

# Aon Risk Services

## *Análisis de Riesgos*

---

*Preparado para*

**Central Termoeléctrica Guillermo Brown S.A.**

**Dirección: Bahía Blanca  
Buenos Aires, Argentina**

*Consultado con*

**Pablo Santamarina,  
Carlos Tettamanti, Gerente de ingeniería.**

*Preparado por*

**Ing. Siul Enith Velandia Arguello  
Ing. Vicente Saravia**

*Fecha:*

*15 de Febrero de 2.012*

## Contenido

<b>Perspectiva General .....</b>	<b>2</b>
Información general .....	3
Componentes del proyecto .....	5
Ubicación .....	8
Imagen Satelital .....	9
Diagrama de planta .....	10
<b>Descripción de la metodología a utilizar .....</b>	<b>13</b>
Inventario de las exposiciones o riesgos .....	13
Estimación de la probabilidad o frecuencia .....	13
Estimación de la intensidad o severidad .....	14
Matriz de riesgos .....	15
Utilización de la matriz de riesgos .....	15
<b>Inventario de Riesgos .....</b>	<b>16</b>
<b>Estimación de Frecuencias .....</b>	<b>18</b>
<b>Estimación de Severidades .....</b>	<b>20</b>
<b>Matriz: frecuencia / intensidad .....</b>	<b>25</b>
<b>Análisis de Riesgos: .....</b>	<b>26</b>
<b>Anexo I .....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXO II .....</b>	<b>31</b>

## Perspectiva General

A nombre de Central Termoeléctrica Guillermo Brown, el ingeniero Vicente Saravia de Prevención de Riesgos de Aon Risk Services, elaboró el presente informe con el objeto de analizar y evaluar los riesgos intrínsecos de la operación de la central Termoeléctrica Guillermo Brown. La información descriptiva del proyecto contenida en este informe, la cual fue obtenida a través de lo discutido con el personal de Central Termoeléctrica Guillermo Brown y el análisis de la memoria técnica y del informe de impacto ambiental, es considerada como confidencial y presentada para ser utilizada por Central Termoeléctrica Guillermo Brown y sus representantes asignados.

Las visitas, reportes y recomendaciones del departamento de Prevención de Riesgos de Aon Risk Services, son puramente de carácter consultivo y su propósito es sólo el brindar asistencia al cliente y asegurados sobre procedimientos de control de riesgos y seguridad. Nuestras observaciones y recomendaciones son el resultado de prácticas y condiciones observadas en combinación con la información puesta a nuestra disposición, sin pretender referirse a o garantizar conformidad con reglamentos locales, estatales o federales que pudieran ser aplicables a tales prácticas y condiciones. Este informe no deberá ser considerado una lista definitiva de todos los riesgos existentes, como tampoco la solución absoluta a los riesgos indicados. Aon Risk Services no asume responsabilidad alguna por la aplicación, manejo y operación del control de riesgos o procedimientos de seguridad llevados a cabo por el cliente.

La información es representativa de las instalaciones y no propone validar la condición o calidad del riesgo, protección, diseño, mantenimiento, programas de manejo/administración, etc. a menos que se hubiera mencionado y discutido en detalle. A menos de indicarse, no se hicieron pruebas ni tampoco se contempló, llevar a cabo una evaluación minuciosa de los elementos del sistema de protección contra incendio, incluyendo el suministro de agua y los sistemas de supresión.

El informe presentado en las siguientes páginas constituye una recapitulación de las observaciones y discusiones que tuvieron lugar. La información, conclusiones y opiniones contenidas en dicho informe, se presentan como un sumario de los puntos discutidos confidencialmente con Central Termoeléctrica Guillermo Brown y sus representantes. En caso de presentarse comentarios o preguntas relacionados con el contenido, favor de dirigirse a Aon Risk Services.

## Información general

El proyecto Central Termoeléctrica Guillermo Brown (CTGB) contempla la construcción, montaje y puesta en marcha de una central de generación eléctrica de ciclo abierto compuesta por una turbina a gas y sus equipos asociados.

**Este tipo de tecnología se encuentra ampliamente probado tanto a nivel nacional como internacional.** Cabe destacar que la primera patente emitida para una turbina a gas data del año 1914, contándose a la fecha con casi 100 años de experiencia en la construcción y operación de este tipo de máquinas.

La potencia inicial de la central será de 300 Mw (operando una sola turbina de gas) la cual luego será complementada con una segunda TG alcanzando los 600 Mw de potencia.

Esta Central Termoeléctrica abastecerá al Sistema Interconectado Nacional, es un proyecto que ha sido concebido como una solución a la falta de energía eléctrica a Nivel Nacional.

Una central térmica es una instalación que transforma energía térmica (normalmente mediante la combustión de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón) en energía mecánica, la cual luego produce electricidad mediante la rotación de un generador eléctrico. Este tipo de centrales se puede clasificar por el tipo de turbina (vapor o gas) y por el tipo de combustible que utiliza. Particularmente la CTGB operará en un comienzo como ciclo abierto con una turbina de gas, incorporando luego una segunda turbina de este tipo. Resulta importante mencionar que la central ha sido diseñada considerando operar en una etapa futura como ciclo combinado, incorporando al sistema una turbina de vapor.

En el ciclo abierto un compresor toma aire de la atmósfera, lo comprime y lo deposita en la cámara de combustión, donde al mismo tiempo se inyecta el combustible (gas o gasoil/biodiesel en este caso) y se provoca la combustión. Esta combustión provoca la rápida expansión de los gases, lo que hace mover la turbina y a través de ésta el eje del generador. Luego de este proceso el aire vuelve a la atmósfera, razón por la cual este proceso recibe el nombre de ciclo abierto.

El ciclo combinado, por su parte, involucra el funcionamiento de dos tipos diferentes de turbinas, las de gas (descriptas anteriormente) y las de vapor. Para las turbinas de vapor la energía mecánica necesaria para mover el rotor del generador se obtiene a partir del vapor formado de hervir el agua en una caldera. El agua es tomada por una bomba y depositada en la caldera a una alta presión. En este lugar el agua hierve debido al aumento de la temperatura que provoca la quema de combustible. Luego, este vapor a alta presión se hace llegar a la turbina donde su expansión provoca el movimiento de esta última. El vapor se transforma luego en agua al pasar por un condensador y es tomado nuevamente para realizar el mismo ciclo.

