3.9
6	Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas en línea de alimentación de 8" del separador trifásico TL-100 C/D, debido a falla de lazo de control de presión o bloqueo o restricción corriente abajo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al	<b>Caso alternativo</b>	8	1.6	2.2/2.16	2/1.96	55	29.71	88024.82	73158.84	0.8	600	12193.14	14.4

**Tabla II.1.2-19 Escenarios seleccionados y las condiciones alimentadas al simulador PHAST**

No.	ESCENARIO HIPOTETICO	Tipo de Escenario	Diámetro	Diámetro de Fuga	Presión kg/cm <sup>2</sup> / Bar		Temperatura (°C)		Flujo Max	Flujo normal	Altura de la fuga	Tiempo de fuga	Masa Fugada de acuerdo al Diámetro de fuga considerado	Punto de ignición
			plg	Plg	Diseño	Operación	Diseño	Operación	kg/h	kg/h	m	s	kg	m
	personal, a la instalación y al medio ambiente.													
7	Fuga por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 8" al separador trifásico TL-100 C/D, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Caso más probable</b>	8	0.75	2.2/2.16	2/1.96	55	29.71	88024.82	73158.84	0.8	600	12193.14	14.4
8	Ruptura en la línea de alimentación de 8" al separador trifásico TL-100 C/D, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Peor caso</b>	8	1.6	2.2/2.17	2/1.96	55	29.71	88024.82	73158.84	0.8	600	12193.14	14.4
9	Fuego externo sobre el TL-100 C/D, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Peor caso</b>	8	1.6	2.2/2.18	2/1.96	55	29.71	88024.82	73158.84	1	600	12193.14	14.4
10	Fuga de crudo por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 10" hacia la torre estabilizadora DA-100, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Caso más probable</b>	10	0.75		0.1/0.1		28.12	94136.74	78584.03	7	600	13097.34	7.4
11	Ruptura en la línea de alimentación de 10" a la torre estabilizadora DA-100, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Peor caso</b>	10	2		0.1/0.1		28.12	94136.74	78584.03	7	600	13097.34	7.4

**Tabla II.1.2-19 Escenarios seleccionados y las condiciones alimentadas al simulador PHAST**

No.	ESCENARIO HIPOTETICO	Tipo de Escenario	Diámetro	Diámetro de Fuga	Presión kg/cm <sup>2</sup> / Bar		Temperatura (°C)		Flujo Max	Flujo normal	Altura de la fuga	Tiempo de fuga	Masa Fugada de acuerdo al Diámetro de fuga considerado	Punto de ignición
			plg	Plg	Diseño	Operación	Diseño	Operación	kg/h	kg/h	m	s	kg	m
12	Fuego externo sobre la torre estabilizadora DA-100, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Peor caso</b>	10	2		0.1/0.1		28.12	94136.74	78584.03	3.96	600	13097.34	7.4
13	Derrame de crudo estabilizado por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de descarga de 8" de las bombas de transferencia de crudo BA-210 A/B/C, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Caso más probable</b>	8	0.75	Sin dato	4/3.92	Sin dato	28.29	Sin dato	77875.69	0.8	600	12979.28	3
14	Derrame de crudo estabilizado por ruptura en línea de descarga de 8" de las bombas de transferencia de crudo BA-210 A/B/C, debido a impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Peor caso</b>	8	1.6	Sin dato	4/3.92	Sin dato	28.29	Sin dato	77875.69	0.8	600	12979.28	3
15	Derrame de crudo por ruptura en del tanque TV-200, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Peor caso</b>	10	2	Sin dato	ATM/1.0	Sin dato	28.29	Sin dato	3179.75m <sup>3</sup>	1	600	2502463.25	17.6
16	Fuga de gas en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión aguas arriba en línea de alimentación de 16" del TG-100, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Caso Alterno</b>	16	1.25	8.7/8.5	5/4.9	54	29.28	73394	56896.95	1	600	9482.83	17.2

**Tabla II.1.2-19 Escenarios seleccionados y las condiciones alimentadas al simulador PHAST**

No.	ESCENARIO HIPOTETICO	Tipo de Escenario	Diámetro	Diámetro de Fuga	Presión kg/cm <sup>2</sup> / Bar		Temperatura (°C)		Flujo Max	Flujo normal	Altura de la fuga	Tiempo de fuga	Masa Fugada de acuerdo al Diámetro de fuga considerado	Punto de ignición
			plg	Plg	Diseño	Operación	Diseño	Operación	kg/h	kg/h	m	s	kg	m
17	Fuga de gas por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones soldadas y/o válvulas en línea de alimentación de 16" del TG-100, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Caso más probable</b>	16	1.25	8.7/8.5	5/4.9	54	29.28	73394	56896.95	1	600	9482.83	17.2
18	Incendio y/o formación de nube inflamable y/o explosiva por la presencia de gas, debido a ruptura por un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo en la línea de alimentación de 16" del TG-100 con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Peor caso</b>	16	3.2	8.7/8.5	5/4.9	54	29.28	73394	56896.95	1	600	9482.83	17.2
19	Fuga de gas por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones soldadas y/o válvulas en línea de alimentación de 16" del FA-700, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Caso más probable</b>	16	1.25	Sin dato	0.1/0.1	Sin dato	29.2	Sin dato	18.78 m <sup>3</sup> /s	0.6	60	6760.8	3
20	Incendio y/o formación de nube inflamable y/o explosiva por la presencia de gas, debido a la ruptura por un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo en la línea de alimentación de 16" del FA-700 con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.	<b>Peor caso</b>	16	3.2		01/0.1	Sin dato	28		18.78 m <sup>3</sup> /s	0.6	60	6760.8	3

## Inventario de fuga

Para determinar los inventarios de fuga que pudieran participar en los escenarios previamente identificados se tomará en cuenta los diversos sistemas de mitigación con que cuenta El Campo la Laja y con esto limitar la asignación de los tiempos previamente señalados e indicados en la tabla II.1.2-19.

En el caso de líneas de proceso y ductos, es la suma del inventario que se fuga más el inventario que se queda entrampado entre las válvulas de seccionamiento que aíslan la fuga y se calcula con la siguiente formula:

$$IF = (Fm \times t) + \left( \left( \left( \frac{\pi d^2}{4} \right) \times D \right) \times \rho \right)$$

### Inventario final para escenarios de riesgo por fugas en ductos

<i>IF</i>	=	<i>Inventario de fuga (kg)</i>
<i>Fm</i>	=	<i>Flujo másico (kg/seg)</i>
<i>t</i>	=	<i>Tiempo que transcurre desde que se presenta la fuga, hasta que esta es aislada cerrando las válvulas de seccionamiento.</i>
<i>d</i>	=	<i>Diámetro de la tubería</i>
<i>D</i>	=	<i>Distancia que existe entre las válvulas de seccionamiento que aíslan la fuga en el ducto.</i>
<i>ρ</i>	=	<i>Densidad e la sustancia (kg/m<sup>3</sup>)</i>

Los inventarios de fuga estimados así como los diversos criterios para realizar la evaluación de consecuencia podrán ser observados en la tabla II.1.2-19..

Para el caso de la evaluación de consecuencias la composición promedio de la mezcla es la siguiente:

**Tabla II.1.2-20. Composición de Mezcla representativa**

<b>Mezcla representativa (Crudo-gas-agua)</b>		
<b>Composición al simulador PHAST</b>		
<b>Compuesto</b>	<b>Formula</b>	<b>%mol</b>
BIÓXIDO DE CARBONO	CO <sub>2</sub>	1.4304
ACIDO SULFHÍDRICO	H <sub>2</sub> S	0.4563
NITRÓGENO	N <sub>2</sub>	0.2757
METANO	C <sub>1</sub>	8.5976
ETANO	C <sub>2</sub>	5.3205
PROPANO	C <sub>3</sub>	4.0984
BUTANO	C <sub>4</sub>	4.0863
PENTANO	C <sub>5</sub>	5.5494
HEXANO	C <sub>6</sub>	4.066
HEPTANO	C <sub>7</sub>	5.3718
OCTANO	C <sub>8</sub>	4.8626
N-EICOSANO	C <sub>20</sub>	51.7176
BENCENO	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	1.4677
TOLUENO	Tol	1.3235
O-XILENO	Ox	1.3762
Total		100

**Tabla II.1.2-21. Composición de Mezcla representativa  
(Crudo Estabilizado).**

<b>Mezcla representativa</b>
------------------------------

Composición al simulador PHAST		
Compuesto	Formula	%mol
BIÓXIDO DE CARBONO	CO <sub>2</sub>	0
ACIDO SULFHÍDRICO	H <sub>2</sub> S	0
NITRÓGENO	N <sub>2</sub>	0
METANO	C <sub>1</sub>	0
ETANO	C <sub>2</sub>	0
PROPANO	C <sub>3</sub>	0.0267
BUTANO	C <sub>4</sub>	0.3758
PENTANO	C <sub>5</sub>	1.6905
HEXANO	C <sub>6</sub>	3.798
HEPTANO	C <sub>7</sub>	3.8574
OCTANO	C <sub>8</sub>	3.9805
N-NONANO	C <sub>9</sub>	3.7705
N-EICOSANO	C <sub>20</sub>	80.34
BENCENO	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0.2324
TOLUENO	Tol	0.8739
O-XILENO	Ox	1.0471
Total		100

**Tabla II.1.2-22. Composición de Mezcla representativa**

<b>Mezcla representativa</b>		
<b>Composición al simulador PHAST</b>		
<b>Compuesto</b>	<b>Formula</b>	<b>%mol</b>
NITRÓGENO	N2	0.47
METANO	C1	68.39
BIÓXIDO DE CARBONO	CO2	6.33
ETANO	C2	14.55
ACIDO SULFHÍDRICO	H2S	0.18
PROPANO	C3	6.16
BUTANO	C4	3.07
PENTANO	C5	0.52
HEXANO	C6+p	0.33
Total		100

### II.1.3 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS

Las hipótesis se seleccionaron considerando los peligros identificados. Para estos mismos se realizó la simulación de consecuencias, mediante PHAST 6.6.

Se propusieron 20 escenarios hipotéticos de riesgo los cuales involucran las principales áreas y equipos aledaños a zonas vulnerables que pueden ser susceptibles de presentar fugas, estas debido a fallas en uniones bridadas, alta presión, corrosión o por un golpe externo.

Planteados los escenarios de riesgo se procedió a la evaluación de sus posibles consecuencias considerando los diagramas de tubería e instrumentación, las condiciones de operación (presión, temperatura) y condiciones climatológicas a las cuales ocurre el evento. Los resultados arrojados por el programa de simulación Phast Ver. 6.6 se presentan en el Anexo E.

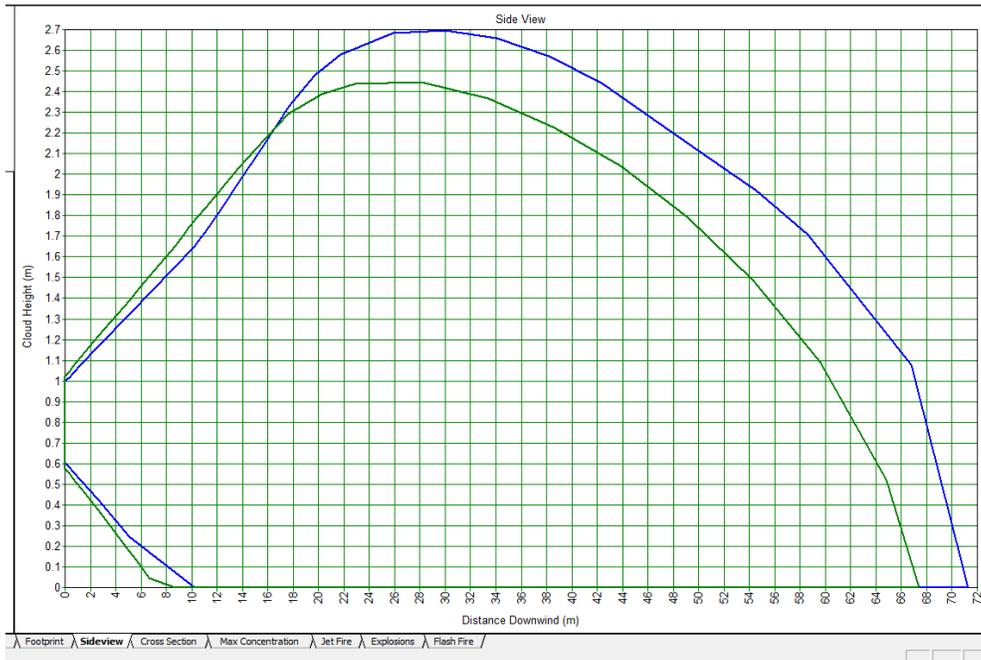
Los escenarios se seleccionaron considerando los peligros identificados en el HAZOP o el análisis ¿Qué pasa si? los de mayor riesgo, índice de severidad más alto y mayor probabilidad de ocurrencia. Para estas mismas se realizó la simulación de consecuencias, mediante PHAST 6.6.

**Escenario Inicial 01: Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión en el cabezal colector de producción de 20", con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente; la altura de la fuga es de 0.8 metros con respecto del nivel del suelo y el diámetro de fuga es de 1.25 pulgadas.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario							
Clave: EI.01	Nombre: Fuga en cabezal colector de 20 plg.					Tipo de caso <sup>1</sup> : MP	
Elaboro: YIRG	Descripción: Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión en el cabezal colector de producción de 20", con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente; la altura de la fuga es de 0.8 metros con respecto del nivel del suelo y el diámetro de fuga es de 1.25 pulgadas.					Fecha: Agosto 2017	
Objetivo:	Determinar las afectaciones por radiación térmica y/o explosión o nube tóxica					Phast 6.6	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico	
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
Presión:	4.06 bar	Temperatura:	30°C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.
Fase de material liberado:		Vapor:	x	Líquido		x	Vapor y líquido
Contenedor:	Cilindro		Esfera		Tubería	X	Otro
Alto del recipiente:	--	Diámetro de tubería:			20 in	Largo:	71 m
Área equivalente de orificio	1.25 in			Elevación del punto de liberación:		0.8 m	
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal: X	Hacia abajo	Golpe contra: X	Inclinada	Angulo 45°	
Tiempo estimado de liberación:	600 seg		Masa que participa			33664.90 kg	
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):					1.5 m/seg (Tipo F)		
Temperatura atmosférica:					27 °C		
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):							
Humedad atmosférica					66 %		
Tipo de suelo:							
Direcciones dominantes del viento:							
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
Separadores Bifásicos		Separadores Trifásicos		Paquete de químicos			
VI. Estado finales de análisis							
Jet fire: X	Charco de fuego	Incendio de nube: X	Explosión de nube:	BLEVE /bola de fuego	Nube toxica:		
Notas: 1 PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno ; MP: Más probable							

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



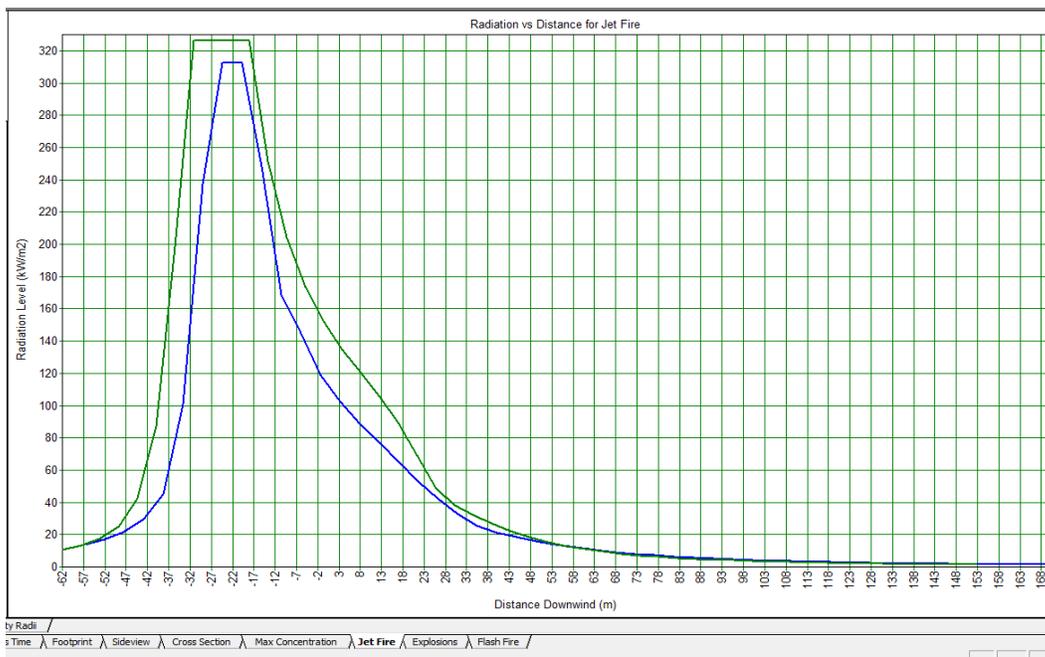
Para el caso de un evento de incendio de dardo, y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast, el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio serán de magnitud seria ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 34.3 metros, afectando de manera directa a los equipos cercanos al mismo, principalmente separadores Bifásicos TL-100 A/B y trifásicos TL-100C/D y paquete de químicos.

El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-1 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.01**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>	Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>		
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	34.32 m	101.7 m	186.31 m
5 m/s Estabilidad C	37.98 m	102.5 m	187.68 m

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

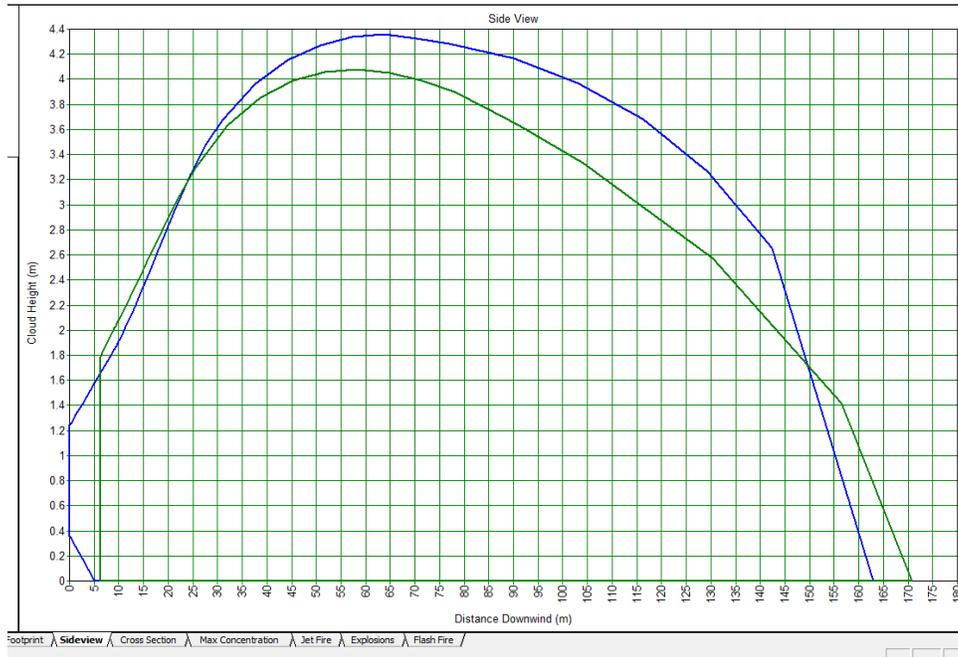


**Escenario Inicial 02: Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión en línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100 A/B, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario							
Clave: EI.02	Nombre: Fuga en línea de alimentación de 14 plg hacia el TL-100 A/B.					Tipo de caso <sup>1</sup> : CA	
Elaboro: YIRG	Descripción: Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión en línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100 A/B, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente; la altura de la fuga es de 0.8 metros con respecto del nivel del suelo y el diámetro de fuga es de 2.8 pulgadas.					Fecha: Agosto 2017	
Objetivo:	Determinar las afectaciones por radiación térmica y/o explosión o nube tóxica					Phast 6.6	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico	
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
Presión:	5.81 bar	Temperatura:	30°C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.
Fase de material liberado:	Vapor:		x	Líquido	x	Vapor y líquido	
Contenedor:	Cilindro	Esfera		Tubería	X	Otro	
Alto del recipiente:	--	Diámetro de tubería:			14 in	Largo:	7.5 m
Área equivalente de orificio	2.8 in		Elevación del punto de liberación:			0.8 m	
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	Hacia abajo	Golpe contra:	Inclinada	Angulo 45°	
Tiempo estimado de liberación:		600 seg		Masa que participa		16832 kg	
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):					1.5 m/seg (Tipo F)		
Temperatura atmosférica:					27 °C		
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):							
Humedad atmosférica					66 %		
Tipo de suelo:							
Direcciones dominantes del viento:							
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
Separadores Bifásicos		Separadores Trifásicos		Paquete de químicos			
VI. Estado finales de análisis							
Jet fire: X	Charco de fuego	Incendio de nube: X	Explosión de nube:	BLEVE /bola de fuego	Nube toxica:		
Notas: 1		PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno ; MP: Más probable					

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud grave ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 73.06 metros, sin afectación a equipos.