De este modo, en el ciclo combinado se combinan estos dos tipos de tecnologías para aprovechar al máximo el combustible. Así, el gas utilizado para hacer girar la turbina a gas sale a una alta temperatura de la cámara de combustión, por lo que es posible reutilizarlo para calentar el agua y transformarla en vapor.

Resulta importante mencionar que para que la generación de energía pueda concretarse, además de la construcción de la central será necesario llevar adelante una serie de obras complementarias para el abastecimiento a la misma de combustible y para la evacuación de la energía eléctrica generada.

Como se mencionó anteriormente la central podrá funcionar tanto con gas natural como con gasoil/biodiesel. De este modo para el abastecimiento del combustible líquido (gasoil/biodiesel) será necesaria la materialización de una Terminal Portuaria para la recepción de buques de combustible junto con el tendido de un poliducto que conecte este muelle con la central. Por su parte, cuando la central opere con gas, el mismo será abastecido por medio de un Gasoducto, el cual conectará la central con el gasoducto troncal

de TGS. Finalmente la energía generada será evacuada desde la central mediante una Línea de Extra Alta Tensión (L.E.A.T.).

Particularmente la central se localizará en un predio contiguo a la Planta de TGS de un extensión aproximada de 150 ha, en inmediaciones de la localidad de General Daniel Cerri dentro del Municipio de Bahía Blanca

## Componentes del proyecto

Actividades principales que lo componen, las cuales se introducen a continuación:

**Componente 1** - Construcción y Operación de la Central Termoeléctrica. Tal como se mencionó anteriormente, la construcción de la Central se realizará en dos etapas (Etapa A y Etapa B), la primera instalando una turbina a gas (la cual utilizará como combustible Gas Natural tomado de la Red Nacional de Gasoducto o Gas-Oil para la cual la central será abastecida mediante buques) y la segunda sumando otra turbina. Si bien a futuro está previsto cerrar el ciclo con una turbina a vapor, como parte de esta evaluación se considera:

**Etapa A** – Se construirá una planta conformada por una turbina a gas con una capacidad instalada de 300 MW en configuración a ciclo abierto.

**Etapa B** – La etapa inicial será completada con la incorporación de una segunda turbina de gas (también en ciclo abierto) alcanzando los 600 MW.

**Componente 2** - Construcción y Operación de Subestación y Tendido de una línea de Alta Tensión. Para la evacuación de la energía, se materializará la conexión al sistema través de una LAT de 500 KV, mediante una conexión directa a la LAT de 500 kV Choele Choel - Bahía Blanca.

**Componente 3** - Construcción de la Terminal Portuaria y Poliducto. Para posibilitar el abastecimiento de combustibles líquidos (gasoil/biodiesel especialmente) a la planta se construirá un muelle para la descarga del mismo. Además de la obra portuaria, para el transporte del combustible desde el muelle hasta la central se prevé la construcción de un poliducto.

En relación a esta componente, resulta importante mencionar que tanto la zona donde se realizará el muelle como los primeros tramos del poliducto y de la estación de bombeo quedan comprendidos dentro de los límites del espacio portuario gestionado por el Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca.

**Componente 4** - Construcción y Operación del Gasoducto de Alimentación. La central podrá operar con Gas Natural, para lo cual se llevará adelante el tendido de un gasoducto de 16" de diámetro y de 1,6 Km aproximadamente, de alta presión vinculado al Gasoducto Troncal de TGS.

### Tanques de Almacenamiento de Combustible

El suministro de gasoil/biodiesel se llevará a cabo a través de embarcaciones, el mismo será transportado por un poliducto y se almacenará en cuatro (4) tanques ubicados en el predio. Tres de ellos, de 10.000 m<sup>3</sup> de capacidad, estarán destinados al almacenaje de Gasoil. El otro, de 5.000 m<sup>3</sup>, estará destinado al almacenaje de Biodiesel.

### Sistema de Suministro de Gas Natural

Uno de los combustibles de diseño del sistema es el gas natural. El consumo promedio de gas natural por turbina es 2.000.000 m<sup>3</sup>/día a una presión de conducción de 40 Kg/cm<sup>2</sup>, para una turbina de 300 MW.

### Suministro de Combustible Líquido

El combustible líquido para la operación de la central durante una parte del tiempo de operación será Gasoil/biodiesel. El consumo promedio de gasoil/biodiesel por turbina es 1800 m<sup>3</sup>/día para una turbina de 300 MW

### Suministro de Agua

El suministro de agua cruda para el sistema será extraído de pozo profundo utilizándose el acuífero confinado o el acuífero profundo.

- El agua a ser extraída será utilizada en planta para los siguientes procesos y servicios:
- Limpieza de los diferentes componentes del sistema
- Inyección de agua en la cámara de combustión para el control de NOx
- Agua potable para consumo
- Agua para el sistema contra incendios

El agua total a ser extraída de los acuíferos dependerá de la cantidad de turbinas y de la salinidad del acuífero explotado.

El agua tomada directamente de pozo será dispuesta en los tanques de agua cruda. Debido a que ciertas partes del sistema requieren de agua totalmente desmineralizada (control de NOx), se contempla la instalación de una planta de tratamiento de agua. Una vez realizado el tratamiento del agua cruda la misma será dispuesta en tanques de almacenamiento de agua desmineralizada. El agua extraída de los pozos será dispuesta también en el tanque de agua industrial y contra incendios.

Al respecto, los máximos caudales serán:

**Etapas A (1 TG):** 121 m<sup>3</sup>/h – 240 m<sup>3</sup>/h (para el acuífero profundo o confinado respectivamente).

**Etapas B (2 TG):** 200 m<sup>3</sup>/h – 378 m<sup>3</sup>/h (para el acuífero profundo o confinado respectivamente).

## SUBESTACIÓN Y LÍNEA DE ALTA TENSIÓN

Inicialmente, la Central Térmica tendrá una potencia instalada de 300 MW correspondiente a una turbina de gas, a la cual se le sumará en el futuro otra unidad similar, alcanzando una potencia total instalada de 600 MW. Se prevé también la incorporación de otra turbina del tipo de vapor, alcanzando así una potencia total final de aproximadamente 900 MW.

El sistema de transmisión de la energía se encuentra conformado por una Estación Transformadora (ET) que elevará la tensión de evacuación a 500 kV, la cual se instalará en el predio de la futura Central Termoeléctrica; y una Línea de Extra Alta Tensión (LEAT) en doble terna que transportará la energía en 500 kV desde la Central Termoeléctrica hasta la IV Línea en 500 kV Estación Transformadora Choele Choel – Estación Transformadora Bahía Blanca.

La forma de interconexión con el SADI es mediante la apertura de la IV Línea en 500 kV, de manera tal que la futura Estación Transformadora queda conformada como un punto intermedio entre la Estación Transformadora Choele Choel y la Estación Transformadora Bahía Blanca. Por esta razón, la futura LEAT es proyectada en doble terna, de manera tal de permitir la circulación de la energía entre los puntos.

La LEAT tendrá una extensión de 8,3 km con vanos promedios de 500 m. Las estructuras de suspensión serán tipo Cross Rope, con conductores de fase en disposición coplanar horizontal y con 4 subconductores por fase en disposición cuadrilátera del tipo Peace River Modificado; y doble hilo de guardia, uno convencional de acero galvanizado y el restante del tipo OPGW.

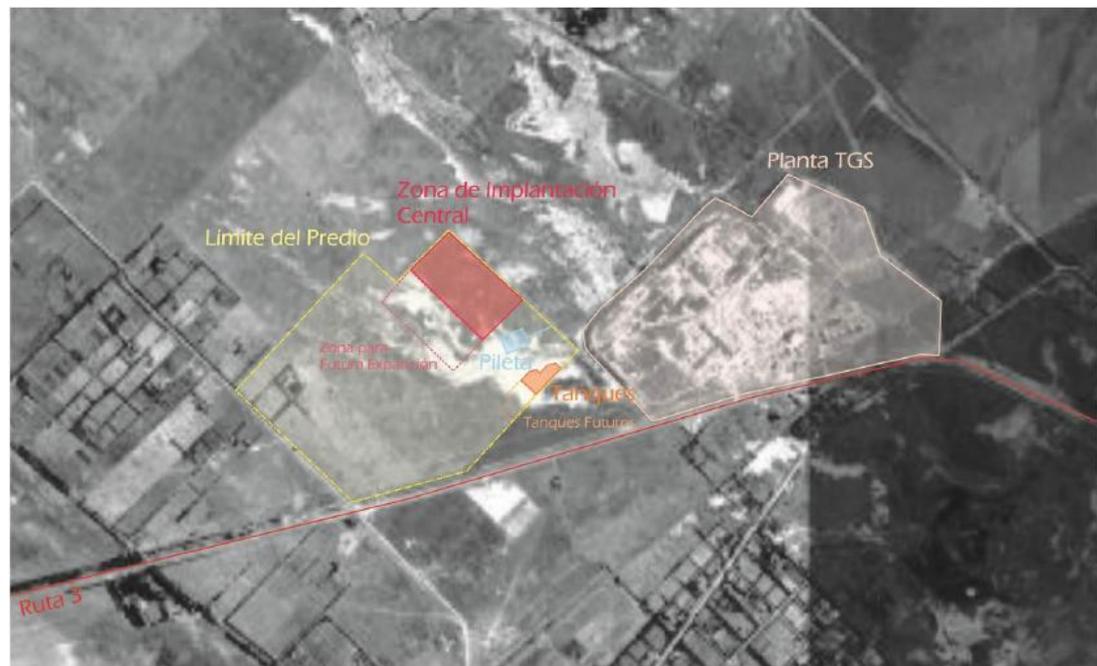
las condiciones máximas posibles que pueden ser alcanzadas por períodos cortos de tiempo solamente para la LEAT.

- La tensión máxima del sistema es 500 KV + 3%, o sea 525 KV.
- La corriente máxima por fase es 1400 A.

## Ubicación

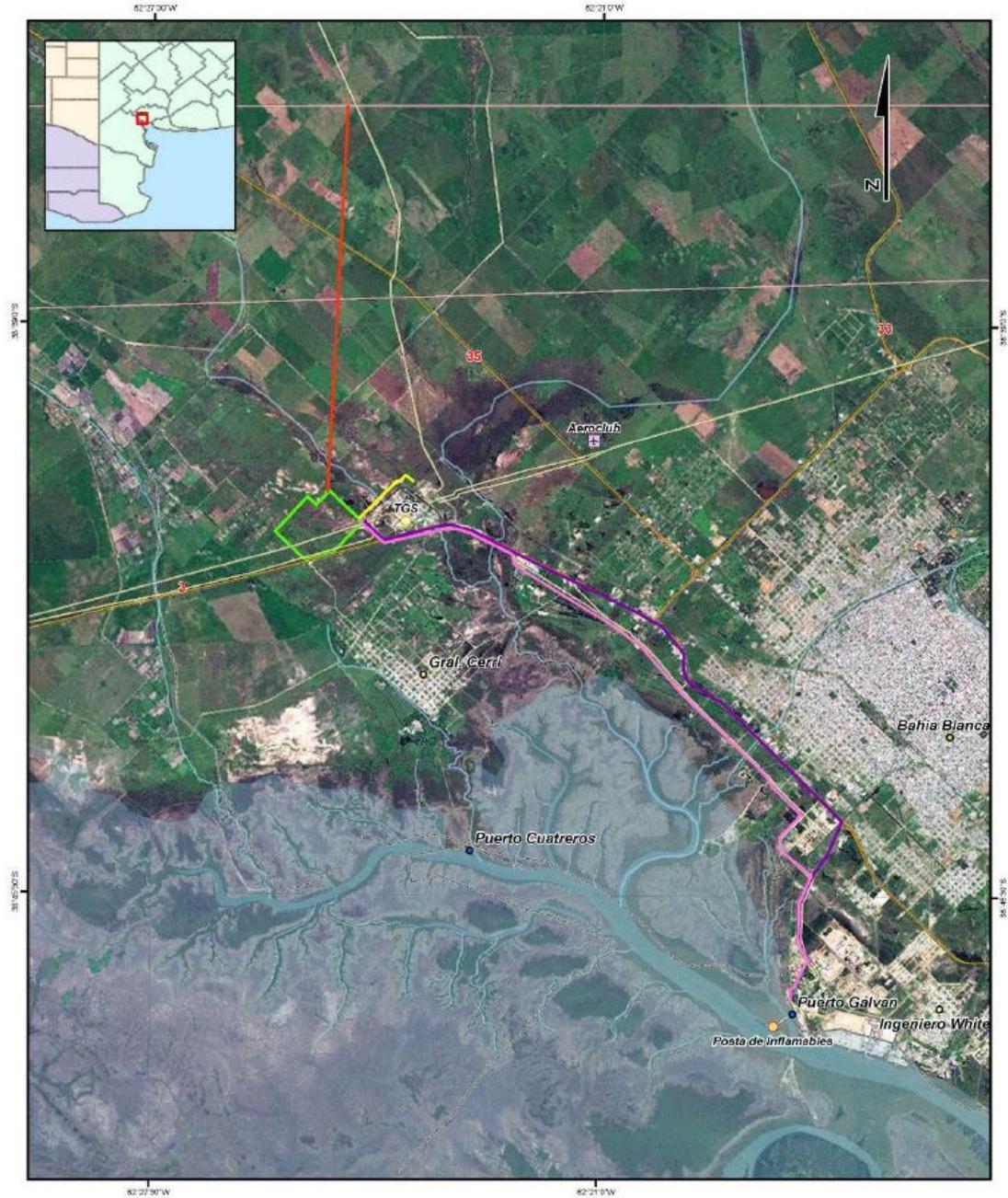
La región donde se localizará el proyecto está ubicada en el extremo sur de la provincia de Buenos Aires, al norte de la desembocadura del río Colorado. La zona corresponde al sector meridional de la pampa subhúmeda y muy próxima al litoral atlántico, presentando una posición estratégica favorecida por la convergencia de tres factores naturales, una sección continental estrecha que facilita la comunicación bioceánica, un relieve sin contrastes y un clima moderado (Paoloni, 2010).