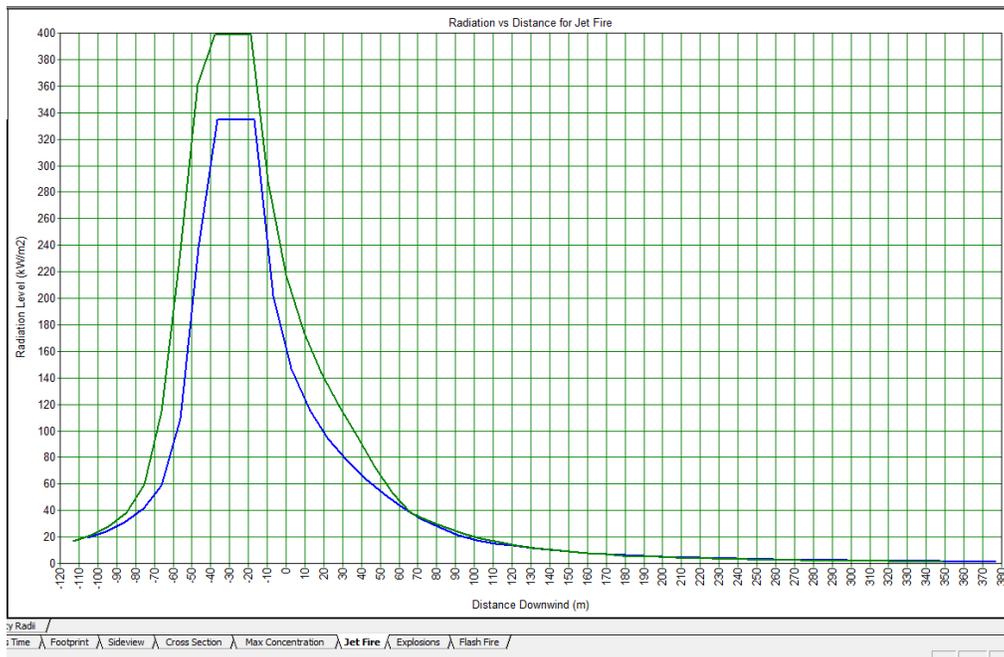
El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-2 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.0 2**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	73.06 m	214.8 m	389.7 m
5 m/s Estabilidad C	77 m	217.8 m	393.2 m

N.D. No Detectado.

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

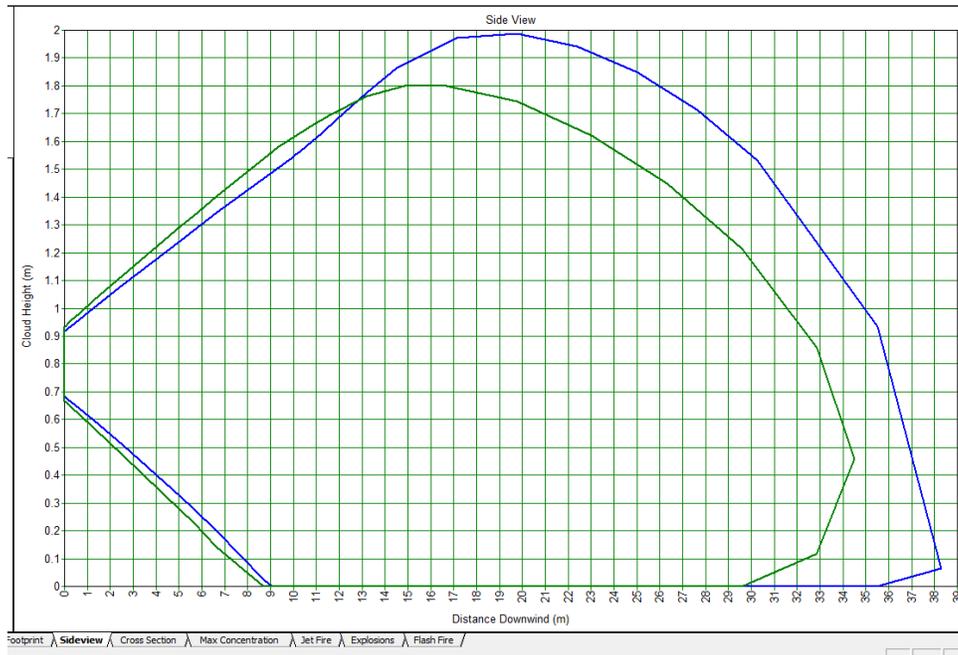


Escenario EI.03: Fuga por erosión y corrosión interna y/o externa por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100 A/B, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente. La altura de la fuga es de 0.8 metros y el diámetro de fuga considerado es de 0.75 plg.

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario							
Clave: EI.03	Nombre: Fuga en alimentación del TL-100 A/B de 14" por corrosión.					Tipo de caso <sup>1</sup> : MP	
Elaboro: YIRG	Descripción: Fuga por erosión y corrosión interna y/o externa por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100 A/B, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente. La altura de la fuga es de 0.8 metros y el diámetro de fuga considerado es de 0.75 plg.					Fecha: Agosto 2017	
Objetivo:	Determinar las afectaciones por radiación térmica y/o explosión o nube tóxica					Phast 6.6	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico	
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
Presión:	4.06 bar	Temperatura:	30°C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.
Fase de material liberado:		Vapor:	x	Líquido	x	Vapor y líquido	
Contenedor:	Cilindro		Esfera		Tubería	X	Otro
Alto del recipiente:	--	Diámetro de tubería:			14 in	Largo:	7.5 m
Área equivalente de orificio	0.75 in		Elevación del punto de liberación:			0.8 m	
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	Hacia abajo	Golpe contra:	X	Inclinada	Angulo 45°
Tiempo estimado de liberación:		600 seg		Masa que participa		16832 kg	
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):					1.5 m/seg (Tipo F)		
Temperatura atmosférica:					27 °C		
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):							
Humedad atmosférica					66 %		
Tipo de suelo:							
Direcciones dominantes del viento:							
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
Separadores Bifásicos		Paquete de químicos		TL-101 y TG-100		DA-100 y PA-300 unidad recuperadora de vapores.	
VI. Estado finales de análisis							
Jet fire: X	Charco de fuego	Incendio de nube: X	Explosión de nube:	BLEVE /bola de fuego	Nube toxica: X		
Notas: 1		PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno ; MP: Más probable					

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



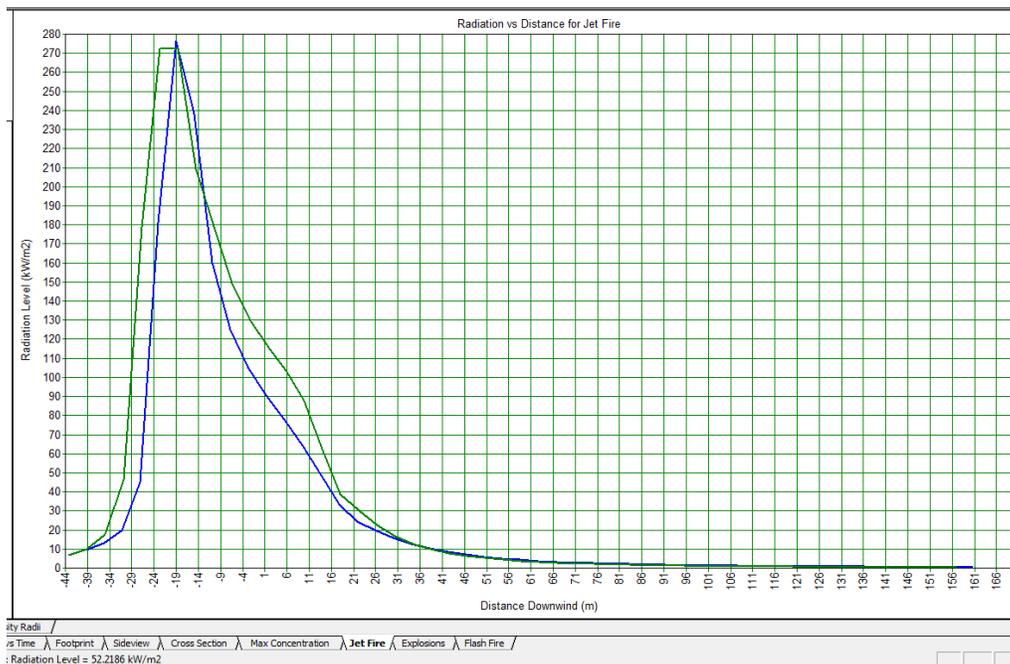
Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud seria ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 22.15 metros, afectando de manera directa a equipos aledaños al mismo como la torre DA-100, TG-100, unidad recuperadora de vapores.

El análisis de resultados obtenido se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla II.1.3-3 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI. 03**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	22.15 m	62.34 m	115.3 m
5 m/s Estabilidad C	25.22 m	62.49	115.68 m

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

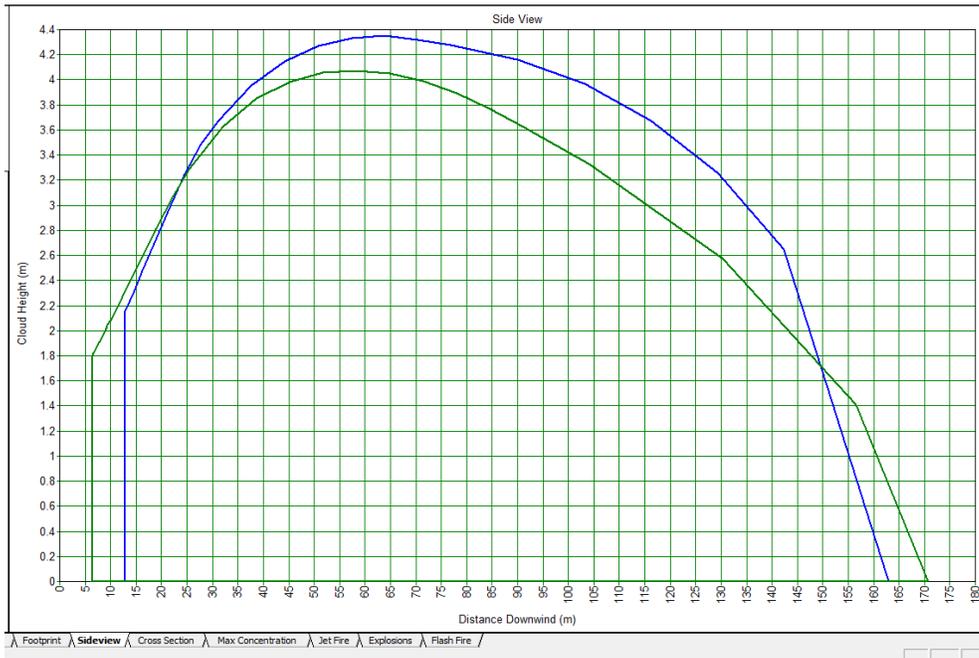


**Escenario Iniciador 04: Ruptura en la línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100A/B, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, el diámetro de fuga es de 2.8", la altura de la fuga es de 0.8 metros aproximadamente sobre el nivel de piso.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario									
Clave: EI.04		Nombre: Ruptura de línea de alimentación al separador bifásico.					Tipo de caso <sup>1</sup> : PC		
Elaboró: YIRG		Descripción: Ruptura en la línea de alimentación de 14" al separador bifásico TL-100A/B, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, el diámetro de fuga es de 2.8", la altura de la fuga es de 0.8 metros aproximadamente sobre el nivel de piso.					Fecha: Agosto 2017		
Objetivo:		Determinar las afectaciones por radiación térmica					Phast 6.6		
II. Sustancias Involucradas									
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico			
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.									
Presión:	4.06 bar	Temperatura:	30°C	Estado:	Vapor: X	Líquido debajo de su p.e.	Líquido arriba de su p.e.		
Fase de material liberado:			Vapor:	X	Líquido	Vapor y líquido			
Contenedor:	Cilindro	Esfera		Tubería	X	Otro			
Alto del recipiente:	--	Diámetro de tubería:			14 in	Largo:	7.5 m		
Área equivalente de orificio	2.8 in		Elevación del punto de liberación:			0.8 m			
Dirección de fuga:	Vertical: X	Horizontal: X	Hacia abajo	Golpe contra: X	Inclinada: X	Angulo 45°			
Tiempo estimado de liberación:		600 seg		Masa que participa		16832 kg			
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno									
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):					1.5 m/seg (Tipo F)				
Temperatura atmosférica:					27 °C				
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):									
Humedad atmosférica					66 %				
Tipo de suelo:									
Direcciones dominantes del viento:									
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)									
Sitio 1		Sitio 2			Sitio 3		Sitio 4		
Separadores Trifásicos TL-100 C/D		Paquete de Inhibidor de corrosión PA-430			TL-101 y TG-100				
VI. Estado finales de análisis									
Jet fire: X	Charco de fuego	Incendio de nube: X	Explosión de nube: X	BLEVE /bola de fuego	Nube toxica: X				
Notas: 1		PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno ;MP: Más probable							

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



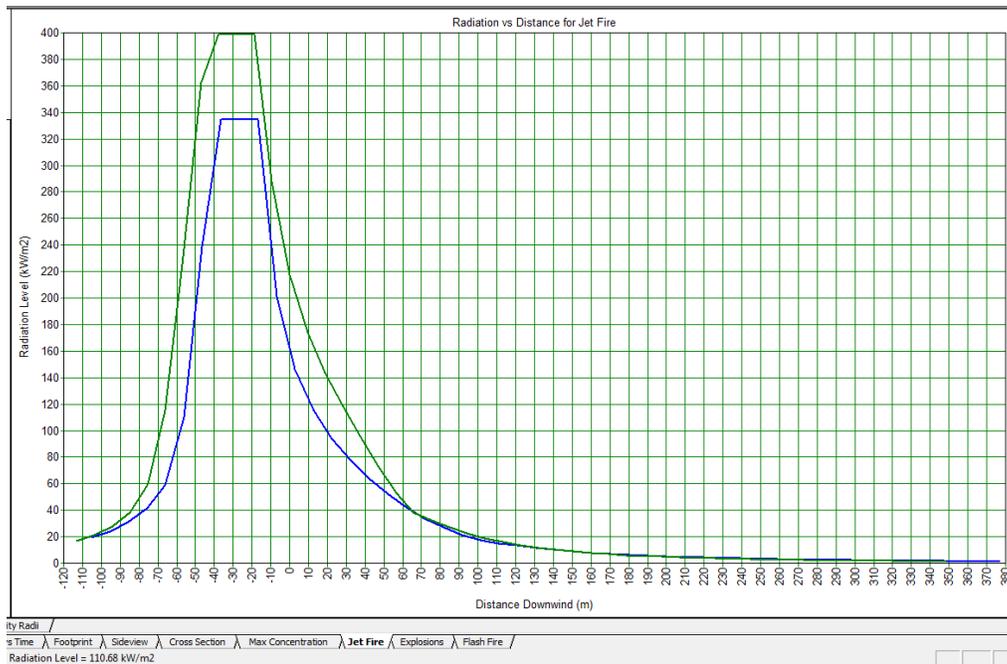
Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud grave ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 73 metros, afectando de manera directa equipos cercanos al mismo tales como los separadores trifásicos TL-100 C/D, Paquete de inhibidor de corrosión PA-430, tanque rectificador de gas TG-100 y la unidad recuperadora de vapores.

El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-4 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.04**

Organismo: <b>Óleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	73 m	214.69 m	389.5 m
5 m/s Estabilidad C	76.9 m	217.7 m	392.9 m

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

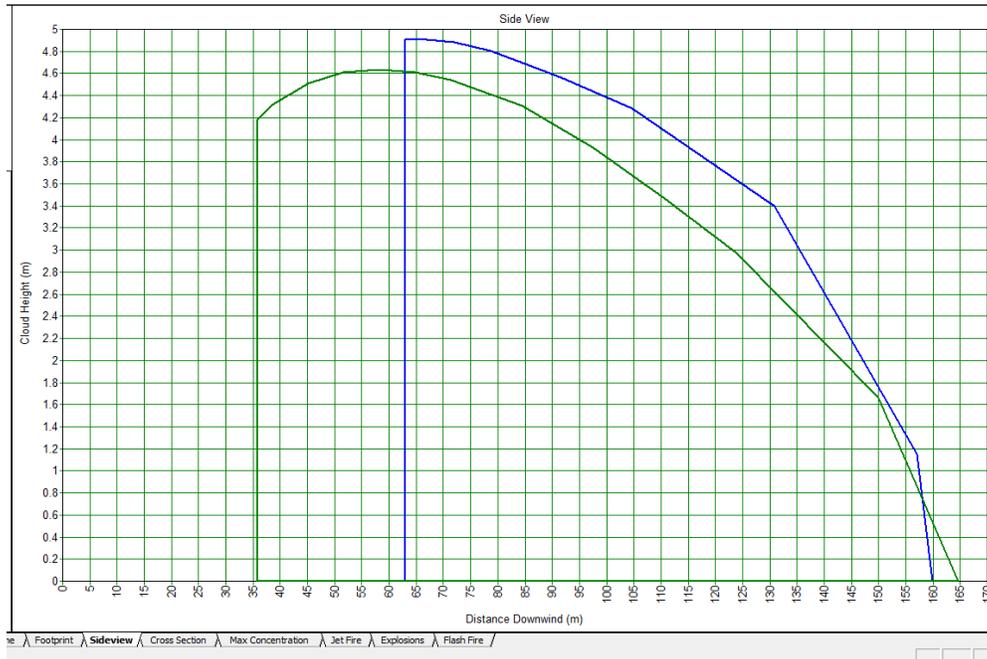


**Escenario Iniciador 05: Fuego externo sobre el TL-100A/B, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, el diámetro de fuga es de 2.8" y la altura de la fuga se considera de 1 metro sobre el nivel del piso.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario							
Clave: EI.05	Nombre: Fuego externo sobre el TL-100A/B.					Tipo de caso <sup>1</sup> : PC	
Elaboro: YIRG	Descripción: Fuego externo sobre el TL-100A/B, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, el diámetro de fuga es de 2.8" y la altura de la fuga se considera de 1 metro sobre el nivel del piso.					Fecha: Agosto 2017	
Objetivo:	Determinar las afectaciones por radiación térmica y/o explosión o nube tóxica					Phast 6.6	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico	
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
Presión:	5.83 bar	Temperatura:	55 °C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.
Fase de material liberado:		Vapor:	x	Líquido	x	Vapor y líquido	
Contenedor:	Cilindro		Esfera		Tubería	X	Otro
Alto del recipiente:	--	Diámetro de tubería:			14 in	Largo:	m
Área equivalente de orificio	2.8 in		Elevación del punto de liberación:			1 m	
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	X	Hacia abajo	Golpe contra: X	Inclinada	Angulo 45°
Tiempo estimado de liberación:	600 seg		Masa que participa			16832 kg	
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):					1.5 m/seg (Tipo F)		
Temperatura atmosférica:					27 °C		
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):							
Humedad atmosférica					66 %		
Tipo de suelo:							
Direcciones dominantes del viento:							
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
Separadores Trifásicos		Paquete de químicos		TL-101 y TG-100			
VI. Estado finales de análisis							
Jet fire: X	Charco de fuego	Incendio de nube: X	Explosión de nube: X	BLEVE /bola de fuego	Nube toxica: X		
Notas: 1 PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno ; MP: Más probable							

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



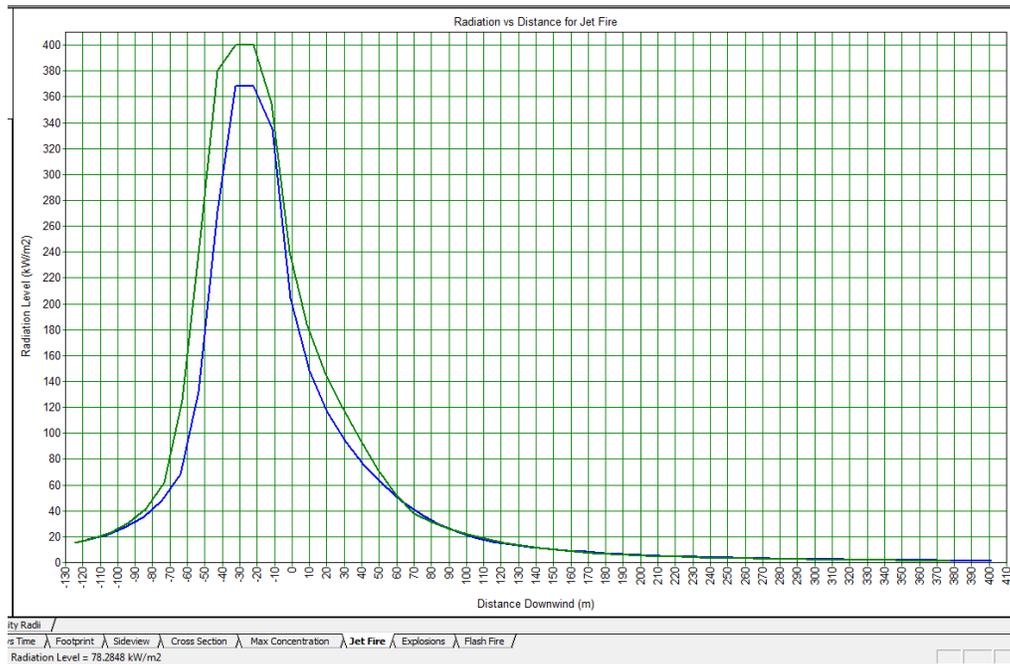
Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud grave ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 78 metros, afectando de manera directa equipos cercanos y que pertenecen a los separadores trifásicos, paquete de inhibidor de corrosión, la unidad recuperadora de vapores y el rectificador de gas TG-100.