La zona de implantación de la Central se ubicará dentro de un predio de 150 ha, localizado en la localidad de General Cerri, lindero a la Planta de Procesamiento de Gas de TGS.



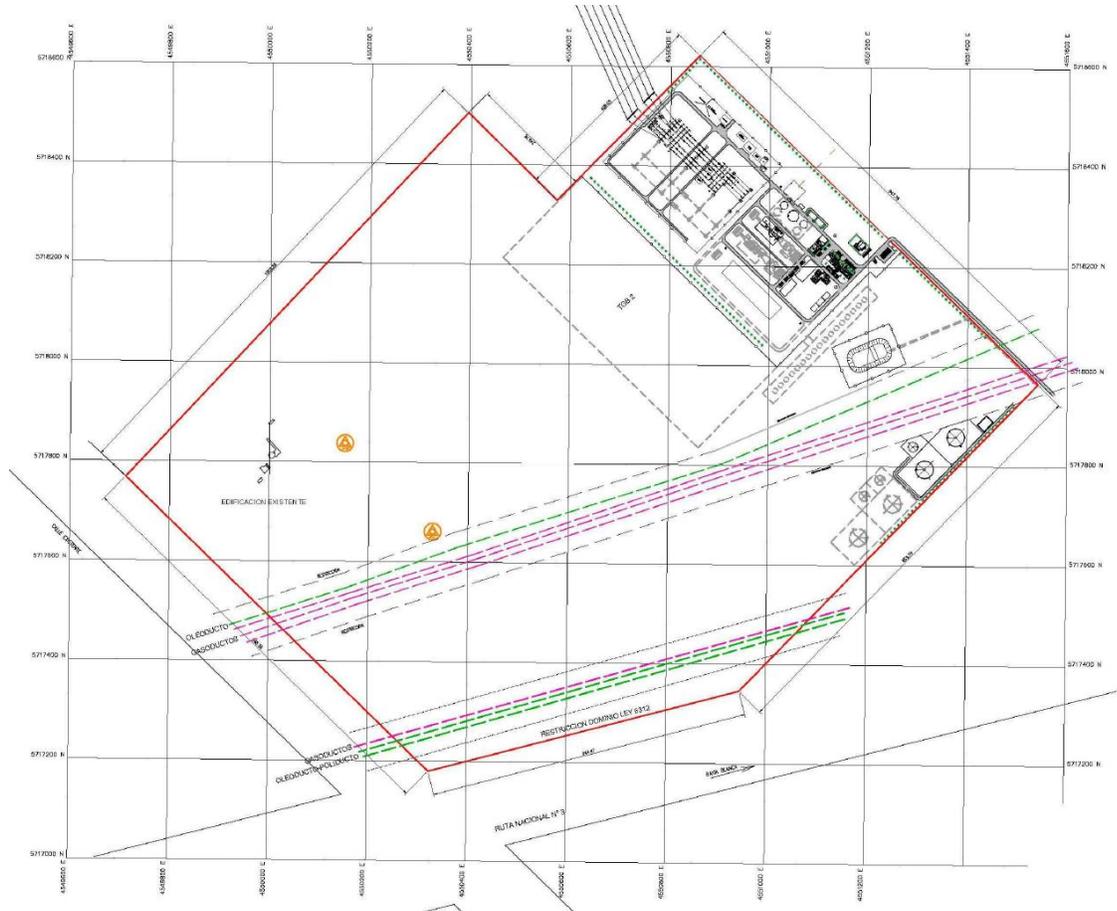
**Zona de implantación**

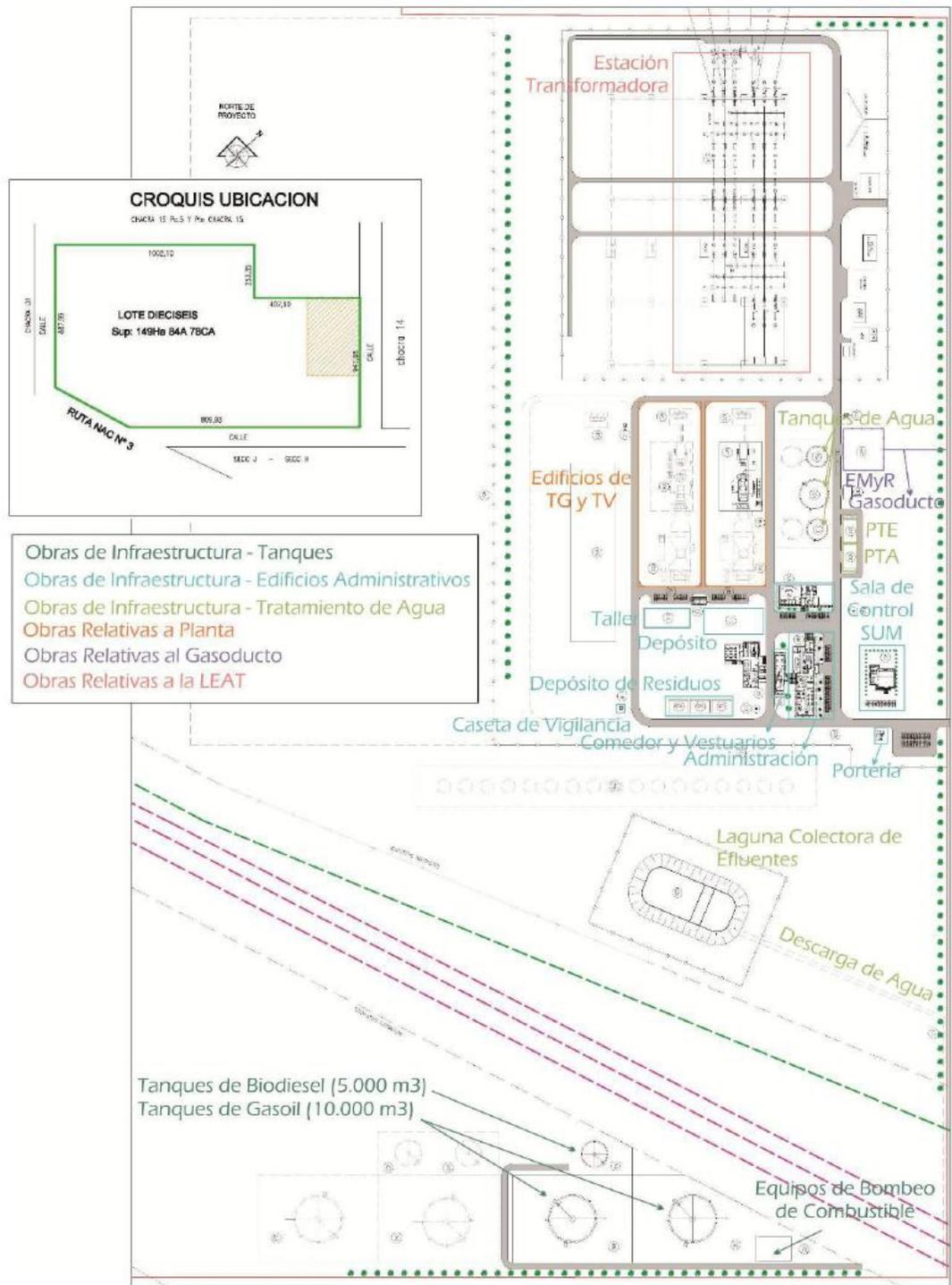
*Imagen Satelital*



**Fotografía satelita indicando – en verde – el predio de implantación de la central térmica**

Diagrama de planta





**Principales instalaciones**



## Descripción de la metodología a utilizar

El proceso de análisis de riesgos puede resumirse en las siguientes etapas:

1. Elaboración de listado de exposiciones o inventario de riesgos.
2. Estimación de la probabilidad de ocurrencia de un evento causado por alguno de los riesgos antes identificados.
3. Estimación de la severidad de los eventos causados por alguno de los riesgos antes identificados
4. Ploteo de la Matriz de Riesgos

### Inventario de las exposiciones o riesgos

Es la identificación y tabulación de todos los incidentes posibles sin tomar en cuenta la importancia o el motivo del mismo. Este es un paso crítico, ya que un incidente omitido es un incidente no analizado.

En el presente análisis, se han analizado todos los posibles riesgos sin descartar ninguno, para generar herramientas de control sobre los mismos

### Estimación de la probabilidad o frecuencia

Luego de haber analizado las posibles características de la operación y de haber generado un inventario de riesgos, debe estimarse la probabilidad de ocurrencia de los distintos escenarios de siniestro. La probabilidad de los distintos eventos puede ser resumida en función de los valores genéricos de referencia (referencia bibliográfica Frank P. Lees).

<i>Evaluación</i>	<i>Regular</i>	<i>Puede ocurrir</i>	<i>Probable</i>	<i>Baja Probabilidad</i>	<i>Improbable</i>	<i>Altamente Improbable</i>
<b>Probabilidad</b>	Puede ocurrir hasta 10 veces por año	Puede ocurrir una vez por año	Puede ocurrir una vez en diez años	Puede ocurrir una vez en la vida de la planta	No ocurre durante la vida de la planta	Se espera que nunca pueda ocurrir