El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-5 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.05**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>	Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>		
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	78 m	226.65 m	410.12 m
5 m/s Estabilidad C	80.7 m	226.82 m	408.67

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

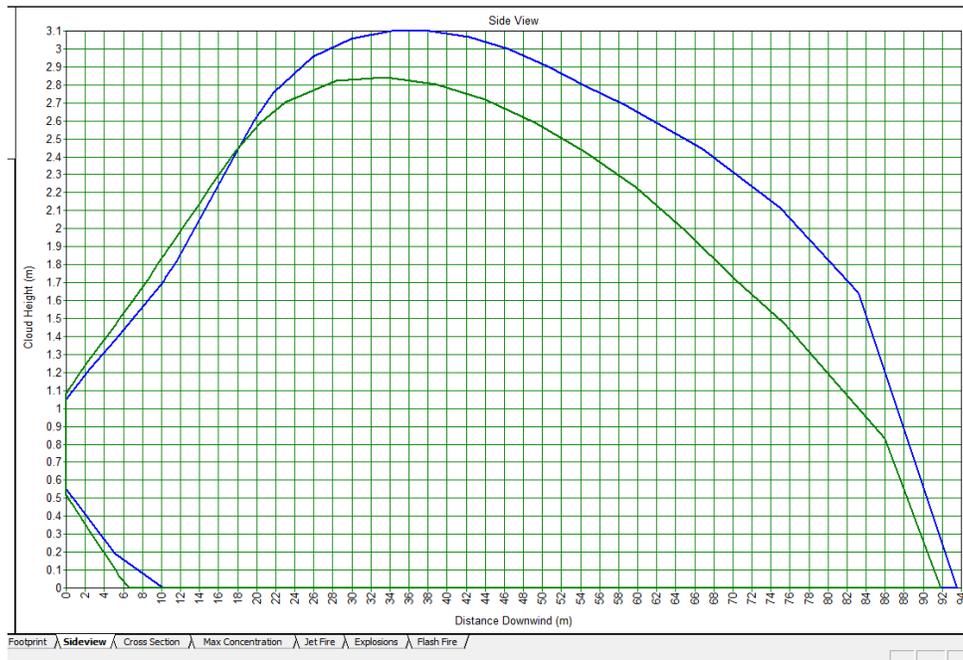


**Escenario Inicial 06: Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas en línea de alimentación de 8" del separador trifásico TL-100 C/D, debido a falla de lazo de control de presión o bloqueo o restricción corriente abajo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente., el diámetro de fuga considerado es de 1.6" y se considera que la altura de la fuga es de 0.8 metros con respecto del nivel del piso.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario							
Clave: EI.06		Nombre. Fuga en línea de alimentación al TL-100 C/D				Tipo de caso <sup>1</sup> : CA	
Elaboró: YIRG		Descripción: Fuga en sellos o empaques y bridas de válvulas en línea de alimentación de 8" del separador trifásico TL-100 C/D, debido a falla de lazo de control de presión o bloqueo o restricción corriente abajo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente., el diámetro de fuga considerado es de 1.6" y se considera que la altura de la fuga es de 0.8 metros con respecto del nivel del piso.				Fecha: Agosto 2017	
Objetivo:		Determinar las afectaciones por radiación térmica				Phast 6.6	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico	
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
Presión:	2.16	Temperatura:	29.7°C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.	Líquido arriba de su p.e.
Fase de material liberado:		Vapor:		Líquido	X	Vapor y líquido	
Contenedor:	Cilindro		Esfera		Tubería	X	Otro
Alto del recipiente:	--	Diámetro de tubería:			8 in	Largo:	5.7 m
Área equivalente de orificio	1.6 in		Elevación del punto de liberación:			0.8 m	
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	Hacia abajo	Golpe contra:	X	Inclinada	Angulo 45°
Tiempo estimado de liberación:		600 seg	Masa que participa			12193.14 kg	
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):				1.5 m/seg (Tipo F)			
Temperatura atmosférica:				27 °C			
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):							
Humedad atmosférica				66 %			
Tipo de suelo:							
Direcciones dominantes del viento:							
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
Paquete de inhibidor de corrosión PA-430		TG-100 y TL-101		Unidad Recuperadora de Vapores			
VI. Estado finales de análisis							
Jet fire: X	Charco de fuego	Incendio de nube: X	Explosión de nube: X	BLEVE /bola de fuego	Nube toxica: X		
Notas: 1		PC=n Peor caso ; CA= Caso Alternativo MP: Más probable					

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



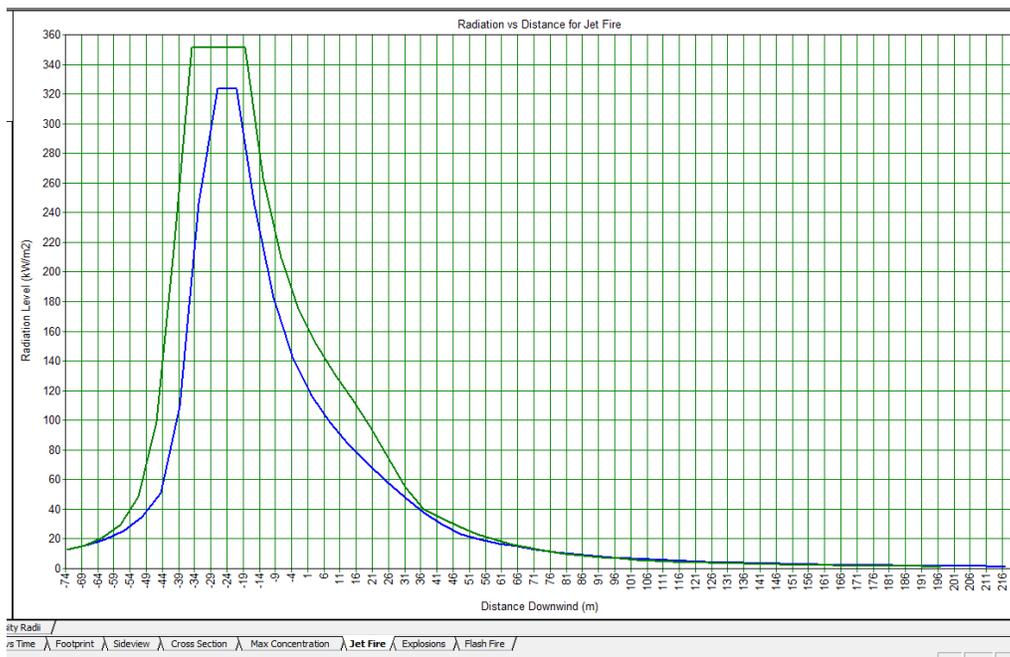
Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud grave ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 42.9 metros, afectando de manera directa al TL-101 y TG-100, además del TL-100 A/B.

El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-6 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.06**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	42.94 m	127.84 m	233.39 m
5 m/s Estabilidad C	46 m	129.17 m	235.37 m

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

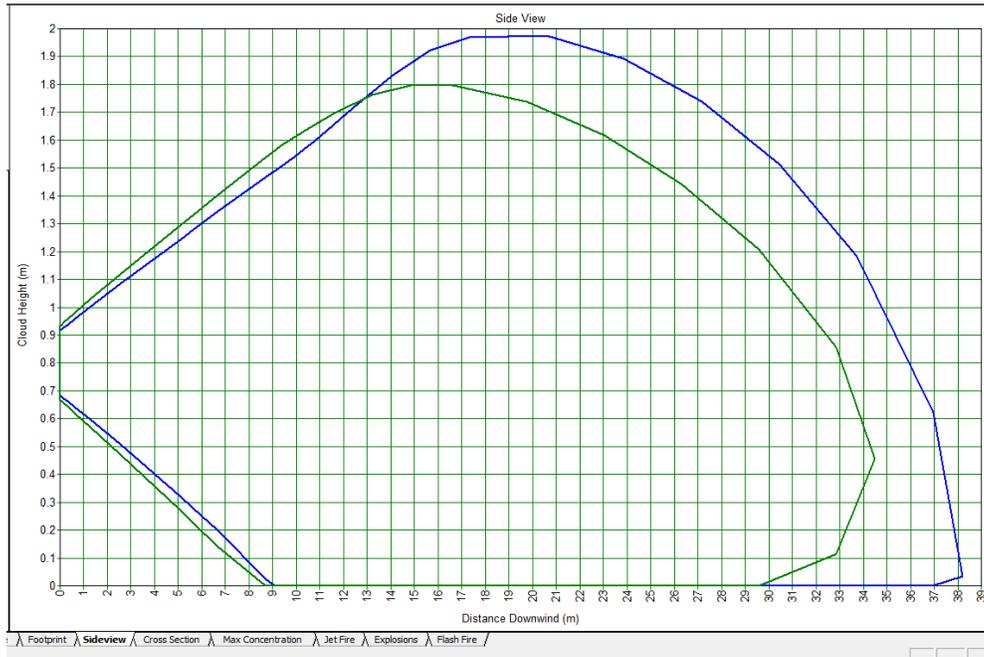


**Escenario Inicial 07: Fuga por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 8" al separador trifásico TL-100 C/D, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente., se consideró un diámetro de fuga de 0.75" y una altura de fuga de 0.8 metros.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario							
<b>Clave:</b> EI.07		<b>Nombre:</b> Fuga por erosión en línea de alimentación de 8" al TL-100 C/D,				<b>Tipo de caso<sup>1</sup>:</b> MP	
<b>Elaboró:</b> YIRG		<b>Descripción:</b> Fuga por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 8" al separador trifásico TL-100 C/D, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente., se consideró un diámetro de fuga de 0.75" y una altura de fuga de 0.8 metros.				<b>Fecha:</b> Agosto 2017	
<b>Objetivo:</b>		Determinar las afectaciones por radiación térmica				<b>Phast 6.6</b>	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre		Composición:		% molar		% másico	% volumétrico
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
<b>Presión:</b> 1.96 Bar		<b>Temperatura:</b> 29.7°C		<b>Estado:</b> Vapor:		Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.
<b>Fase de material liberado:</b>			<b>Vapor:</b> X	<b>Líquido</b>		<b>Vapor y líquido</b>	
<b>Contenedor:</b> Cilindro		<b>Esfera</b>		<b>Tubería</b> X		<b>Otro</b>	
<b>Alto del recipiente:</b> --		<b>Diámetro de tubería:</b> 8 in			<b>Largo:</b> 5.7 m		
<b>Área equivalente de orificio</b>		0.75 in		<b>Elevación del punto de liberación:</b>		0.8 m	
<b>Dirección de fuga:</b>		<b>Vertical:</b>	<b>Horizontal:</b>	<b>Hacia abajo</b>	<b>Golpe contra:</b> X	<b>Inclinada</b> X	<b>Angulo</b> 45°
<b>Tiempo estimado de liberación:</b> 600 seg			<b>Masa que participa</b>			12193.14 kg	
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
<b>Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):</b>					1.5 m/seg (Tipo F)		
<b>Temperatura atmosférica:</b>					27 °C		
<b>Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):</b>							
<b>Humedad atmosférica</b>					66 %		
<b>Tipo de suelo:</b>							
<b>Direcciones dominantes del viento:</b>							
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
<b>Sitio 1</b>		<b>Sitio 2</b>		<b>Sitio 3</b>		<b>Sitio 4</b>	
Separadores Bifásicos TL-100 A/B		TL-101 y TG-100		Unidad recuperadora de vapores			
VI. Estado finales de análisis							
<b>Jet fire:</b> X		<b>Charco de fuego</b>		<b>Incendio de nube:</b> X		<b>Explosión de nube:</b> X	
				<b>BLEVE /bola de fuego</b>		<b>Nube toxica:</b> X	
<b>Notas:</b> 1		PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno ; MP: Más probable					

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



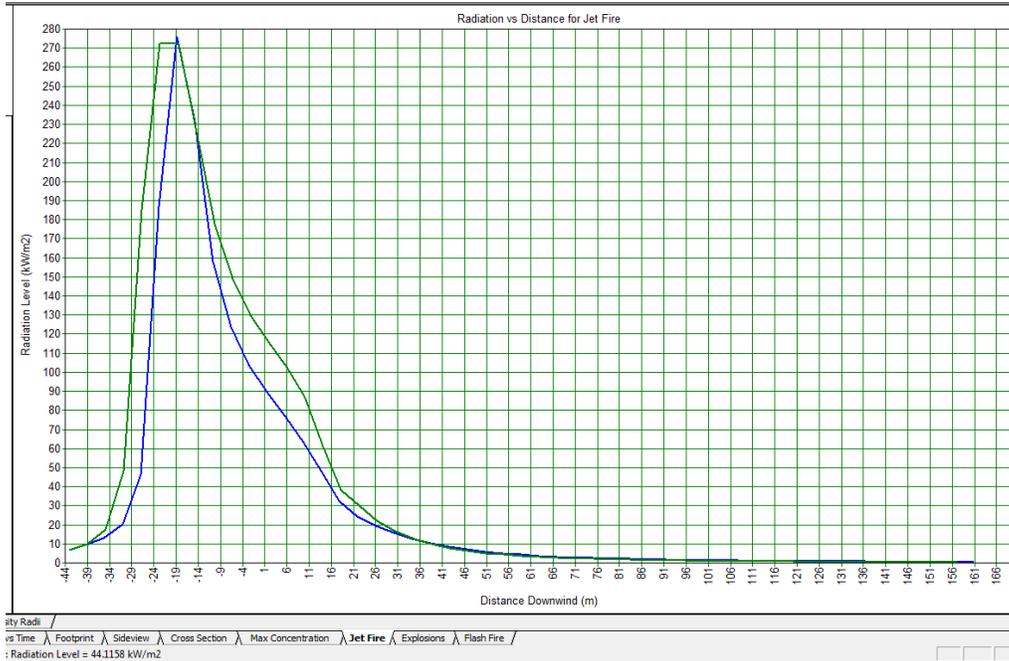
Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud seria ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 22 metros, afectando de manera directa el área de la planta de tratamiento de agua congénita TL-101 y el rectificador de gas TG-100, además de la unidad recuperadora de vapores.

El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-7 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.07**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>	Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>		
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	22.10 m	62.22 m	115 m
5 m/s Estabilidad C	25.19 m	62.36 m	115.45 m

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

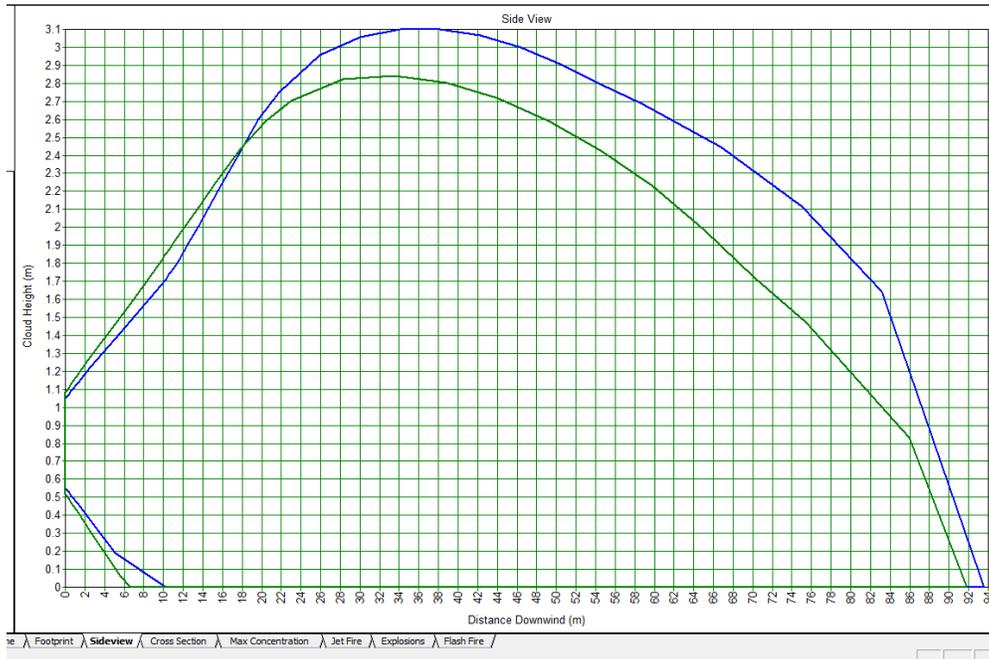


**Escenario Iniciador 08: Ruptura en la línea de alimentación de 8" al separador trifásico TL-100 C/D, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, el diámetro de fuga es de 1.6 pulgadas y la altura de la fuga es de 0.8 metros.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario									
Clave:EI.08		Nombre: Ruptura en la línea de alimentación de 8" al separador trifásico TL-100 C/D.					Tipo de caso <sup>1</sup> :PC		
Elaboró: YIRG		Descripción: Ruptura en la línea de alimentación de 8" al separador trifásico TL-100 C/D, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, el diámetro de fuga es de 1.6 pulgadas y la altura de la fuga es de 0.8 metros.					Fecha: Agosto 2017		
Objetivo:		Determinar las afectaciones por radiación térmica					Phast 6.6		
II. Sustancias Involucradas									
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico			
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.									
Presión:	1.96 bar	Temperatura:	29.7 °C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.		
Fase de material liberado:		Vapor:		X	Líquido	Vapor y líquido			
Contenedor:	Cilindro	Esfera		Tubería		X	Otro		
Alto del recipiente:	--	Diámetro de tubería:			8 in	Largo:	5.7 m		
Área equivalente de orificio	1.6 in		Elevación del punto de liberación:			0.8 m			
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	Hacia abajo	Golpe contra:	Inclinada:	Angulo 45°			
Tiempo estimado de liberación:		600 seg		Masa que participa		12193 kg			
IV. Condiciones atmosféricas y del entrono									
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):					1.5 m/seg (Tipo F)				
Temperatura atmosférica:					27 °C				
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):									
Humedad atmosférica					66 %				
Tipo de suelo:									
Direcciones dominantes del viento:									
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)									
Sitio 1		Sitio 2			Sitio 3		Sitio 4		
Unidad recuperadora de vapores									
VI. Estado finales de análisis									
Jet fire: X	Charco de fuego	Incendio de nube: X	Explosión de nube:X	BLEVE /bola de fuego	Nube toxica: X				
Notas: 1		PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno ,MP: Más probable							

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



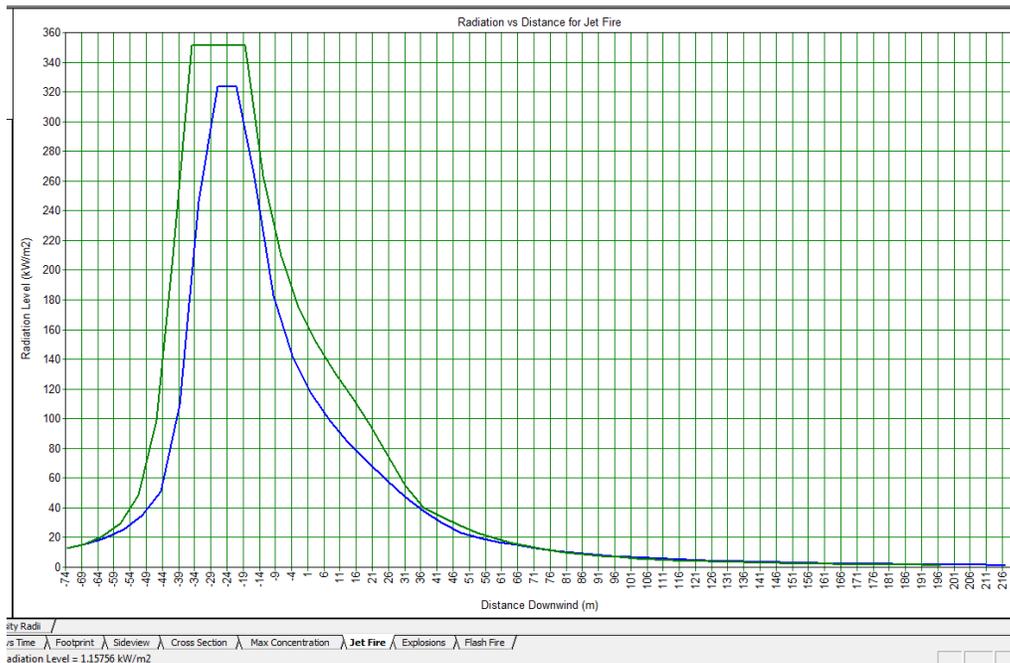
Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud grave ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 42.9 metros, afectando de manera directa a los equipos que conforman la unidad recuperadora de vapores principalmente.

El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-8 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.08**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>	Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>		
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	42.94 m	127.83 m	233.37 m
5 m/s Estabilidad D	46 m	129.16 m	235.36 m

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

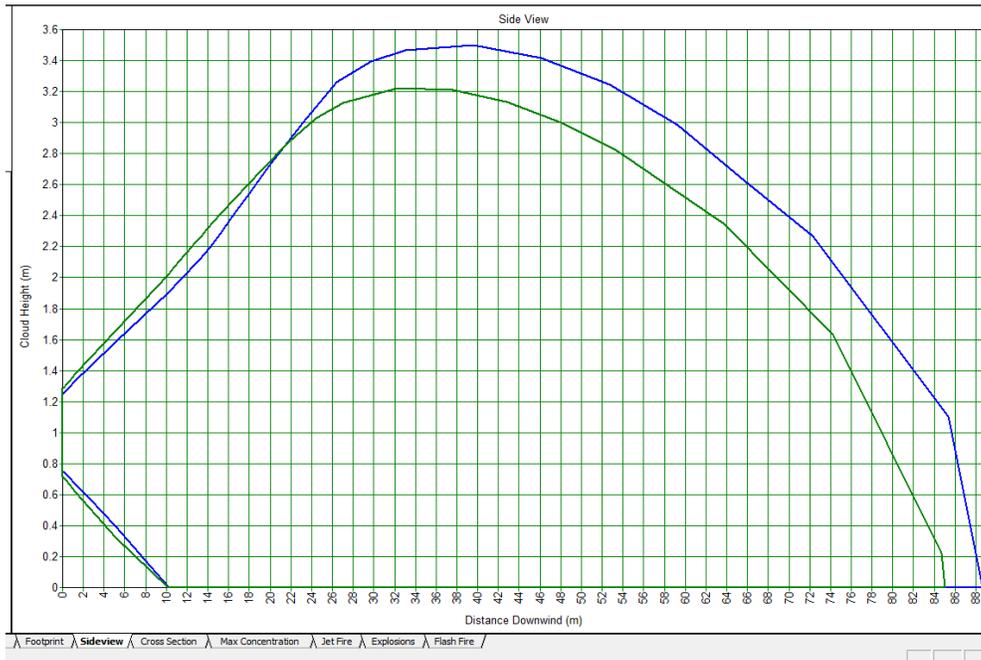


**Escenario Iniciador 09: Fuego externo sobre el TL-100 C/D, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente., se considera que la fuga es de 1.6" y la altura de la fuga es de 1 metro.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario															
Clave:		Nombre: : Fuego externo sobre el TL-100 C/D.					Tipo de caso <sup>1</sup> :PC								
Elaboró: YIRG		Descripción: Fuego externo sobre el TL-100 C/D, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente., se considera que la fuga es de 1.6" y la altura de la fuga es de 1 metro. .					Fecha: Agosto 2017								
Objetivo:		Determinar las afectaciones por radiación térmica					Phast 6.6								
II. Sustancias Involucradas															
Nombre		Composición:		% molar		% másico		% volumétrico							
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.															
Presión:		2.18 bar		Temperatura:		55 °C		Estado:		Vapor:		Líquido debajo de su p.e.X		Líquido arriba de su p.e.	
Fase de material liberado:				Vapor:		Líquido		X		Vapor y líquido					
Contenedor:		Cilindro		Esfera		Tubería		X		Otro					
Alto del recipiente:		--		Diámetro de tubería:				8 in		Largo:		5.7 m			
Área equivalente de orificio		1.6 in		Elevación del punto de liberación:				1 m							
Dirección de fuga:		Vertical:		Horizontal:		Hacia abajo		Golpe contra: X		Inclinada		Angulo 45°			
Tiempo estimado de liberación:				600 seg		Masa que participa				12193 kg					
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno															
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):						1.5 m/seg (Tipo F)									
Temperatura atmosférica:						27 °C									
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):															
Humedad atmosférica						66 %									
Tipo de suelo:															
Direcciones dominantes del viento:															
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)															
Sitio 1		Sitio 2			Sitio 3			Sitio 4							
Separadores bifásicos TL-100 A/B		TL-101 y TG-100			Unidad Recuperadora de Vapores										
VI. Estado finales de análisis															
Jet fire: X		Charco de fuego		Incendio de nube: X		Explosión de nube: X		BLEVE /bola de fuego		Nube toxica: X					
Notas: 1		PC=n Peor caso, CA= Caso Alterno MP: Más probable													

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



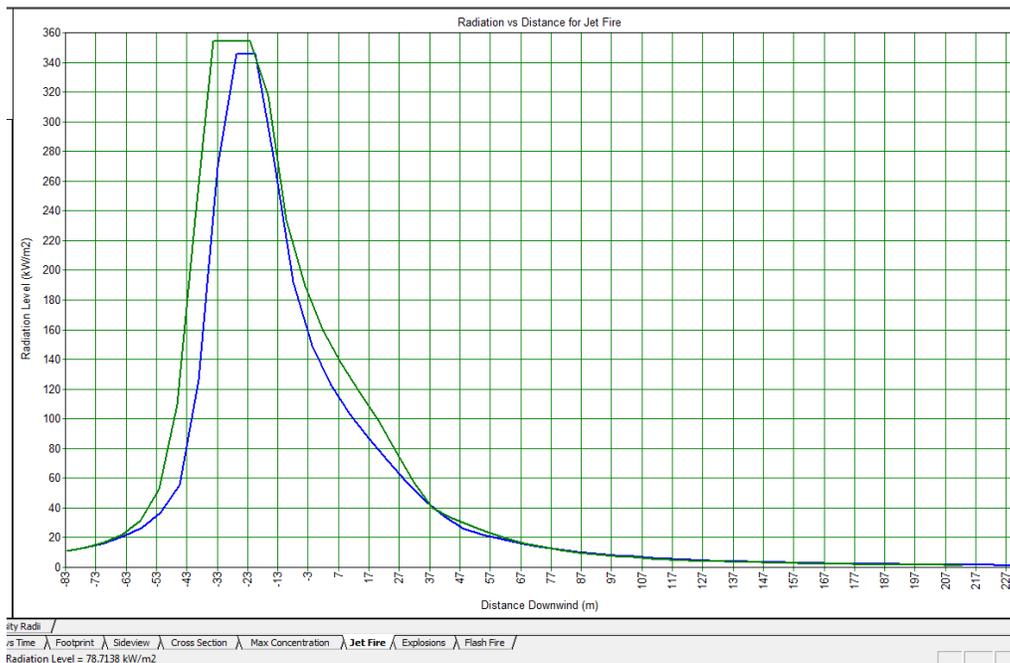
Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud grave ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 45.65 metros, afectando de manera directa los equipos aledaños al mismo, separadores bifásicos TL-100 A/B, TL-101, Rectificador de gas TG-100 y Unidad recuperadora de vapores.

El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-9 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.09**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>	Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>		
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	45.65 m	135.58 m	246.83 m
5 m/s Estabilidad C	48.09 m	136.57 m	248.39 m

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

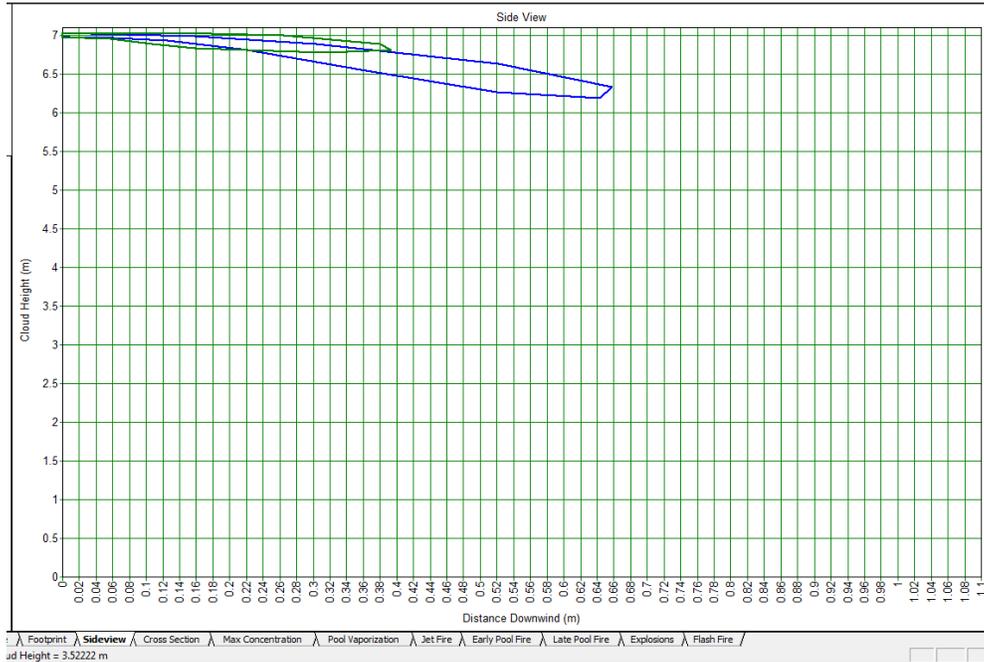


**Escenario Inicial 10: Fuga de crudo por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 10" hacia la torre estabilizadora DA-100, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente., se considera que la fuga es de 0.75" y la altura de la fuga es de 7 metros.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario							
<b>Clave:</b> EI.10		<b>Nombre:</b> Fuga de crudo en línea de alimentación de 10" hacia la torre estabilizadora DA-100				<b>Tipo de caso<sup>1</sup>:</b> MP	
<b>Elaboró:</b> YIRG		<b>Descripción:</b> Fuga de crudo por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de alimentación de 10" hacia la torre estabilizadora DA-100, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente., se considera que la fuga es de 0.75" y la altura de la fuga es de 7 metros. .				<b>Fecha:</b> Agosto 2017	
<b>Objetivo:</b>		Determinar las afectaciones por radiación térmica				<b>Phast 6.6</b>	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico	
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
<b>Presión:</b>	0.1 bar	<b>Temperatura:</b>	28 °C	<b>Estado:</b>	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.
<b>Fase de material liberado:</b>		Vapor:		Líquido	X	Vapor y líquido	
<b>Contenedor:</b>	Cilindro		Esfera		Tubería	X	Otro
<b>Alto del recipiente:</b>	--	<b>Diámetro de tubería:</b>			10 in	<b>Largo:</b>	9.7 m
<b>Área equivalente de orificio</b>	0.75 in		<b>Elevación del punto de liberación:</b>			7 m	
<b>Dirección de fuga:</b>	<b>Vertical:</b>	<b>Horizontal:</b>	<b>Hacia abajo</b>	<b>Golpe contra:</b>	<b>Inclinada</b>	<b>Angulo</b>	<b>45°</b>
<b>Tiempo estimado de liberación:</b>		600 seg	<b>Masa que participa</b>			13097 kg	
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
<b>Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):</b>				1.5 m/seg (Tipo F)			
<b>Temperatura atmosférica:</b>				27 °C			
<b>Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):</b>							
<b>Humedad atmosférica</b>				66 %			
<b>Tipo de suelo:</b>							
<b>Direcciones dominantes del viento:</b>							
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
VI. Estado finales de análisis							
<b>Jet fire:</b> X	<b>Charco de fuego</b>	<b>Incendio de nube:</b> X	<b>Explosión de nube:</b> X	<b>BLEVE /bola de fuego</b>	<b>Nube toxica:</b> X		
<b>Notas:</b> 1		PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno; MP: Más probable					

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud pequeña ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 13.5 metros afectando al personal.

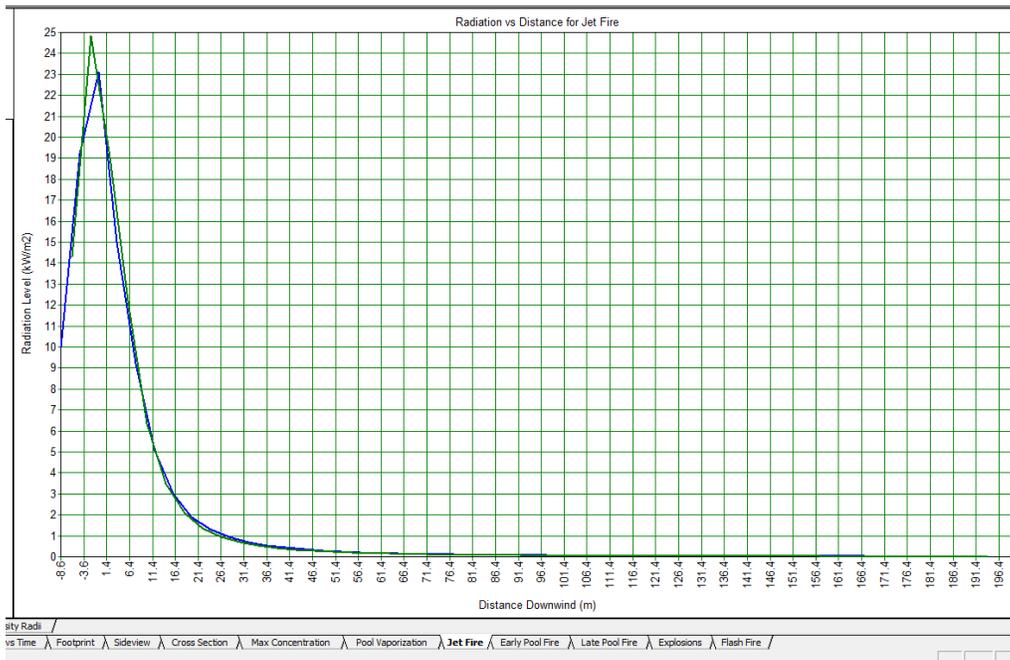
El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-10 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.10**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	N.D.	13.45 m	27.15 m
5 m/s Estabilidad D	N.D.	13.77 m	27.64 m

N.D. No Detectado.

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

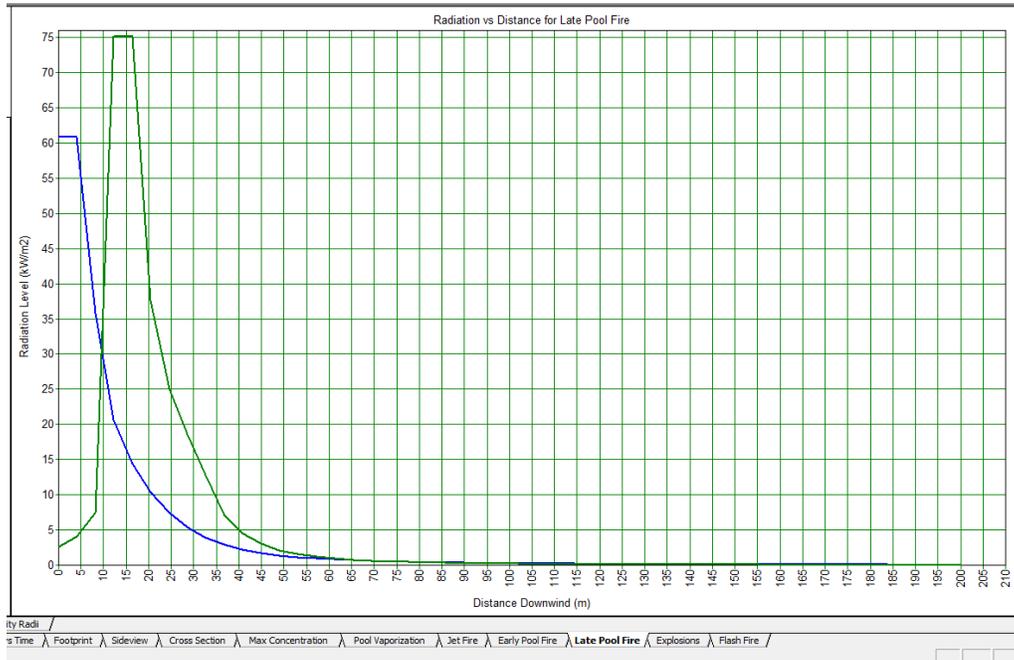


El análisis de resultados obtenido para un incendio tipo charco se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-11 Resultados de consecuencias de incendio de charco, EI.10**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	8.4 m	29.36 m	49.03 m
5 m/s Estabilidad D	20.45 m	39.92 m	54.57 m

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a generada por un incendio tipo charco.

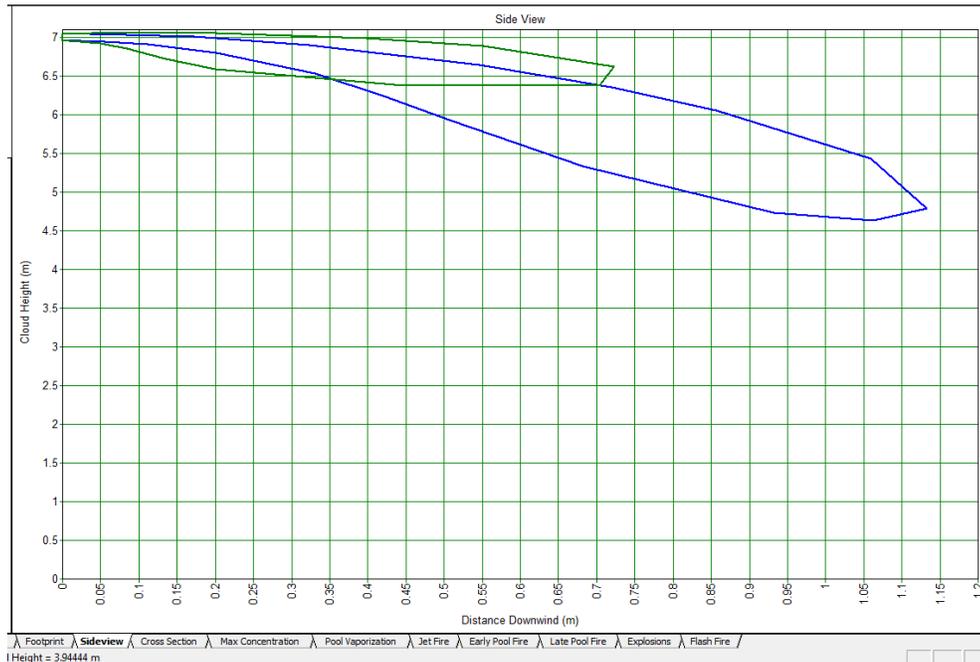


**Escenario Inicial 11: Ruptura en la línea de alimentación de 10" a la torre estabilizadora DA-100, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente., se considera que la fuga es de 2" y la altura de la fuga es de 3.96 metros.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario							
Clave: EI.11		Nombre: Ruptura en la línea de alimentación de 10" a la torre estabilizadora DA-100				Tipo de caso <sup>1</sup> : PC	
Elaboró: YIRG		Descripción: Ruptura en la línea de alimentación de 10" a la torre estabilizadora DA-100, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente., se considera que la fuga es de 2" y la altura de la fuga es de 3.96 metros.				Fecha: Agosto 2017	
Objetivo:		Determinar las afectaciones por radiación térmica				Phast 6.6	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico	
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
Presión:	0.1 bar	Temperatura:	28 °C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.
Fase de material liberado:		Vapor:		Líquido	X	Vapor y líquido	
Contenedor:	Cilindro		Esfera		Tubería	X	Otro
Alto del recipiente:	--	Diámetro de tubería:		10 in	Largo:	9.7 m	
Área equivalente de orificio	2 in		Elevación del punto de liberación:			7 m	
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	Hacia abajo	Golpe contra:	Inclinada	Angulo 45°	
Tiempo estimado de liberación:		600 seg	Masa que participa			13097 kg	
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):				1.5 m/seg (Tipo F)			
Temperatura atmosférica:				27 °C			
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):							
Humedad atmosférica				66 %			
Tipo de suelo:							
Direcciones dominantes del viento:							
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
Unidad Recuperadora de vapor		Rectificador de gas TG-100 y TL-101		TL-100 C/D			
VI. Estado finales de análisis							
Jet fire: X	Charco de fuego X	Incendio de nube: X	Explosión de nube: X	BLEVE /bola de fuego	Nube toxica: X		
Notas: 1		PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno; MP: Más probable					

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



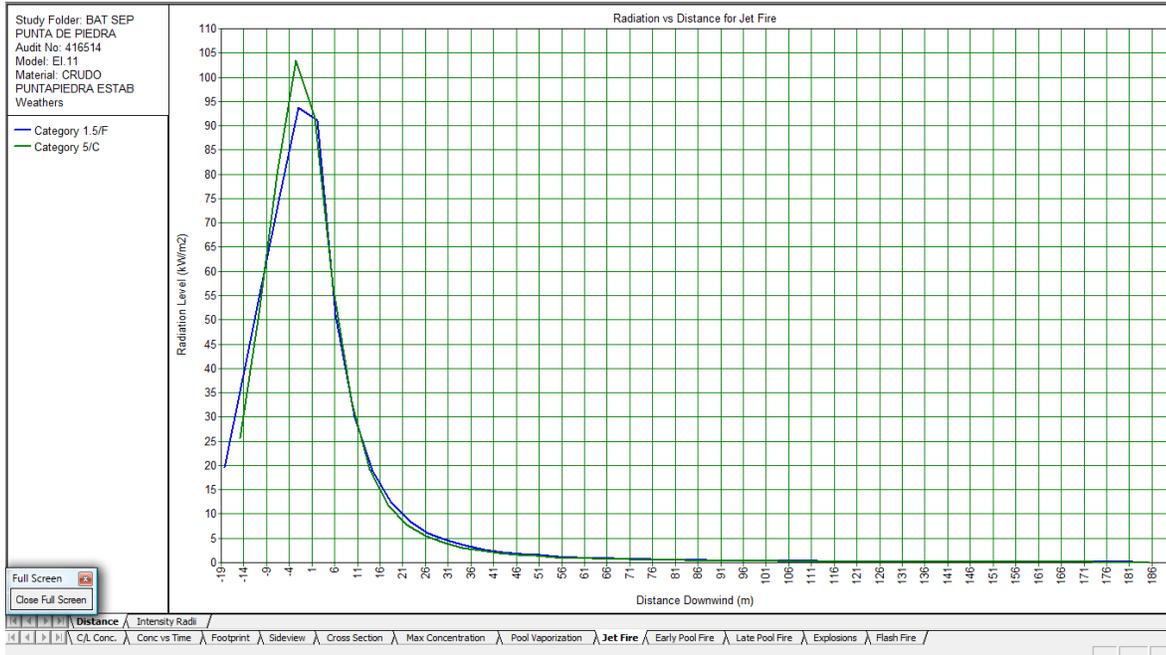
Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud pequeña ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 11.4 metros afectando al personal.