<b>Frecuencia Aceptable</b>	$1 < f < 10$ año	$1/10 < f < 1$ año	$1/100 < f < 1/10$ año	$1/1000 < f < 1/100$ año	$1/10000 < f < 1/1000$ año	Menor que 1/10.000 año

Los estimados se obtienen de datos históricos sobre la frecuencia de los fallos, o de la experiencia del auditor

*Estimación de la intensidad o  
severidad*

El impacto de los eventos o siniestros considerados en cada uno de los escenarios debe catalogarse. Para ello utilizamos la siguiente clasificación:

<b>Categoría de peligro</b>	<b>Efecto sobre personal de la planta</b>	<b>Efecto sobre la planta</b>	<b>Efecto sobre el negocio</b>	<b>Daño material a terceros y/o medio ambiente</b>	<b>Efecto sobre el público</b>	<b>Reacción del público</b>
<b>Catastrófico</b>	Múltiples fatalidades	Daño total	Pérdida total	Importante / Derrame > 2500 m <sup>3</sup>	Una o más fatalidades	Presión de las autoridades para cerrar la planta
<b>Muy Crítico</b>	Una fatalidad	Daño severo	Pérdida total	Apreciable / Derrame comprendido entre 600 y 2500 m <sup>3</sup>	Lesiones graves a varias personas	Reacción severa de la prensa local y nacional
<b>Crítico</b>	Probabilidad de 1/10 de una fatalidad	Daño menor	Pérdida importante	Menor / Derrame comprendido entre 100 y 600 m <sup>3</sup>	Lesiones graves a una persona	Reacción de la prensa local
<b>Apreciable</b>	Un herido grave	Ninguno	Pérdidas menores	Mínimo / Derrame comprendido entre 10 y 100 m <sup>3</sup>	Lesiones leves	Reacción local mínima
<b>Mínimo</b>	Varios heridos leves	Ninguno	Ninguno	Apreciable / Derrame menor a 10 m <sup>3</sup>	Ninguno	Poca o ninguna reacción
<b>Bajo Riesgo</b>	Sin heridos	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguna reacción

Las estimaciones se obtienen en función de la observación de casos históricos y en caso de ser necesario, puede recurrirse a software de simulación de siniestros para analizar posibles consecuencias.

### Matriz de riesgos

El análisis de riesgos se resume en la Matriz de Riesgos, donde se marca para cada posible evento su frecuencia e intensidad. De esta manera se suministra una medida del riesgo. Los riesgos se estiman individualmente y se analizan independientemente del resto.