El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-12 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.11**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	11.42 m	32.93 m	61.6 m
5 m/s Estabilidad D	10.78 m	33.56 m	62.55 m

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.



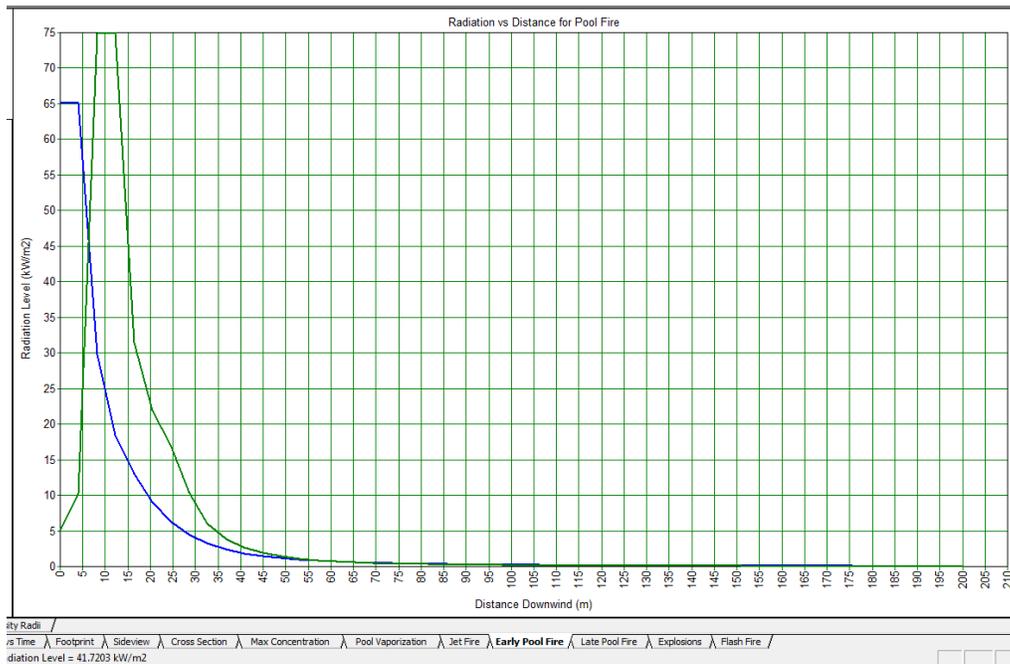
El análisis de resultados obtenido para un incendio tipo charco se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-13 Resultados de consecuencias de incendio de charco, EI.11**

Organismo: <b>Óleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	6.95 m	27.20 m	45.87 m
5 m/s Estabilidad D	14.8 m	34.33 m	49.05 m

N.D. No Detectado.

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a generada por un incendio tipo charco.

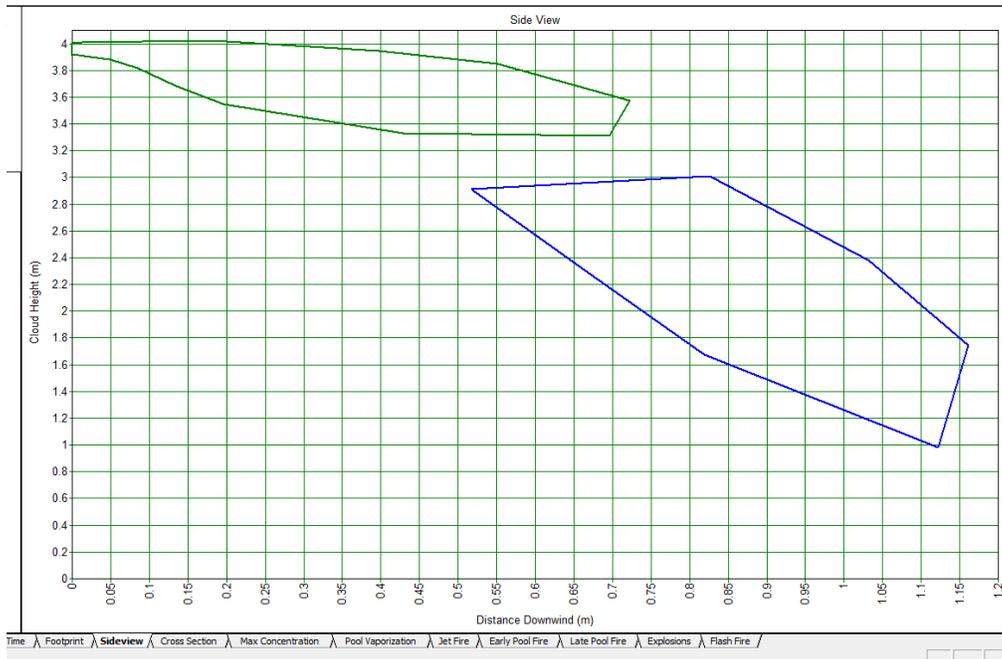


**Escenario Inicial 12: Fuego externo sobre la torre estabilizadora DA-100, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, se considera que la fuga es de 2" y la altura de la fuga es de 3.96 metros.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario							
Clave: EI.12		Nombre: Fuego externo sobre la torre estabilizadora DA-100				Tipo de caso <sup>1</sup> : PC	
Elaboró: YIRG		Descripción: Fuego externo sobre la torre estabilizadora DA-100, con incendio y/o explosión, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, se considera que la fuga es de 2" y la altura de la fuga es de 3.96 metros.				Fecha: Agosto 2017	
Objetivo:		Determinar las afectaciones por radiación térmica				Phast 6.6	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico	
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
Presión:	0.1 bar	Temperatura:	28 °C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.
Fase de material liberado:		Vapor:		Líquido	X	Vapor y líquido	
Contenedor:	Cilindro		Esfera		Tubería	X	Otro
Alto del recipiente:	--	Diámetro de tubería:			10 in	Largo:	m
Área equivalente de orificio	2 in		Elevación del punto de liberación:			3.96 m	
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	Hacia abajo	Golpe contra:	Inclinada	Angulo	45°
Tiempo estimado de liberación:		600 seg	Masa que participa			13097 kg	
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):				1.5 m/seg (Tipo F)			
Temperatura atmosférica:				27 °C			
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):							
Humedad atmosférica				66 %			
Tipo de suelo:							
Direcciones dominantes del viento:							
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
Unidad Recuperadora de vapor		Rectificador de gas TG-100 y TL-101		TL-100 C/D			
VI. Estado finales de análisis							
Jet fire: X	Charco de fuego X	Incendio de nube: X	Explosión de nube: X	BLEVE /bola de fuego	Nube toxica: X		
Notas: 1		PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno; MP: Más probable					

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



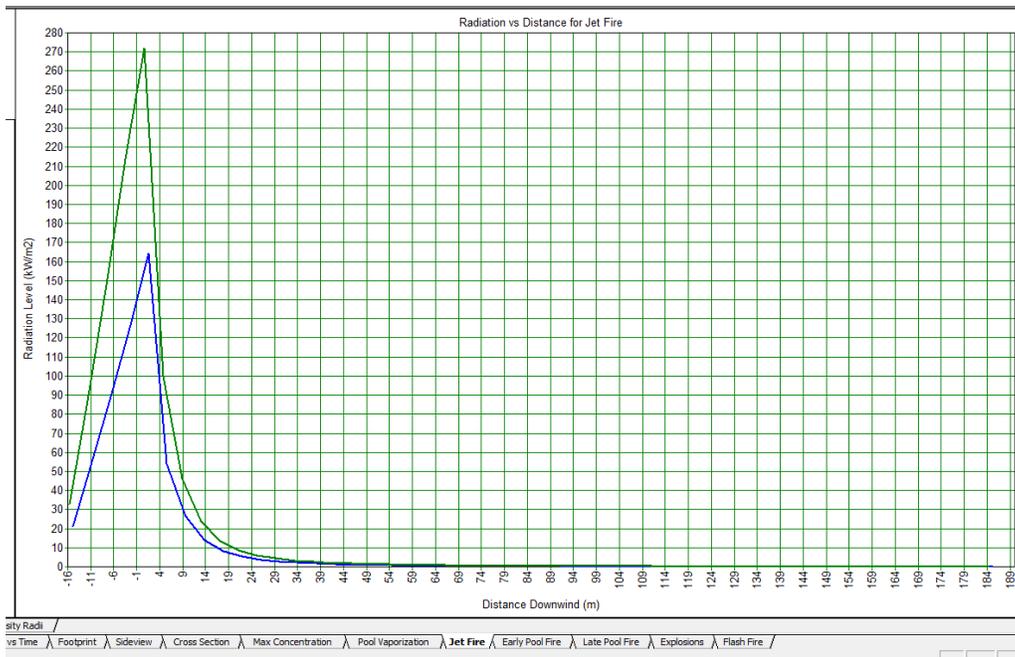
Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud pequeña ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 10.22 metros afectando al personal.

El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-14 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.12**

Organismo: <b>Óleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	10.22 m	25.17 m	47.01 m
5 m/s Estabilidad D	12.6 m	33.67 m	62.6 m

El gráfico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

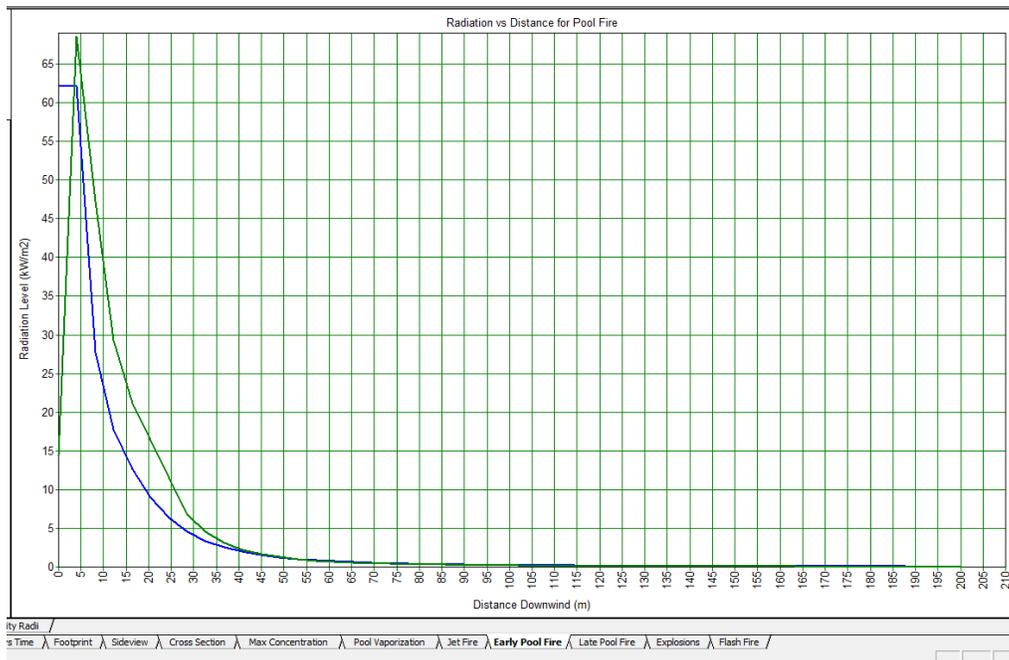


El análisis de resultados obtenido para un incendio tipo charco se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-15 Resultados de consecuencias de incendio de charco, EI.12**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	6.68 m	27.44 m	46.81 m
5 m/s Estabilidad D	9.92 m	31.5 m	47.6 m

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a generada por un incendio tipo charco.

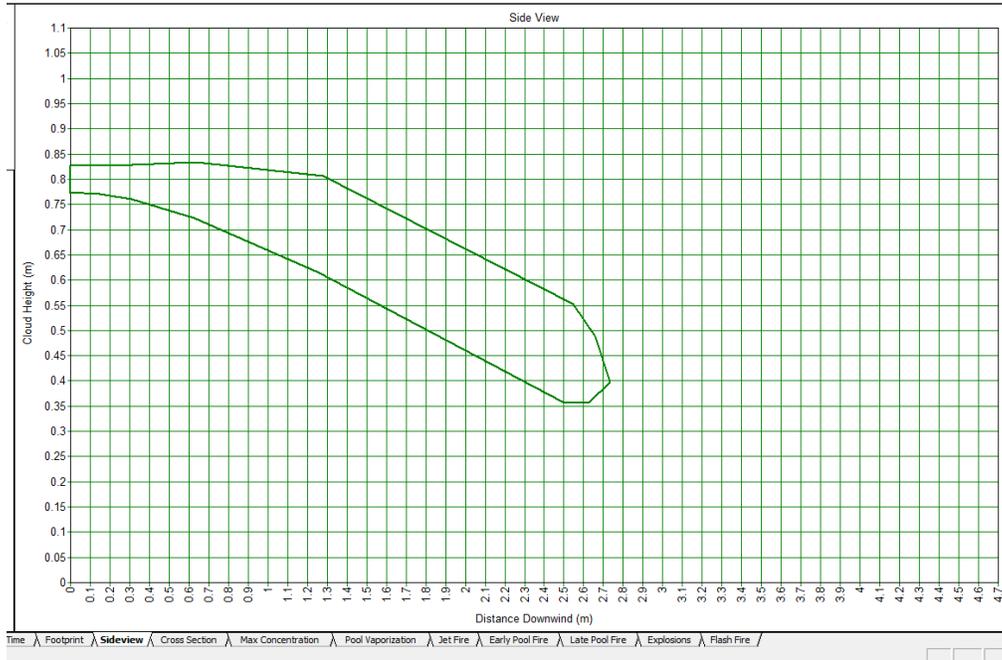


**Escenario Inicial 13: Derrame de crudo estabilizado por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de descarga de 8" de las bombas de transferencia de crudo BA-210 A/B/C, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, se considera que la fuga es de 0.75" y la altura de la fuga es de 0.8 metros.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario							
Clave: EI.13		Nombre: Derrame de crudo estabilizado por erosión y corrosión en línea de descarga de 8" de las bombas de transferencia de crudo BA-210 A/B/C				Tipo de caso <sup>1</sup> : MP	
Elaboró: YIRG		Descripción: Derrame de crudo estabilizado por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones bridadas y/o válvulas en línea de descarga de 8" de las bombas de transferencia de crudo BA-210 A/B/C, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, se considera que la fuga es de 0.75" y la altura de la fuga es de 0.8 metros.				Fecha: Agosto 2017	
Objetivo:		Determinar las afectaciones por radiación térmica				Phast 6.6	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico	
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
Presión:	3.92 bar	Temperatura:	28 °C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.
Fase de material liberado:		Vapor:		Líquido	X	Vapor y líquido	
Contenedor:	Cilindro		Esfera		Tubería	X	Otro
Alto del recipiente:	--	Diámetro de tubería:		8 in	Largo:	145 m	
Área equivalente de orificio	0.75 in		Elevación del punto de liberación:		0.8 m		
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	Hacia abajo	Golpe contra:	X	Inclinada	Angulo 45°
Tiempo estimado de liberación:		600 seg	Masa que participa		12979.28 kg		
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):				1.5 m/seg (Tipo F)			
Temperatura atmosférica:				27 °C			
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):							
Humedad atmosférica				66 %			
Tipo de suelo:							
Direcciones dominantes del viento:							
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
DA-100		TL-101 y TG-100					
VI. Estado finales de análisis							
Jet fire: X	Charco de fuego X	Incendio de nube: X	Explosión de nube: X	BLEVE /bola de fuego	Nube toxica: X		
Notas: 1		PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno; MP: Más probable					

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



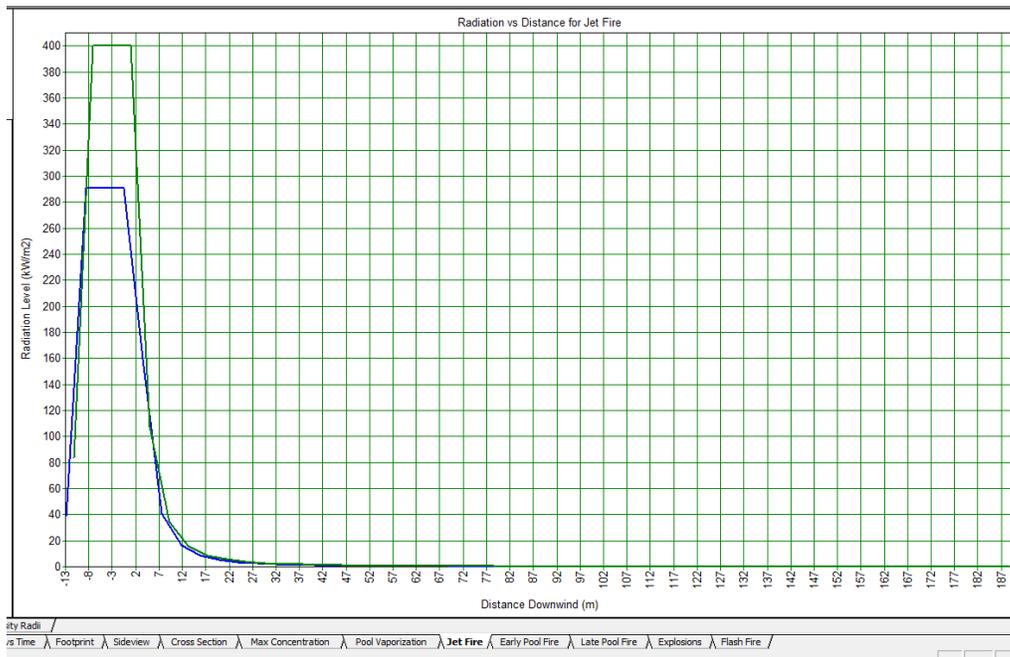
Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud pequeña ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 10.4 metros afectando al personal.

El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-16 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.13**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	10.41 m	23.14m	43.91 m
5 m/s Estabilidad D	10.45 m	25.83 m	48.45 m

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

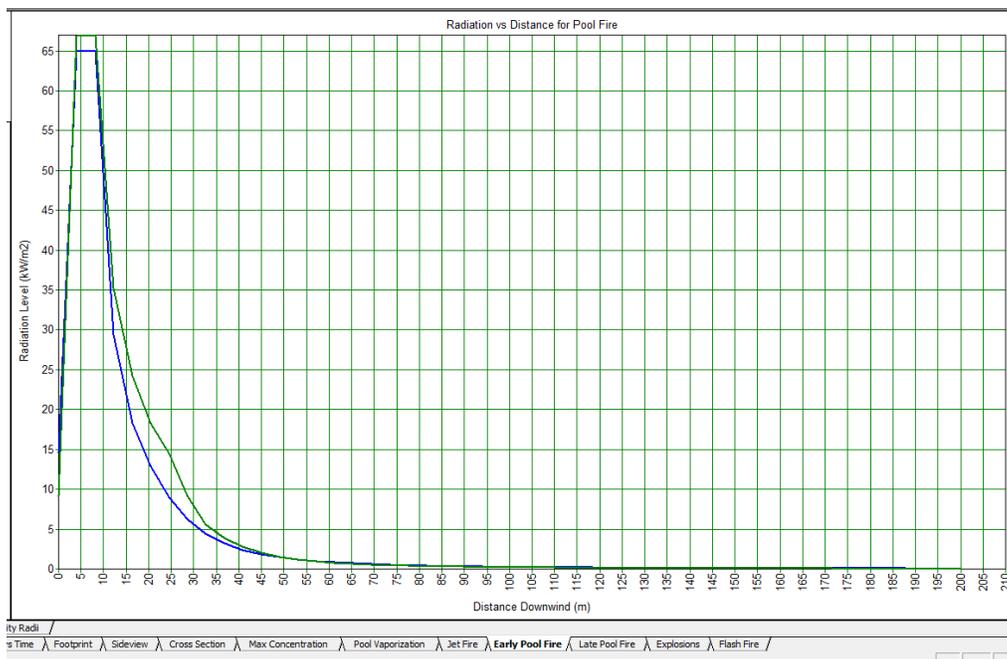


El análisis de resultados obtenido para un incendio tipo charco se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-17 Resultados de consecuencias de incendio de charco, El.13**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	10.95 m	31.23 m	49.95 m
5 m/s Estabilidad D	11.7 m	33,96 m	50.43 m

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a generada por un incendio tipo charco.

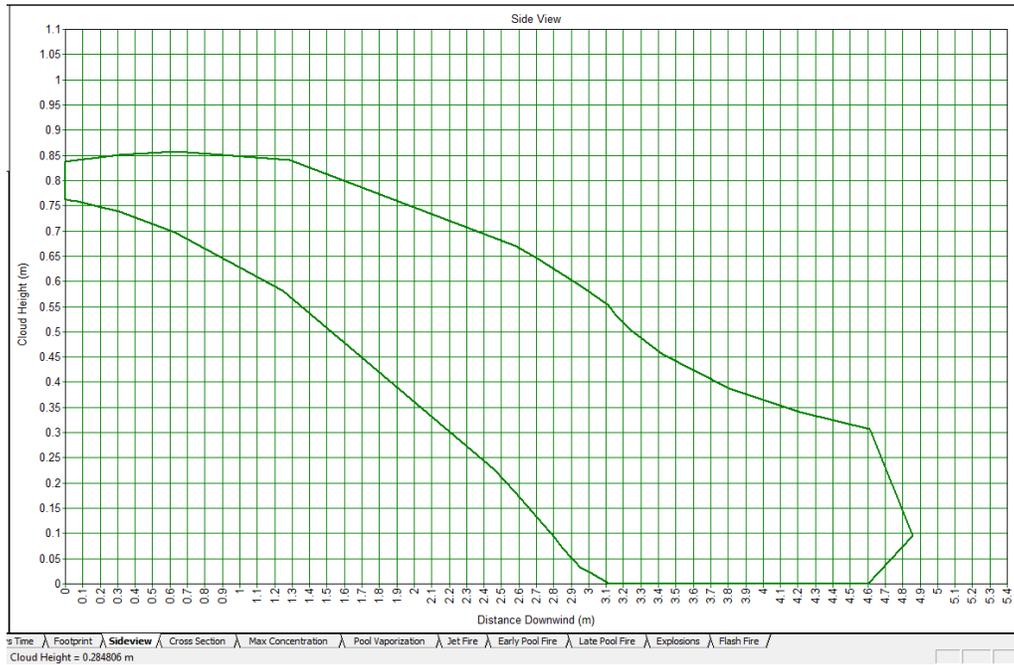


**Escenario Inicial 14: Derrame de crudo estabilizado por ruptura en línea de descarga de 8" de las bombas de transferencia de crudo BA-210 A/B/C, debido a impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, se considera que la fuga es de 1.6" y la altura de la fuga es de 0.86 metros.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario							
Clave: EI.14		Nombre: Derrame de crudo por ruptura en línea de descarga la bombas de transferencia de crudo BA-210 A/B/C				Tipo de caso <sup>1</sup> :PC	
Elaboró:YIRG		Descripción: Derrame de crudo estabilizado por ruptura en línea de descarga de 8" de las bombas de transferencia de crudo BA-210 A/B/C, debido a impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, se considera que la fuga es de 1.6" y la altura de la fuga es de 0.86 metros.				Fecha: Agosto 2017	
Objetivo:		Determinar las afectaciones por radiación térmica				Phast 6.6	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre		Composición:		% molar		% másico	
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
Presión: 3.92 bar		Temperatura: 28 °C		Estado: Vapor:		Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.
Fase de material liberado:		Vapor:		Líquido		X	Vapor y líquido
Contenedor: Cilindro		Esfera		Tubería		X	Otro
Alto del recipiente: --		Diámetro de tubería: 8 in		Largo: 145 m			
Área equivalente de orificio: 1.6 in		Elevación del punto de liberación: 0.8 m					
Dirección de fuga:		Vertical: X		Horizontal: Hacia abajo		Golpe contra: X	Inclinada Angulo 45°
Tiempo estimado de liberación: 600 seg		Masa que participa: 12979 kg					
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):				1.5 m/seg (Tipo F)			
Temperatura atmosférica:				27 °C			
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):							
Humedad atmosférica				66 %			
Tipo de suelo:							
Direcciones dominantes del viento:							
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
DA-100		TL-101 y TG-100					
VI. Estado finales de análisis							
Jet fire: X		Charco de fuego X		Incendio de nube: X		Explosión de nube: X	BLEVE /bola de fuego
Nube toxica: X							
Notas: 1		PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno; MP: Más probable					

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



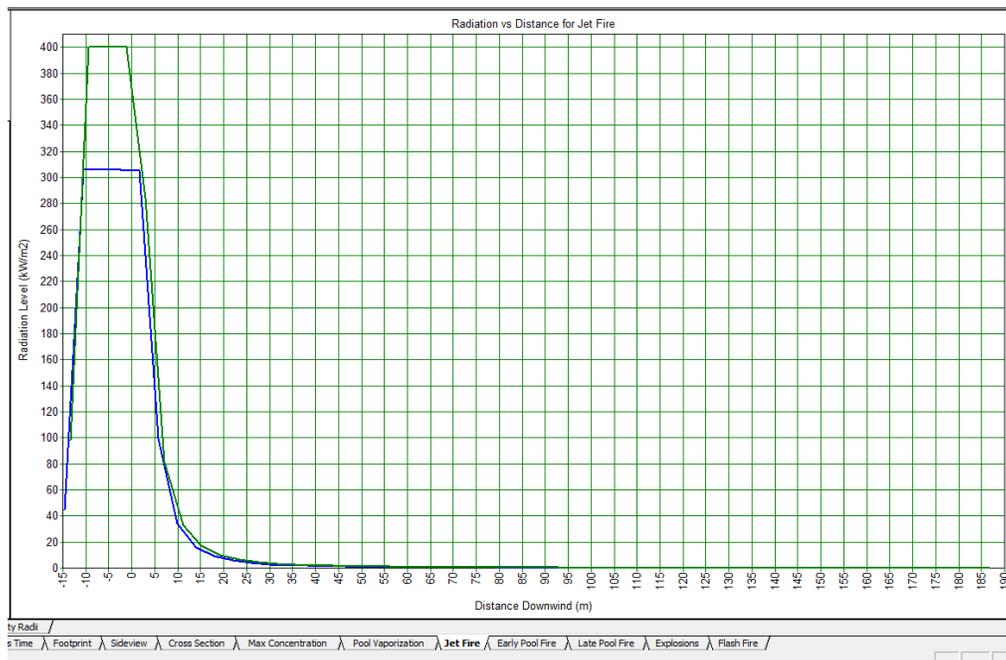
Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud pequeña ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 12 metros afectando al personal.

El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-18 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.14**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>	Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>		
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	12.14 m	27.15 m	51.41 m
5 m/s Estabilidad D	12.42 m	30.55 m	57.26

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.



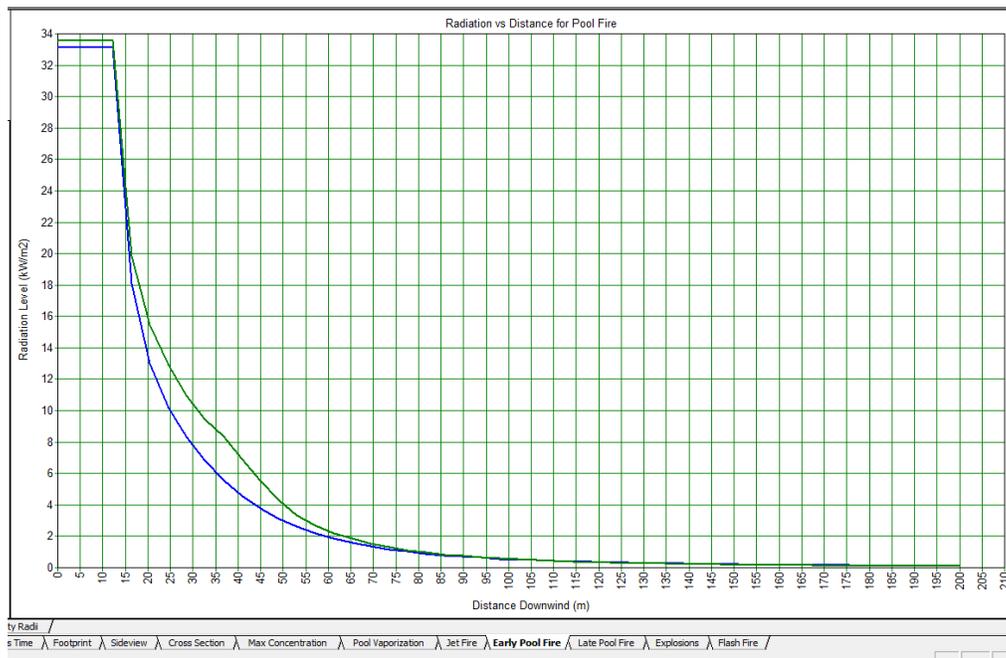
El análisis de resultados obtenido para un incendio tipo charco se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-19 Resultados de consecuencias de incendio de charco, EI.14**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Mayo 2012			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	N.D.	67.64 m	135.18
5 m/s Estabilidad D	N.D.	85.015	141.81

N.D. No detectado

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a generada por un incendio tipo charco.

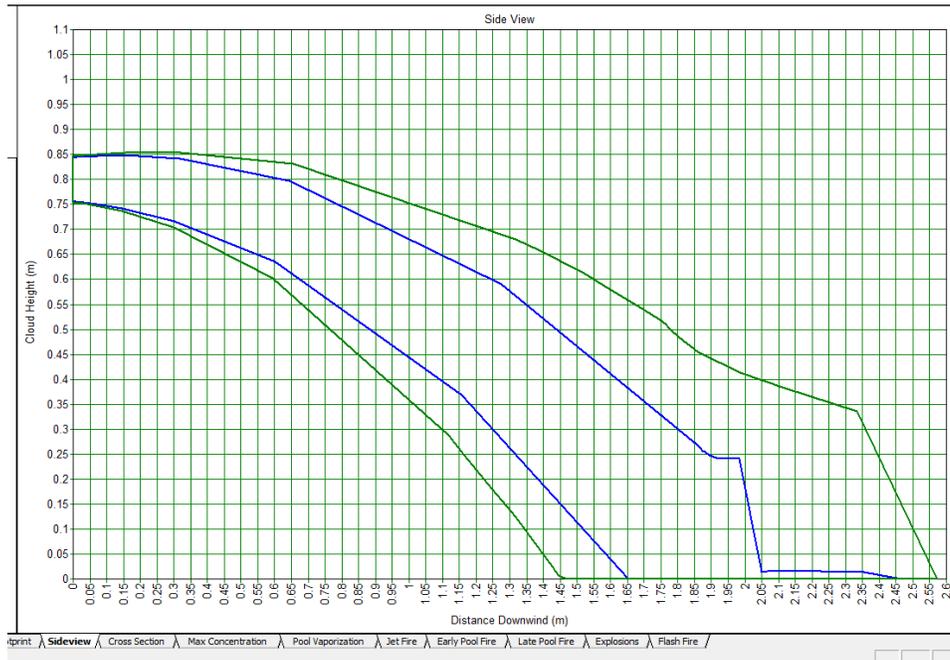


**Escenario Inicial 15: Derrame de crudo por ruptura en del tanque TV-200, debido a un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, se considera que la fuga es de 2" y la altura de la fuga es de 1 metros.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario							
Clave: EI.15		Nombre:				Tipo de caso <sup>1</sup> : PC	
Elaboró: YIRG		Descripción:				Fecha: Agosto 2017	
Objetivo:		Determinar las afectaciones por radiación térmica				Phast 6.6	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico	
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
Presión:	1.0 bar	Temperatura:	28 °C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.
Fase de material liberado:		Vapor:		Líquido	X	Vapor y líquido	
Contenedor:	Cilindro		Esfera		Tubería	X	Otro
Alto del recipiente:	--	Diámetro de tubería:			10 in	Largo:	m
Área equivalente de orificio	2 in		Elevación del punto de liberación:			1 m	
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal: X	Hacia abajo	Golpe contra: X	Inclinada	Angulo 45°	
Tiempo estimado de liberación:		600 seg	Masa que participa			1,893,239 kg	
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):				1.5 m/seg (Tipo F)			
Temperatura atmosférica:				27 °C			
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):							
Humedad atmosférica				66 %			
Tipo de suelo:							
Direcciones dominantes del viento:							
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
TV-01		TDH-01					
VI. Estado finales de análisis							
Jet fire: X	Charco de fuego X	Incendio de nube: X	Explosión de nube: X	BLEVE /bola de fuego	Nube toxica: X		
Notas: 1		PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno; MP: Más probable					

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



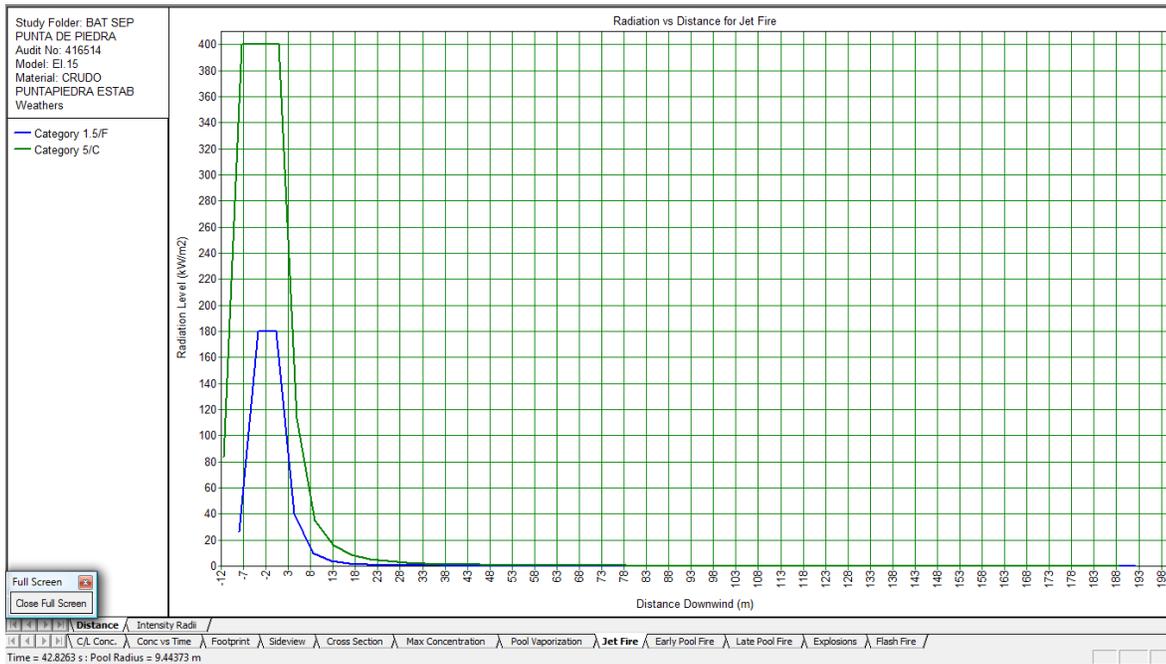
Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud baja ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 6.08 metros.

El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-20 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.15**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	6.08 m	12.55 m	23.87 m
5 m/s Estabilidad D	10.48 m	25.79 m	48.43 m

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

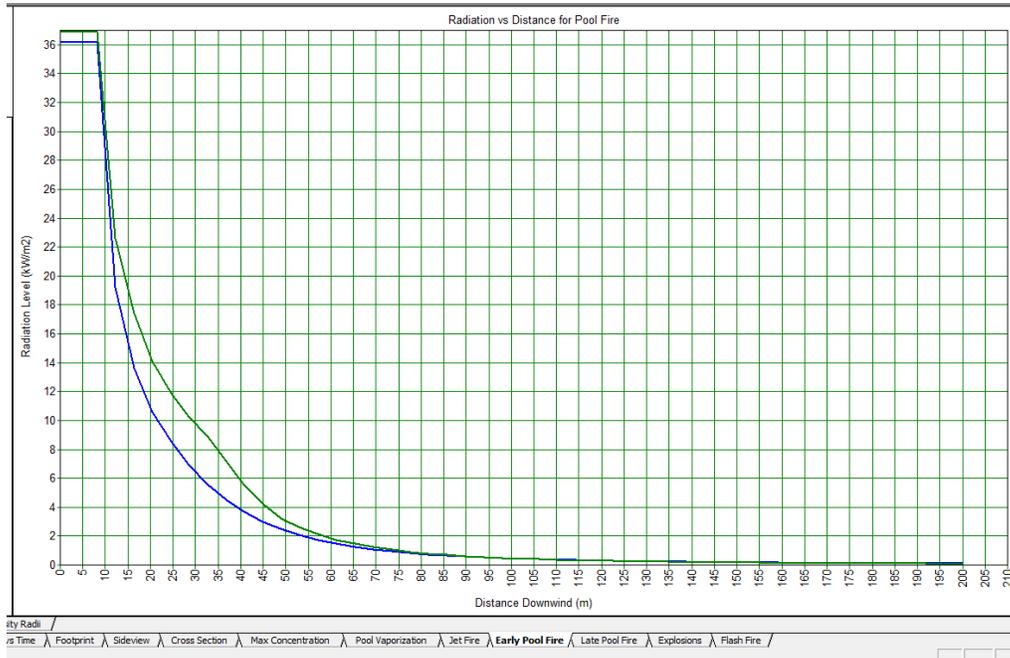


El análisis de resultados obtenido para un incendio tipo charco se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-21 Resultados de consecuencias de incendio de charco, EI.15**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	N.D.	50.47 m	103.26 m
5 m/s Estabilidad D	N.D.	67.68 m	113.22 m

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a generada por un incendio tipo charco.

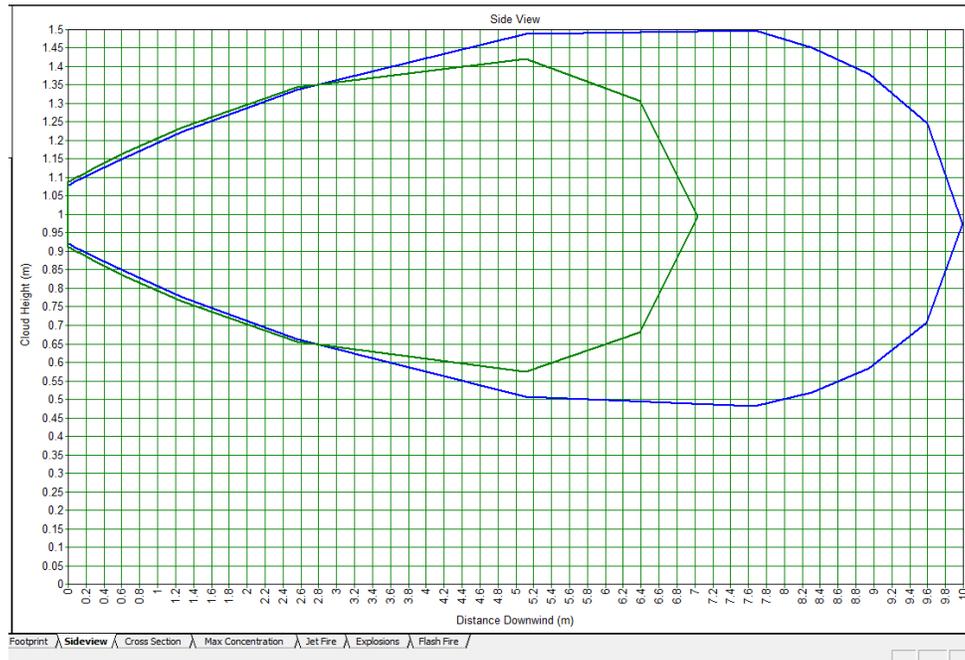


**Escenario Inicial 16: Fuga de gas en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión aguas arriba en línea de alimentación de 16" del TG-100, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, se considera que la fuga es de 1.25" y la altura de la fuga es de 1 metro.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario							
Clave: EI.16		Nombre: Fuga de gas en línea de alimentación de 16" del TG-100				Tipo de caso <sup>1</sup> : CA	
Elaboró: YIRG		Descripción: Fuga de gas en sellos o empaques y bridas de válvulas, debido a un aumento en la presión aguas arriba en línea de alimentación de 16" del TG-100, con formación de nube tóxica, inflamable y explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, se considera que la fuga es de 1.25" y la altura de la fuga es de 1 metro.				Fecha: Agosto 2017	
Objetivo:		Determinar las afectaciones por radiación térmica				Phast 6.6	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico	
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
Presión:	8.5 bar	Temperatura:	29 °C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.
Fase de material liberado:		Vapor:	X	Líquido		Vapor y líquido	
Contenedor:	Cilindro		Esfera		Tubería	X	Otro
Alto del recipiente:	--	Diámetro de tubería:			16 in	Largo:	30 m
Área equivalente de orificio	1.25 in		Elevación del punto de liberación:			1 m	
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	Hacia abajo	Golpe contra:	X	Inclinada	Angulo 45°
Tiempo estimado de liberación:		600 seg	Masa que participa			9482 kg	
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):					1.5 m/seg (Tipo F)		
Temperatura atmosférica:					27 °C		
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):							
Humedad atmosférica					66 %		
Tipo de suelo:							
Direcciones dominantes del viento:							
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
TL-101		DA-100		Unidad recuperadora de vapores			
VI. Estado finales de análisis							
Jet fire: X	Charco de fuego	Incendio de nube: X	Explosión de nube: X	BLEVE /bola de fuego	Nube toxica: X		
Notas: 1		PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno; MP: Más probable					

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



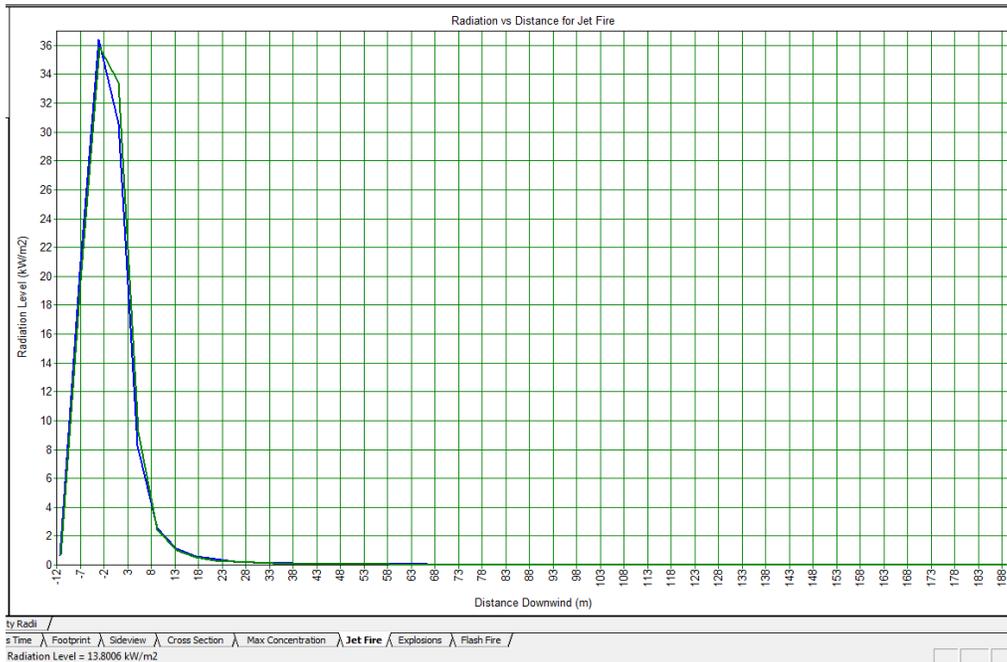
Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud baja ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 8.5 metros y solo puede afectar al personal cercano al área.