La metodología utilizada incluye y combina los ítems anteriormente mencionados, permitiendo tener una visión integral de las exposiciones a riesgo.

Frecuencia	REGULAR	Aceptable	Indeseable	Indeseable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable
	PUEDA OCURRIR	Aceptable	Aceptable	Indeseable	Indeseable	Inaceptable	Inaceptable
	PROBABLE	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Indeseable	Indeseable	Inaceptable
	BAJA PROBABILIDAD	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Indeseable	Indeseable
	IMPROBABLE	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Indeseable
	ALTAMENTE IMPROBABLE	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
		BAJO RIESGO	MÍNIMO	APRECIABLE	CRÍTICO	MUY CRÍTICO	CATASTRÓFICO
<b>Intensidad del evento</b>							

### Utilización de la matriz de riesgos

La matriz de riesgos se usa para tomar decisiones. Es otro paso que consideramos clave en una evaluación del riesgo y del que surgen necesidades, recomendaciones u oportunidades de mejoras que ayudan a reducir las probabilidades de ocurrencia de un siniestro, su propagación y/o su rápida extinción o control. La siguiente tabla sugiere un curso de acción posible para gerenciar cada riesgo.

Inaceptable	El riesgo es inaceptable. Su ocurrencia pone en serio riesgo la continuidad de la empresa. Deben tomarse acciones que modifiquen o la intensidad del evento o su frecuencia
Indeseable	En las condiciones actuales, se requiere decisión de la gerencia ya sea para aceptar el riesgo o para tomar medidas que modifiquen o su intensidad o su frecuencia.
Aceptable con análisis	Si bien el riesgo es aceptable se recomienda profundizar su estudio y ejercer vigilancia periódica sobre sus condiciones.
Aceptable sin análisis	El riesgo es aceptable con las salvaguardas existentes. No se requieren otras acciones.

## Inventario de Riesgos

ID	Evento	Observaciones
<b>Turbina y generador <sup>1</sup></b>		
1	Incendio en sistema de lubricación, pool fire	Sistema automático de detección y extinción aún a definir, de acuerdo a NFPA.
2	Incendio en sistema de lubricación, spray fire	Sistema automático de detección y extinción aún a definir, de acuerdo a NFPA.
3	Incendio en skid de combustible, pool fire	Sistema automático de detección y extinción aún a definir, de acuerdo a NFPA.
4	Incendio en skid de combustible, spray fire	Sistema automático de detección y extinción aún a definir, de acuerdo a NFPA.
5	Incendio en skid de regulación de gas, jet fire	Sistema automático de detección y extinción aún a definir, de acuerdo a NFPA.
6	Incendio en compartimiento de turbina	Sistema automático de extinción por inundación de dióxido de carbono.
7	Incendio en comportamiento de máquinas auxiliares	Sistema automático de extinción por inundación de dióxido de carbono.
8	Incendio en generador eléctrico	Sistema automático de extinción por diluvio.
9	Rotura de álabes de compresor/turbina	----
10	Explosión de cámaras de combustión	Sistema automático de extinción por inundación de dióxido de carbono.
11	Falla de mecanismo de regulación de velocidad	Redundancia de sistemas.
<b>Transformadores</b>		
12	Transformador principal, explosión	Sistema automático de detección y extinción por diluvio, según pliego. Muro antiexplosión.
13	Transformador principal, pool fire	Sistema automático de detección y extinción por diluvio, según pliego. Cuba de contención de derrame.
14	Transformador auxiliar, explosión	Sistema automático de detección y extinción por diluvio, según pliego. Muro antiexplosión.
15	Transformador auxiliar, pool fire	Sistema automático de detección y extinción por diluvio, según pliego. Cuba de contención de derrame.
<b>Planta de regulación de gas</b>		
16	Jet fire – Fuga de brida	Cerco de seguridad, acceso restringido.
17	Jet fire – Rotura catastrófica	Cerco de seguridad, acceso restringido.
<b>Gasoducto</b>		
18	Jet fire – Fuga de brida	Tendido subterráneo con ROV actuadas mediante sensores de presión. Distancia de

<sup>1</sup> En base a estadísticas de Factory Mutual, Edison Electric Institute, NFPA (National Fire Protection Association)

19	Jet fire – Rotura catastrófica	seguridad de 12.5 metros a cada lado según NAG 153. Tendido subterráneo con ROV actuadas mediante sensores de presión. Distancia de seguridad de 12.5 metros a cada lado según NAG 153.
<b>Planta de combustibles líquidos</b>		
20	Tanque principal de gas oil, pool fire	Recinto de contención individual.
21	Tanque principal de gas oil, tank fire	Cámaras de formación de espuma, anillos de refrigeración.
22	Tanque de biodiesel, pool fire	Recinto de contención individual.
23	Tanque de biodiesel, tank fire	Cámaras de formación de espuma, anillos de refrigeración.
24	Cargadero de camiones, pool fire	Recinto de contención individual.
25	Bombas de combustible, pool fire	Recinto de contención individual.
<b>Poliducto</b>		
26	Rotura del poliducto	Tendido subterráneo con ROV actuadas mediante sensores de presión. Distancia de seguridad de 7.5 m a cada lado según NAG 153.
27	Rotura, fuego en poliducto	Tendido subterráneo con ROV actuadas mediante sensores de presión. Distancia de seguridad de 7.5 m a cada lado según NAG 153.
<b>Línea de Alta Tensión</b>		
28	Caída de torres	Franja de servidumbre de 83 metros de ancho.
<b>Actos de la naturaleza</b>		
29	Terremoto	Zona sísmica 0 de acuerdo a Munich Re
30	Tsunami	No hay antecedentes, de acuerdo a Munich Re

## Estimación de Frecuencias

En la siguiente tabla se lista para cada uno de los eventos identificados su posible frecuencia de ocurrencia, y a título únicamente informativo, sus posibles causas.