El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-22 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.16**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	N.D.	8.53 m	16.37 m
5 m/s Estabilidad D	N.D.	8.13 m	15.93 m

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

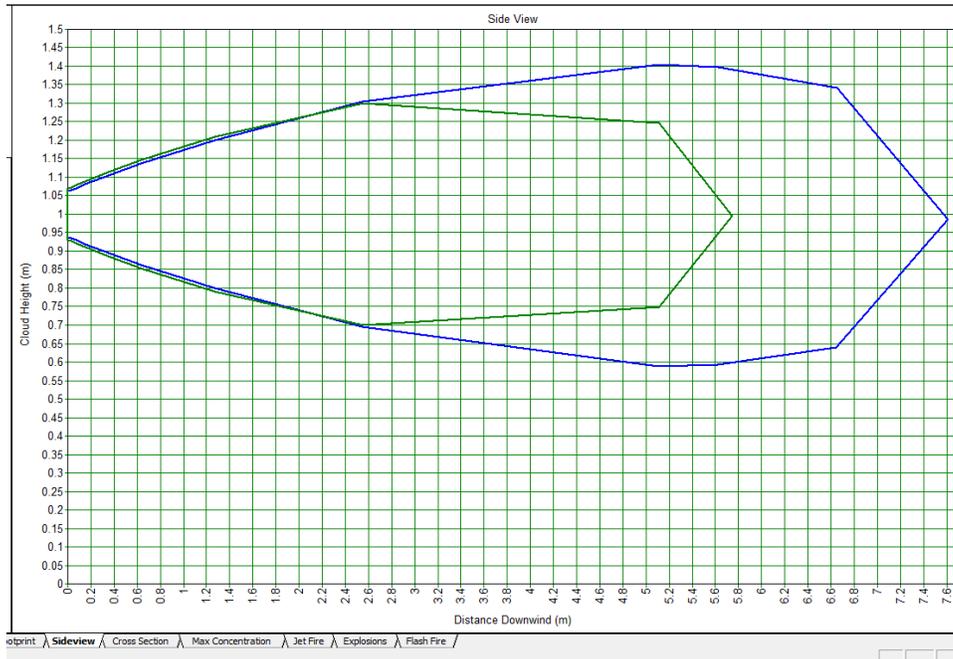


**Escenario Inicial 17: Fuga de gas por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones soldadas y/o válvulas en línea de alimentación de 16" del TG-100, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, se considera que la fuga es de 1.25" y la altura de la fuga es de 1 metro.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario									
Clave: EI.17		Nombre: Fuga de gas por erosión y corrosión interna y/o externa en línea de alimentación de 16" del TG-100.					Tipo de caso <sup>1</sup> :MP		
Elaboró: YIRG		Descripción: Fuga de gas por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones soldadas y/o válvulas en línea de alimentación de 16" del TG-100, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, se considera que la fuga es de 1.25" y la altura de la fuga es de 1 metro					Fecha: Agosto 2017		
Objetivo:		Determinar las afectaciones por radiación térmica					Phast 6.6		
II. Sustancias Involucradas									
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico			
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.									
Presión:	4.9 bar	Temperatura:	29 °C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.		
Fase de material liberado:		Vapor:	X	Líquido	Vapor y líquido				
Contenedor:	Cilindro	Esfera		Tubería	X	Otro			
Alto del recipiente:	--	Diámetro de tubería:			16 in	Largo:	30 m		
Área equivalente de orificio	1.25 in		Elevación del punto de liberación:			1 m			
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	Hacia abajo	Golpe contra:	X	Inclinada	Angulo 45°		
Tiempo estimado de liberación:		600 seg	Masa que participa			9483 kg			
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno									
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):					1.5 m/seg (Tipo F)				
Temperatura atmosférica:					27 °C				
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):									
Humedad atmosférica					66 %				
Tipo de suelo:									
Direcciones dominantes del viento:									
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)									
Sitio 1		Sitio 2			Sitio 3		Sitio 4		
TL-101		DA-100			Unidad Recuperadora de vapores				
VI. Estado finales de análisis									
Jet fire: X	Charco de fuego	Incendio de nube: X	Explosión de nube: X		BLEVE /bola de fuego	Nube toxica: X			
Notas: 1		PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno; MP: Más probable							

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud baja ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 5.94 metros con posible daño hacia el personal cercano al área inmediata del equipo.

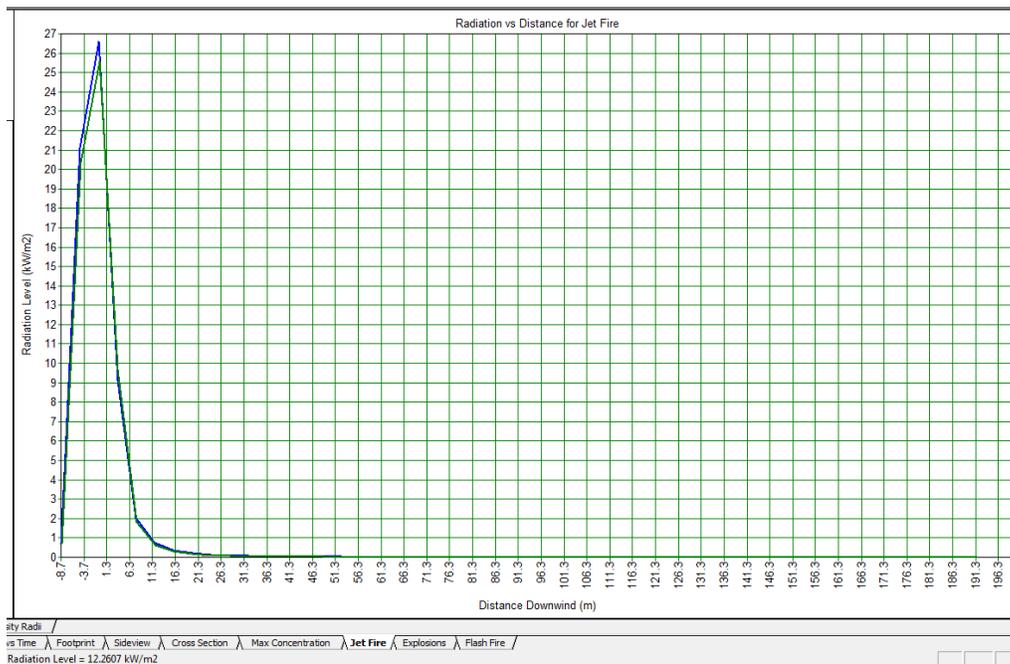
El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-23 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.17**

Organismo: <b>Óleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	N.D.	5.94 m	11.8 m
5 m/s Estabilidad D	N.D.	5.78 m	11.3 m

N.D. No Detectado.

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

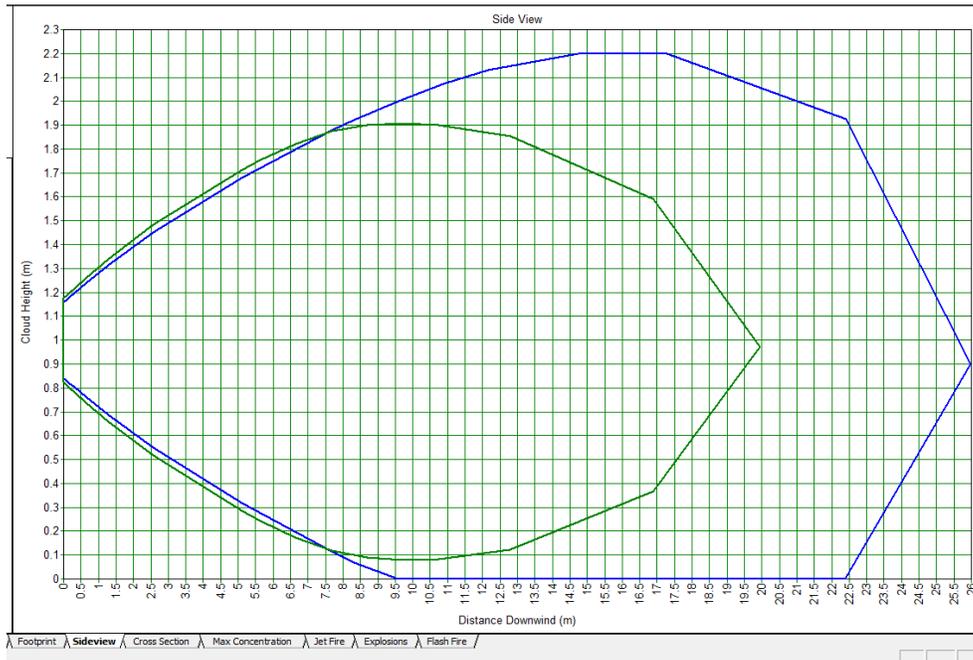


**Escenario Inicial 18: Incendio y/o formación de nube inflamable y/o explosiva por la presencia de gas, debido a ruptura por un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo en la línea de alimentación de 16" del TG-100 con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente., se considera que la fuga es de 3.2" y la altura de la fuga es de 1 metro.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario							
Clave: EI.18		Nombre: Ruptura por un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo en la línea de alimentación de 16" del TG-100				Tipo de caso <sup>1</sup> :PC	
Elaboró: YIRG		Descripción: Incendio y/o formación de nube inflamable y/o explosiva por la presencia de gas, debido a ruptura por un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo en la línea de alimentación de 16" del TG-100 con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente., se considera que la fuga es de 3.2" y la altura de la fuga es de 1 metro.				Fecha: Agosto 2017	
Objetivo:		Determinar las afectaciones por radiación térmica				Phast 6.6	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico	
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
Presión:	4.9 bar	Temperatura:	29 °C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.
Fase de material liberado:		Vapor:	X	Líquido		Vapor y líquido	
Contenedor:	Cilindro		Esfera		Tubería	X	Otro
Alto del recipiente:	--	Diámetro de tubería:			16 in	Largo:	30 m
Área equivalente de orificio	3.2 in		Elevación del punto de liberación:			1 m	
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	Hacia abajo	Golpe contra:	X	Inclinada	Angulo 45°
Tiempo estimado de liberación:		600 seg	Masa que participa			9482 kg	
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):					1.5 m/seg (Tipo F)		
Temperatura atmosférica:					27 °C		
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):							
Humedad atmosférica					66 %		
Tipo de suelo:							
Direcciones dominantes del viento:							
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
TL-101		DA-100		Unidad recuperadora de vapores			
VI. Estado finales de análisis							
Jet fire: X	Charco de fuego	Incendio de nube: X	Explosión de nube: X	BLEVE /bola de fuego	Nube toxica: X		
Notas: 1		PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno; MP: Más probable					

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



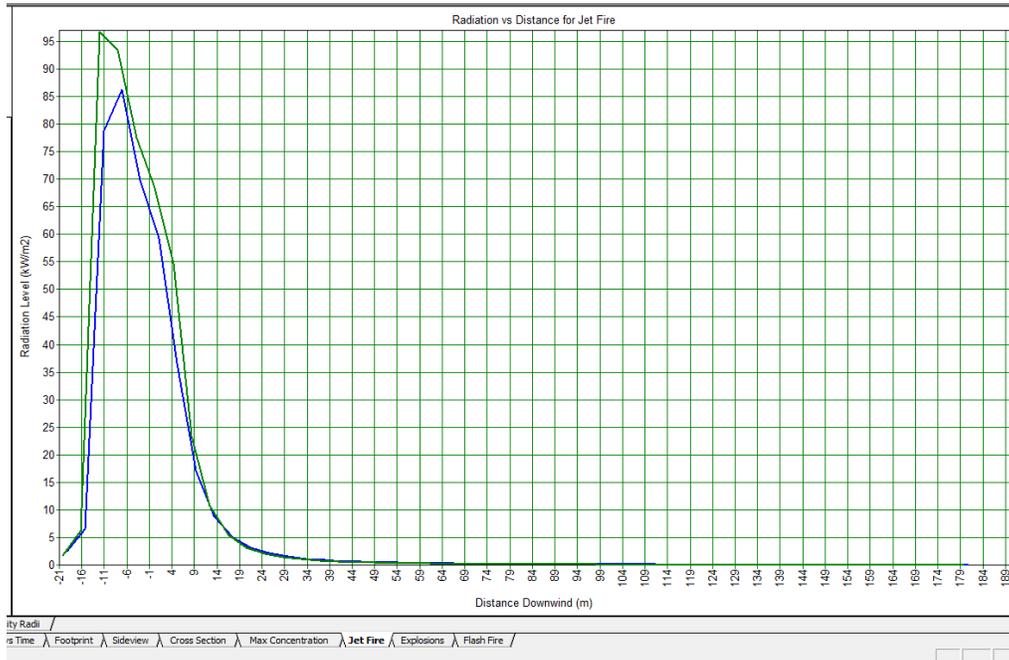
Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud baja ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 6.08 metros.

El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-24 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.18**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	8.77 m	20.75 m	39.2 m
5 m/s Estabilidad D	9.67 m	20.57	38.6

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

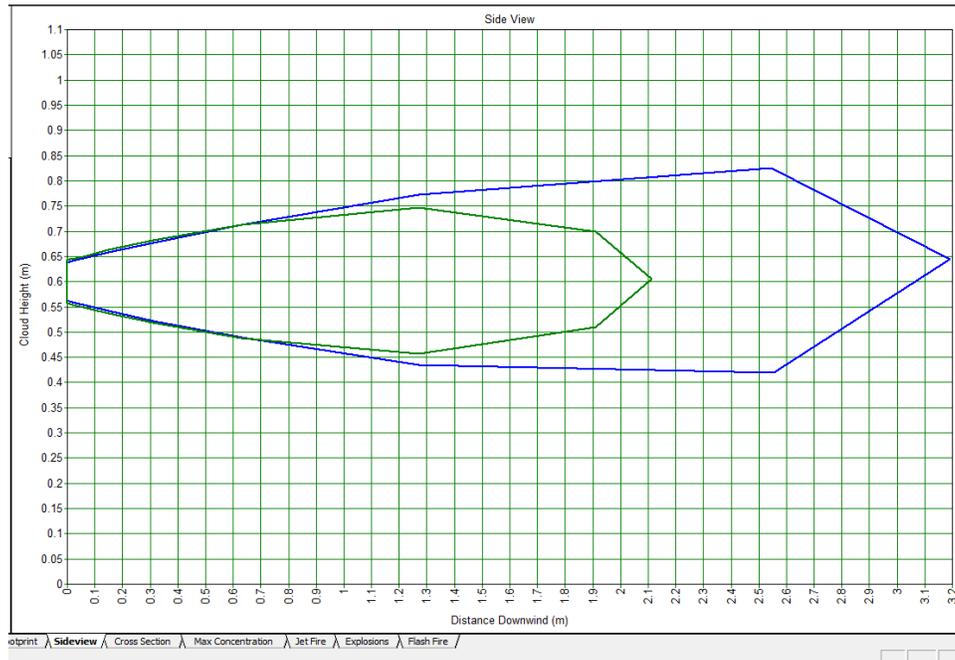


**Escenario Inicial 19: Fuga de gas por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones soldadas y/o válvulas en línea de alimentación de 16" del FA-700, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, se considera que la fuga es de 1.25" y la altura de la fuga es de 0.6 metros.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario							
Clave: EI.19		Nombre: Fuga de gas por erosión y corrosión interna y/o externa en línea de alimentación de 16" del FA-700.				Tipo de caso <sup>1</sup> :MP	
Elaboró: YIRG		Descripción: Fuga de gas por erosión y corrosión interna y/o externa o por falla en hermeticidad de uniones soldadas y/o válvulas en línea de alimentación de 16" del FA-700, con formación de nube tóxica, inflamable y/o explosiva, con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, se considera que la fuga es de 1.25" y la altura de la fuga es de 0.6 metros.				Fecha: Agosto 2017	
Objetivo:		Determinar las afectaciones por radiación térmica				Phast 6.6	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico	
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
Presión:	0.1 bar	Temperatura:	29 °C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.
Fase de material liberado:		Vapor:	X	Líquido		Vapor y líquido	
Contenedor:	Cilindro		Esfera		Tubería	X	Otro
Alto del recipiente:	--	Diámetro de tubería:			16 in	Largo:	160 m
Área equivalente de orificio	1.25 in		Elevación del punto de liberación:			0.6 m	
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	Hacia abajo	Golpe contra:	X	Inclinada	Angulo 45°
Tiempo estimado de liberación:		60 seg		Masa que participa		6760 kg	
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):				1.5 m/seg (Tipo F)			
Temperatura atmosférica:				27 °C			
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):							
Humedad atmosférica				66 %			
Tipo de suelo:							
Direcciones dominantes del viento:							
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
BA-700 A/B							
VI. Estado finales de análisis							
Jet fire: X	Charco de fuego	Incendio de nube: X	Explosión de nube: X	BLEVE /bola de fuego	Nube toxica: X		
Notas: 1		PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno; MP: Más probable					

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud baja ya que la longitud de la flama calculada es de aproximadamente 1.6 metros.

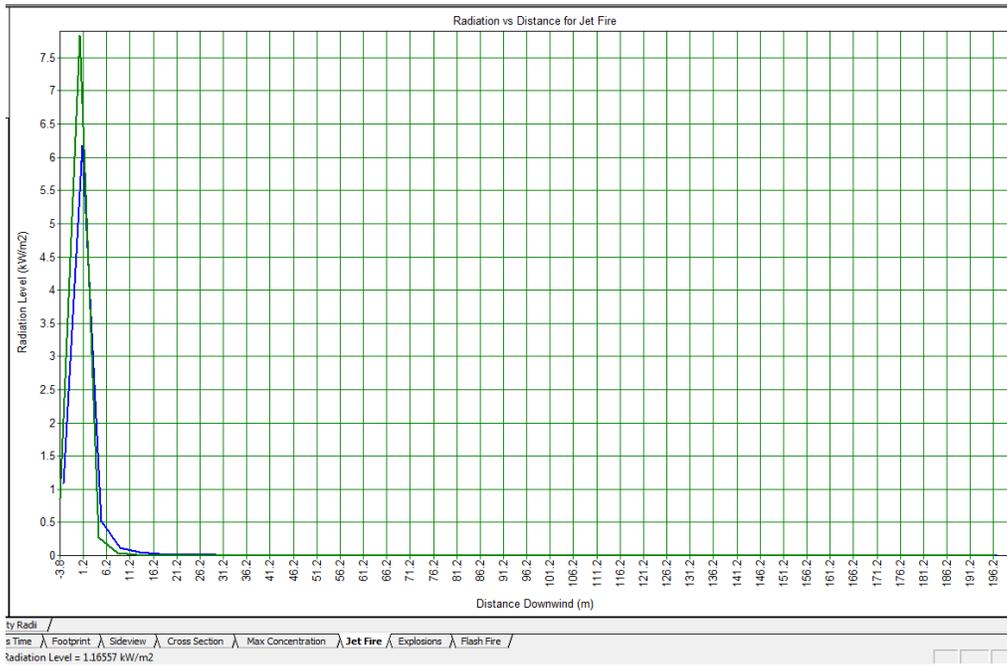
El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-25 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.19**

Organismo: <b>Oleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	N.D.	1.6 m	3.2 m
5 m/s Estabilidad D	N.D.	1.8 m	3.2 m

N.D. No Detectado.