ID	Evento	Frecuencia	Causas
<b>Turbina y generador</b>			
1	Incendio en sistema de lubricación, pool fire	Improbable	Fuga en bridas, mantenimiento
2	Incendio en sistema de lubricación, spray fire	Improbable	Fuga en bridas, mantenimiento
3	Incendio en skid de combustible, pool fire	Improbable	Fuga en bridas, mantenimiento
4	Incendio en skid de combustible, spray fire	Improbable	Fuga en bridas, mantenimiento
5	Incendio en skid de regulación de gas, jet fire	Improbable	Fuga en bridas, mantenimiento
6	Incendio en compartimiento de turbina	Improbable	Fuga en bridas, mantenimiento
7	Incendio en comportamiento de máquinas auxiliares	Improbable	Fuga en bridas, mantenimiento
8	Incendio en generador eléctrico	Improbable	Degradación de aislación, mantenimiento
9	Rotura de álabes de compresor/turbina	Baja probabilidad	Ingreso de objetos extraños, mantenimiento
10	Explosión de cámaras de combustión	Baja probabilidad	Falla en encendido, mantenimiento
11	Falla de mecanismo de regulación de velocidad	Improbable	Mantenimiento
<b>Transformadores</b>			
12	Transformador principal, explosión	Baja probabilidad	Degradación aislación, mantenimiento
13	Transformador principal, pool fire	Baja probabilidad	Degradación aislación, mantenimiento
14	Transformador auxiliar, explosión	Baja probabilidad	Degradación aislación, mantenimiento
15	Transformador auxiliar, pool fire	Baja probabilidad	Degradación aislación, mantenimiento
<b>Planta de regulación de gas</b>			
16	Jet fire – Fuga de brida	Improbable	Corrosión, error humano, mantenimiento
17	Jet fire – Rotura catastrófica	Improbable	Corrosión, impacto de maquinaria pesada

Planta de regulación de gas			
18	Jet fire – Fuga de brida	Improbable	Corrosión, error humano, mantenimiento
19	Jet fire – Rotura catastrófica	Improbable	Corrosión, impacto de maquinaria pesada
Planta de combustibles líquidos			
20	Tanque principal de gas oil, pool fire	Improbable	Fugas, pérdidas de bridas, rotura de tanque, sobrellenado, error operativo, mantenimiento.
21	Tanque principal de gas oil, tank fire	Improbable	Fugas, electricidad estática, descargas atmosféricas, mantenimiento
22	Tanque de biodiesel, pool fire	Improbable	Fugas, pérdidas de bridas, rotura de tanque, sobrellenado, error operativo, mantenimiento.
23	Tanque de biodiesel, tank fire	Improbable	Fugas, electricidad estática, descargas atmosféricas, mantenimiento
24	Cargadero de camiones, pool fire	Improbable	Fugas, pérdidas de bridas, rotura de manguera, error operativo.
25	Bombas de combustible, pool fire	Improbable	Fugas, pérdidas de bridas, error operativo, mantenimiento.
Poliducto			
26	Rotura del poliducto, derrame	Probable	Corrosión, impacto de maquinaria pesada, robo
27	Rotura, fuego en poliducto	Improbable	Corrosión, impacto de maquinaria pesada, robo
Línea de Alta Tensión			
28	Caída de torres	Baja probabilidad	Corrosión, sabotaje, vendaval
Actos de la naturaleza			
29	Terremoto	Altamente improbable	S/C
30	Tsunami	Altamente improbable	S/C

## Estimación de Severidades

Los escenarios que involucran Jet Fire y fuegos de pileta han sido modelados mediante computadora. Para la modelación de los escenarios que involucran Jet Fire se ha utilizado el software "Breeze Haz" y para los escenarios que involucran fuego de pileta se ha utilizado software propio de Aon.

Para la modelación de los escenarios de Jet Fire se consideraron 3 velocidades distintas de viento, de 3; 6 y 12 m/seg respectivamente. El principal efecto de cambio en la velocidad del viento se observa sobre la zona afectada por la llamarada resultante.

La temperatura ambiente y la humedad relativa también se indican en cada cálculo. La humedad relativa tiene un efecto mitigante sobre la radiación emitida por una llama por su absorción de la energía radiante.

Para modelar los escenarios de Jet Fire se han determinado tres círculos de seguridad a tener en cuenta en un incendio en función de la radiación recibida.

Estos son los de 3; 12,5 y 25,4 Kw/m<sup>2</sup>.

- El límite de **3 Kw/m<sup>2</sup>** indica la distancia mínima – medida desde la fuga – a la cual las personas puede exponerse sin límite de tiempo o protecciones especiales sin sufrir daño alguno. Este límite se aplica tanto a personal de planta como a público.
- El límite de **12.5 Kw/m<sup>2</sup>** indica la distancia por sobre la cual no es de esperar incendios en equipos, aún sin refrigeración por agua.
- El límite de **25.4 Kw/m<sup>2</sup>** indica la distancia por debajo de la cual es de esperar el colapso de tanques de almacenamiento, aún de aquellos protegidos por sistemas de agua de enfriamiento.

En el caso de los Jet Fire la llama tiene inicialmente dimensiones mayores porque el flujo inicial de descarga es mayor y luego se reduce estabilizándose en el valor promedio de cálculo. De cualquier manera la llama inicial posee suficiente energía para encender vegetación y equipos menores.

Se han modelado, a su vez, dos escenarios distintos dentro del jet fire. Un primer escenario con fallas del tipo pérdidas de juntas, las que pueden originar sopletes de efectos equivalentes a una falla con un diámetro equivalente al 10 al 20% del diámetro del gasoducto analizado. En el segundo escenario se ha simulado la rotura franca del gasoducto. Este tipo de accidente es típico de impactos por máquinas viales o equipos de transporte pesado o bien a fallas por corrosión.

Para todos los estudios se consideraron los siguientes parámetros atmosféricos;

- Temperatura ambiente: 20°C
- Humedad relativa ambiente: 50%

En todos los casos, el valor de la radiación incidente fue calculado en un plano teórico ubicado a una altura de 1 metro con respecto al nivel del suelo. Dado que la geometría que utiliza el modelo matemático para resolver el problema es compleja (un cono truncado, inclinado, y a su vez elevado con respecto al terreno), es posible que a mayores alturas existan intensidades de radiación mayores, sin embargo dado que este análisis hace foco en evaluar el efecto de un siniestro para las personas, no nos hemos concentrado en analizar radiación en planos ubicados a alturas mayores.

Jet Fire	Velocidad del viento	Distancia mínima a la fuente según intensidad de radiación		
		25.4 Kw/m <sup>2</sup>	12.5 Kw/m <sup>2</sup>	3 Kw/m <sup>2</sup>
<b>Brida (20%)</b>	3	Ver nota al pie	28,08	91,27
<b>Brida (20%)</b>	6	14,00	34,91	81,57
<b>Brida (20%)</b>	12	19,29	35,53	80,36
<b>Rotura total</b>	3	Ver nota al pie	130,75	347,37
<b>Rotura total</b>	6	Ver nota al pie	120,70	304,15
<b>Rotura total</b>	12	Ver nota al pie	125,51	300,25

**Nota:** La radiación emitida por un Jet Fire bajo este escenario particular, no alcanza a igualar o superar el límite de 25.4 Kw/m<sup>2</sup>. En consecuencia, no es necesario establecer distancia alguna.