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.

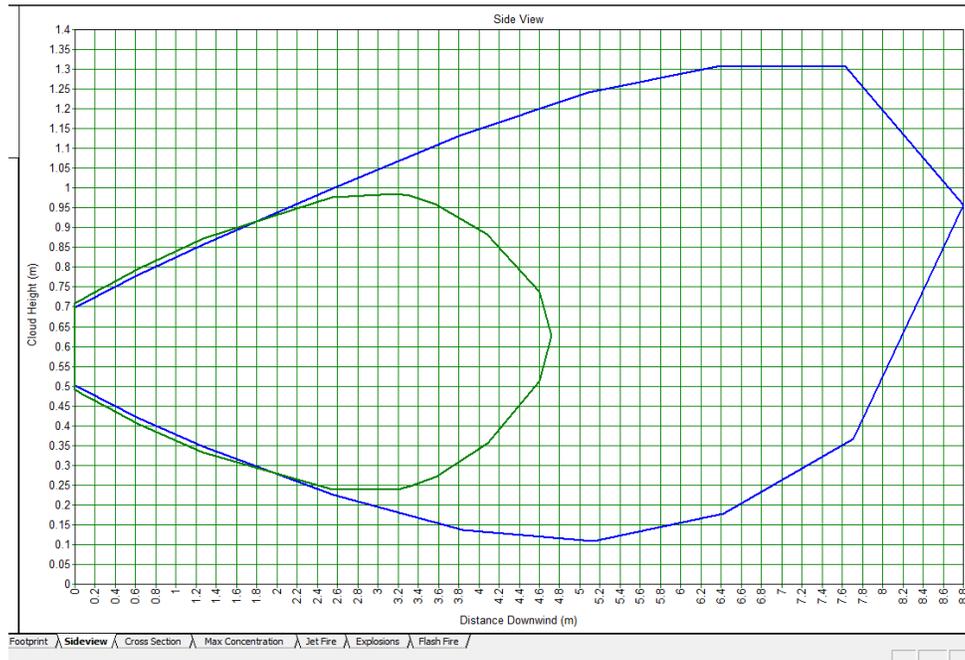


**Escenario Inicial 20: Incendio y/o formación de nube inflamable y/o explosiva por la presencia de gas, debido a la ruptura por un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo en la línea de alimentación de 16" del FA-700 con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, se considera que la fuga es de 3.2" y la altura de la fuga es de 0.6 metros.**

Las consecuencias se calcularon empleando el programa PHAST 6,6, y las salidas de los modelos, así como los diagramas de pétalos se encuentran en el Anexo E.

I. Datos del Escenario							
Clave: EI.20		Nombre: Ruptura por un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo en la línea de alimentación de 16" del FA-700				Tipo de caso <sup>1</sup> :PC	
Elaboró: YIRG		Descripción: Incendio y/o formación de nube inflamable y/o explosiva por la presencia de gas, debido a la ruptura por un impacto externo, sabotaje y/o terrorismo en la línea de alimentación de 16" del FA-700 con daño al personal, a la instalación y al medio ambiente, se considera que la fuga es de 3.2" y la altura de la fuga es de 0.6 metros.				Fecha: Agosto 2017	
Objetivo:		Determinar las afectaciones por radiación térmica				Phast 6.6	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico	
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
Presión:	0.1 bar	Temperatura:	29 °C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.X	Líquido arriba de su p.e.
Fase de material liberado:		Vapor:	X	Líquido		Vapor y líquido	
Contenedor:	Cilindro		Esfera		Tubería	X	Otro
Alto del recipiente:	--	Diámetro de tubería:			16 in	Largo:	160 m
Área equivalente de orificio	3.2 in		Elevación del punto de liberación:			0.6 m	
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	Hacia abajo	Golpe contra:	Inclinada	Angulo 45°	
Tiempo estimado de liberación:		60 seg	Masa que participa			6760 kg	
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
Pares (velocidad del viento, y estabilidad atmosférica):					1.5 m/seg (Tipo F)		
Temperatura atmosférica:					27 °C		
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):							
Humedad atmosférica					66 %		
Tipo de suelo:							
Direcciones dominantes del viento:							
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
BA-700 A/B							
VI. Estado finales de análisis							
Jet fire: X	Charco de fuego	Incendio de nube: X	Explosión de nube: X	BLEVE /bola de fuego	Nube toxica: X		
Notas: 1		PC=n Peor caso; CA= Caso Alterno; MP: Más probable					

De los resultados obtenidos a través del modelo se desprende la siguiente gráfica:



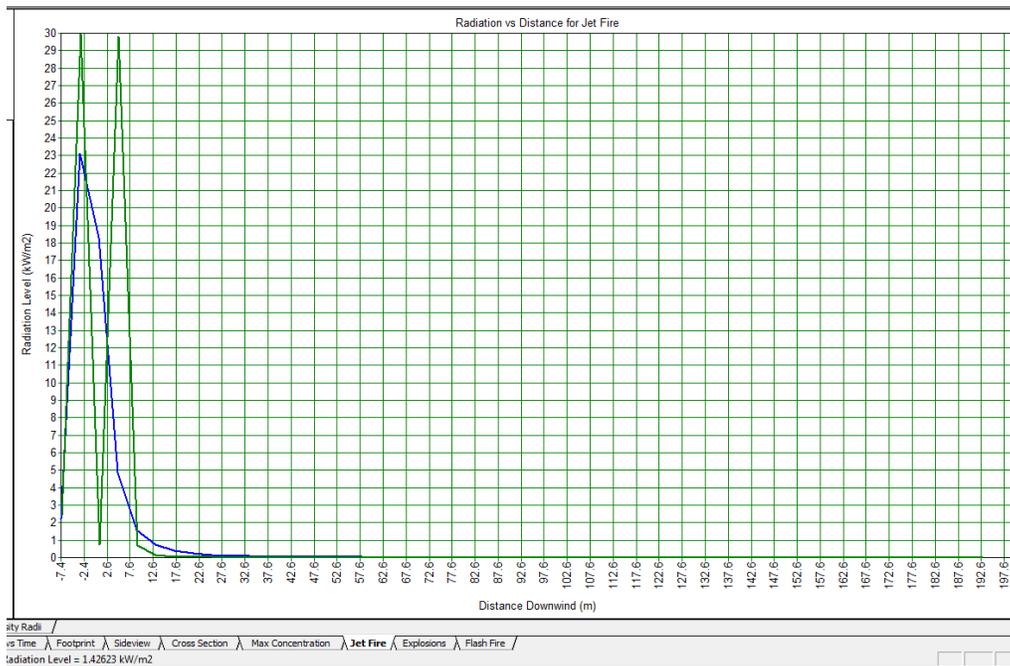
Para el caso de un evento de incendio de dardo y en relación a los resultados obtenidos por el simulador Phast el cual estima que a las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento, las consecuencias de este tipo de incendio será de magnitud pequeñas ya que la longitud de la flama calculada es de 5.8 metros.

El análisis de resultados obtenido se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla II.1.3-26 Resultados de consecuencias de incendio de dardo, EI.20**

Organismo: <b>Óleum del Norte</b>		Centro de Trabajo: <b>Campo la Laja</b>	
Planta o área de trabajo: <b>Campo Petrolero la Laja</b>			
Fecha: Agosto 2017			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
	37.5	5.0	1.4
1.5 m/s, Estabilidad F	N.D.	5.85 m	11.57 m
5 m/s Estabilidad D	N.D.	6.55 m	8.67 m

El grafico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet FIRE.



## II.2 INTERACCIONES DE RIESGO

Diagrama de pétalos Ver Anexo E.

## II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

Derivado de los resultados de la evaluación del análisis de consecuencias y de acuerdo a los resultados con valores de radiación de 37.5 Kw, se puede observar en los diagramas de pétalos que no se tienen afectaciones fuera de la instalación ni daño al sistema ambiental.

### III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL

#### III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO – OPERATIVAS

A continuación se muestran las recomendaciones resultantes de la aplicación de la metodología para la identificación de riesgos

Para mayor referencia dentro del **Anexo D** se encuentran las hojas de trabajo de la aplicación de la técnica HazOp.

##### III.1.1 Sistemas de seguridad

- Se contará con Sistema de Control Distribuido (SCD) para el monitoreo de las principales variables del proceso.
- Sistema de Protección Contra Incendio
- Especificaciones Técnicas del Sistema de Protección Contra Incendio
- Sistema de Detección de Gas y Fuego

### III.1.2 Medidas preventivas

- **Programas de mantenimiento.** Se tendrán programas de mantenimiento preventivo para todos los equipos del “**Campo Petrolero La Laja**”, y sus accesorios del proyecto.
- **Plan de emergencias.** El licitante ganador tendrá un manual de administración ambiental, que contemplará planes y procedimientos para la prevención de accidentes, atención de emergencias y restauración de zonas afectadas. Se prevé que en el manual de administración ambiental estén incluidos los siguientes documentos:
  - **Plan de emergencia** para derrame de químicos.
  - **Programa de capacitación.** Se prevé que el “**Campo Petrolero La Laja**” cuente con un programa de capacitación en materia de seguridad e higiene para todo el personal del campo.
  - **Programa de Prevención de Accidentes.** Se actualizara el PPA y del ERA, este plan prevé que el campo cuente con la formación de brigadas contraincendios, brigadas de primeros auxilios, y programas de capacitación, procedimientos de atención a emergencias

## IV. RESUMEN

### IV.1 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

El presente Estudio de Riesgo en su modalidad Análisis de Riesgo, se ha realizado conforme a la guía de SEMARNAT “GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO MODALIDAD ANALISIS DE RIESGO” y tomando como base los lineamientos establecidos por PEMEX (como referencia bibliográfica).

Para la elaboración del presente documento, se consideró la información de ingeniería de diseño de los sistemas involucrados para el proyecto **“ÁREA CONTRACTUAL 10 CAMPO LA LAJA”, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE OZULUAMA DE MASCAREÑAS, ESTADO DE VERACRUZ**”, como son: Los diagramas de flujo y los diagramas de tubería e instrumentación (DTI’s), la información descriptiva del proceso y de los diversos servicios del proceso, así como del plano de localización de la instalación.

Se realizó el análisis de identificación de peligros utilizando las metodologías HAZOP, y realizando a su vez, la jerarquización de riesgos en base a la matriz de riesgos del procedimiento de la empresa del estado PEMEX con clave GO-SS-TC-0002-2015. De la jerarquización realizada se determinaron los eventos con nivel de riesgo ALARP o de Riesgo no Tolerable, determinando posibles escenarios hipotéticos de riesgo y determinando sus potenciales radios de afectación mediante el programa de Simulación Phast ver. 6.6

De la evaluación de consecuencias se encontraron eventos que podrían causar daños al interior, sin embargo en el presente estudio se han analizado los parámetros de del proyecto; a su vez, se han mencionado los sistemas de control y de emergencia con que contará para evitar o minimizar eventos no deseados en la instalación.

La instalación cuenta los elementos de control necesarios para evitar, minimizar e incluso mitigar los eventos de riesgo identificados en el presente estudio, por lo que se considera que el proyecto **“ÁREA CONTRACTUAL 10 CAMPO LA LAJA”, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE OZULUAMA DE MASCAREÑAS, ESTADO DE VERACRUZ**” será una instalación segura, llevando a cabo el cumplimiento de las recomendaciones presentadas así como, siguiendo los estándares y normas de diseño presentados en la ingeniería de diseño y una vez en la puesta en marcha y operación se lleven a cabo los programas de capacitación y de mantenimiento preventivo respectivos.

Es necesario poner énfasis en los programas de mantenimiento preventivo y correctivo, así como en los procedimientos de capacitación del personal operativo de la instalación, así como contar y/o actualizar los programas de Prevención de

Accidentes y con los Programas de Protección Civil que sean requeridos por las autoridades respectivas.

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

Con base en la ingeniería del proyecto, se identificaron los riesgos inherentes al manejo de las sustancias consideradas peligrosas. La ingeniería contempla la observancia y aplicación de diferentes normas y códigos de diseño, construcción y pruebas. Asimismo, contempla las medidas de seguridad, los sistemas y dispositivos para prevenir riesgos. Los resultados del estudio indican que derivado de la operación del **“ÁREA CONTRACTUAL 10 CAMPO LA LAJA”, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE OZULUAMA DE MASCAREÑAS, ESTADO DE VERACRUZ**”, no existiría una concatenación de eventos con respecto a los analizados.

Cabe señalar que la operación del **“ÁREA CONTRACTUAL 10 CAMPO LA LAJA”, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE OZULUAMA DE MASCAREÑAS, ESTADO DE VERACRUZ**” origina eventos de pérdida de contención que no rebasan el límite del predio, por lo que se deberán de considerar procedimientos y medidas preventivo - correctivas a nivel interno, mediante la Elaboración y aplicación del Programa de Prevención de Accidentes.

El proyecto contará con los sistemas de seguridad necesarios para la correcta operación de los sistemas principales del proyecto, lo que coadyuvará en reducir las posibles consecuencias de eventos indeseados y hacen una instalación más segura.

Cabe señalar que los eventos potenciales son sobreestimados y se cuenta con los sistemas de control y de seguridad requeridos por el diseño basado en normas nacionales como internacionales del sistema de manejo de sustancias peligrosas, por la probabilidad de ocurrencia de eventos indeseados se ve minimizado.

Sin embargo, es necesario poner énfasis en los programas de mantenimiento preventivo y correctivo, así como en los procedimientos de capacitación del personal operativo de la instalación, así como contar y/o actualizar los programas de Prevención de Accidentes y con los Programas de Protección Civil que sean requeridos por las autoridades respectivas.

### IV.3 INFORME TÉCNICO

Tabla IV.3- 1 sustancias involucradas

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)*	No. CAS**	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Flujo (l/seg)	Longitud de la tubería (km)	Diámetro de la tubería (cm)	operación (kg/cm Presión de 2)	Espesor (mm)	Descripción de la Trayectoria
Gas metano (Natural)	74-82-8	0,194	--	--	2	4.2/4.06	--	-

Tabla IV.3- 2 sustancias involucradas

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)*	No. CAS**	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Flujo (l/seg)	Longitud de la tubería (km)	Diámetro de la tubería (cm)	operación (kg/cm Presión de 2)	Espesor (mm)	Descripción de la Trayectoria
Gas Sulfhídrico	7783-06-4	0.136	--	--	20.32	0.1/0.1		

Tabla IV.3- 3 sustancias involucradas

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)*	No. CAS**	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Flujo (l/seg)	Longitud de la tubería (km)	Diámetro de la tubería (cm)	operación (kg/cm Presión de 2)	Espesor (mm)	Descripción de la Trayectoria
MSDS Crudo	-	0,978			25.4	2/1.96		

**Tabla IV.3- 4 Antecedentes de Accidentes e incidentes**

Año	Ciudad	Instalación	Substancias involucradas	Evento	Causa	Nivel de Afectación (componentes Ambientales afectados)	Acciones para realizar su atención
NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

**No se tiene registros de accidentes de este tipo**

**Tabla IV.3- 5 Identificación y jerarquización de Riesgos**

No. Falla	No. De Evento	Falla	Accidente Hipotético					Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente Ambiental Afectado
			Fuga	Derrame	incendio	Explosión	Unidad de Tiempo		
1	EI.01	cierre de válvula reguladora de presión	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
2	EI.02	Golpe externo	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
3	EI.03	Golpe externo	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
4	EI.04	Golpe externo	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
5	EI.05	Fuego externo	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
6	EI.06	Falla lazo de control	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
7	EI.07	Fuga por erosión y corrosión	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno

8	EI.08	Ruptura de línea de alimentación	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
9	EI.09	Fuego externo	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
10	EI.10	Ruptura de línea de alimentación	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
11	EI.11	Ruptura de línea de alimentación	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
12	EI.12	Fuego externo	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
13	EI.13	Ruptura de línea de alimentación	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
14	EI.14	Ruptura de línea de alimentación	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
15	EI.15	Ruptura de línea de alimentación	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
16	EI.16	Fuga de gas	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
17	EI.17	Ruptura de línea de alimentación	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
18	EI.18	Explosión por fuga	X		X	X	600 seg	HazOp	Ninguno
19	EI.19	Ruptura de línea de alimentación	X		X	X	60 seg	HazOp	Ninguno
20	EI.20	Explosión por fuga	X		X	X	60 seg	HazOp	Ninguno

Tabla IV.3- 6 Estimación de Consecuencias

No. Falla	No. De Evento	Tipo de Liberación		Cantidad hipotética liberada		Estado Físico	Efectos Potenciales					Programa De Simulación Empleado	Zona de Alto Riesgo	
		Masiva	Continua	Cantidad	Unidad		C	G	S	R	N		1.5 m/s	1.5 m/s
													Distancia (m) (Jet Fire 37.5 Kw)	Distancia (m) (Sob lb/in <sup>2</sup> )
1	EI.01		x	227.1	Kg	Gaseoso						Phast 6.6	34.32	No Alcanzado
2	EI.02		x	16832	Kg	Gaseoso						Phast 6.6	73.06	No Alcanzado
3	EI.03		x	16832	Kg	Gaseoso						Phast 6.6	22.15	No Alcanzado
4	EI.04		x	16832	Kg	Líquido						Phast 6.6	73	No Alcanzado
5	EI.05		x	16832	Kg	Líquido						Phast 6.6	78	No Alcanzado
6	EI.06		x	12193.14	Kg	Líquido						Phast 6.6	42.94	No Alcanzado
7	EI.07		x	12193.14	Kg	Gaseoso						Phast 6.6	22.10	No Alcanzado
8	EI.08		x	12193.14	Kg	Gaseoso						Phast 6.6	22.10	No Alcanzado
9	EI.09		x	12193.14	Kg	Líquido						Phast 6.6	45.65	No Alcanzado
10	EI.10		x	13097	Kg	Líquido						Phast 6.6	8.4	No Alcanzado
11	EI.11		x	13097	Kg	Líquido						Phast 6.6	6.95	No Alcanzado

12	EI.12		x	13097	Kg	Liquido							Phast 6.6	10.22	No Alcanzado
13	EI.13		x	19979.28	Kg	Liquido							Phast 6.6	10.41	No Alcanzado
14	EI.14		x	12979	Kg	Liquido							Phast 6.6	12.14	No Alcanzado
15	EI.15		x	1,893,239	Kg	Liquido							Phast 6.6	6.08	No Alcanzado
16	EI.16		x	9482	Kg	Gaseoso							Phast 6.6	N.D.	No Alcanzado
17	EI.17		x	9483	Kg	Gaseoso							Phast 6.6	N.D.	No Alcanzado
18	EI.18		x	9482	Kg	Gaseoso							Phast 6.6	8.77	No Alcanzado
19	EI.19		x	6760	Kg	Gaseoso							Phast 6.6	N.D.	No Alcanzado
20	EI.20		x	6760	Kg	Gaseoso							Phast 6.6	N.D.	No Alcanzado

Tabla IV.3- 7 Criterios Utilizados

No. Falla	No. De Evento	Toxicidad				Explosividad		Radiación Térmica		Otros Criterios
		IDLH	TLV <sub>8</sub>	Velocidad del Viento	Estabilidad Atmosférica					
1	EI.01	No Aplica		1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
2	EI.02	No Aplica		1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
3	EI.03	No Aplica		1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
4	EI.04	No Aplica		1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
5	EI.05	No Aplica		1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
6	EI.06	No Aplica		1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
7	EI.07	No Aplica		1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
8	EI.08	No Aplica		1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
9	EI.09	No Aplica		1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
10	EI.10	No Aplica		1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
11	EI.11	No Aplica		1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	

12	EI.12	No Aplica	1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
13	EI.13	No Aplica	1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
14	EI.14	No Aplica	1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
15	EI.15	No Aplica	1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
16	EI.16	No Aplica	1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
17	EI.17	No Aplica	1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
18	EI.18	No Aplica	1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
19	EI.19	No Aplica	1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	
20	EI.20	No Aplica	1.5 m/s	D	0.5 lb/in <sup>2</sup>	1.0 lb/in <sup>2</sup>	1.4 kw/m <sup>2</sup>	5.0 kw/m <sup>2</sup>	

## **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**

Dentro del Anexo A se muestran Los planos de localización del proyecto

#### **V.1.2 Fotografías**

Se incluye fotografía del sitio dentro del documento y dentro del reporte de la Manifestación de Impacto Ambiental.

#### **V.1.3 Videos**

No se incluyen Videos

### **V.2 OTROS ANEXOS**

No se incluyen otros anexos.