Los resultados detallados de los modelos de computación para el Jet Fire pueden consultarse en el "Anexo II".

A la fecha de confección de este estudio, la traza del gasoducto y la ubicación de la planta de medición y filtrado aún no estaban definidas. Sin embargo, las dimensiones del predio permiten suponer la existencia de espacio suficiente como para mantener distancias de seguridad suficientemente grandes como para no afectar bienes de terceros.

En cuanto al incendio de los tanques de almacenamiento de gasoil/biodiesel a presión atmosférica, se han considerado dos hipótesis diferentes. En la primera de las hipótesis el incendio del tanque propiamente dicho y en la segunda de las hipótesis el incendio de su recinto de contención.

Teniendo en cuenta el tamaño de los tanques de almacenamiento de gasoil/biodiesel frente al tamaño de los tanques de biodiesel, solo se han corrido modelos de computación para los primeros. La diferencia de tamaños existentes entre los dos tipos de tanques permite concentrarse en los escenarios que involucran a los tanques de gasoil/biodiesel como los de mayor importancia dentro de este tipo de eventos.

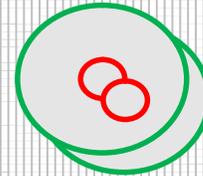
Los principales resultados de los análisis de incendio en tanques están resumidos en el siguiente cuadro:

	Distancia mínima al tanque	
	3 Kw/m <sup>2</sup>	25.4 Kw/m <sup>2</sup>
<b>Fuego en tanque</b>	145	29
<b>Fuego en pileta de contención</b>	138	14

Debe tenerse en cuenta que **la instalación industrial de TGS más cercana a los tanques se encuentra a una distancia mayor a los 500 metros**, razón por la cual **pueden desestimarse daños a TGS** como consecuencia de un incendio en tanques de combustible.

Los resultados detallados de los modelos de computación para el incendio de tanques pueden consultarse en el "Anexo I".

**Fuego en tanques  
(Tank fire)  
Nota: Fuera de escala**



En cuanto a los escenarios relacionados con rotura del poliducto o con derrames en la operación de descarga de buques, cabe consignar que el volumen de un derrame es función del caudal de las bombas del poliducto y del tiempo que transcurre entre el momento en que se inicia el derrame y el momento en que el operador advierte el hecho y toma medidas para hacer cesar a este. Nos encontramos en este caso con un gran rango de incertidumbre al intentar determinar cuanto tiempo transcurrirá. En función de ello, se ha tomado para los cálculos el máximo tiempo determinado en forma internacional, es decir 30 minutos. Cabe hacer notar que en esta etapa temprana del proyecto aún se desconoce con que tipo de instrumentación o de operatoria contarán ambas operatorias, por lo que los tiempos de respuesta podrían ser sensiblemente menores en el futuro, reduciendo en consecuencia el volumen de los derrames.

En la tabla que se acompaña a continuación se lista la intensidad del evento y algunos comentarios acerca de los mismos.

ID	Evento	Severidad	Observaciones
Turbina y generador			
1	Incendio en sistema de lubricación, pool fire	Apreciable	Pérdidas menores, sin heridos, muertos o afectaciones a 3ros.
2	Incendio en sistema de lubricación, spray fire	Apreciable	Pérdidas menores, sin heridos, muertos o afectaciones a 3ros.
3	Incendio en skid de combustible, pool fire	Apreciable	Pérdidas menores, sin heridos, muertos o afectaciones a 3ros.

4	Incendio en skid de combustible, spray fire	Apreciable	Pérdidas menores, sin heridos, muertos o afectaciones a 3ros.
5	Incendio en skid de regulación de gas, jet fire	Crítico	Pérdidas importantes, sin heridos, muertos o afectaciones a 3ros.
6	Incendio en compartimiento de turbina	Apreciable	Pérdidas menores, sin heridos, muertos o afectaciones a 3ros.
7	Incendio en comportamiento de máquinas auxiliares	Apreciable	Pérdidas menores, sin heridos, muertos o afectaciones a 3ros.
8	Incendio en generador eléctrico	Apreciable	Pérdidas menores, sin heridos, muertos o afectaciones a 3ros.
9	Rotura de álabes de compresor/turbina	Crítico	Pérdidas importantes, sin heridos, muertos o afectaciones a 3ros.
10	Explosión de cámaras de combustión	Apreciable	Pérdidas menores, sin heridos, muertos o afectaciones a 3ros.
11	Falla de mecanismo de regulación de velocidad	Crítico	Pérdidas importantes, sin heridos, muertos o afectaciones a 3ros.
<b>Transformadores</b>			
12	Transformador principal, explosión	Crítico	Pérdidas importantes, sin heridos, muertos o afectaciones a 3ros.
13	Transformador principal, pool fire	Crítico	Pérdidas importantes, sin heridos, muertos o afectaciones a 3ros.
14	Transformador auxiliar, explosión	Apreciable	Pérdidas menores, sin heridos, muertos o afectaciones a 3ros.
15	Transformador auxiliar, pool fire	Apreciable	Pérdidas menores, sin heridos, muertos o afectaciones a 3ros.
<b>Planta de regulación de gas</b>			
16	Jet fire – Fuga de brida	Crítico	Pérdidas menores con reacción de la prensa local.
17	Jet fire – Rotura catastrófica	Muy Crítico	Lesiones graves a personas y reacción de la prensa local y nacional
<b>Gasoducto</b>			
18	Jet fire – Fuga de brida	Crítico	Pérdidas menores con reacción de la prensa local.
19	Jet fire – Rotura catastrófica	Muy Crítico	Lesiones graves a personas y reacción de la prensa local y nacional
<b>Planta de combustibles líquidos</b>			
20	Tanque principal de gas oil, pool fire	Muy Crítico	Lesiones graves a personas y reacción de la prensa local y nacional

21	Tanque principal de gas oil, tank fire	Muy Crítico	Lesiones graves a personas y reacción de la prensa local y nacional
22	Tanque de biodiesel, pool fire	Crítico	Pérdidas menores con reacción de la prensa local.
23	Tanque de biodiesel, tank fire	Crítico	Pérdidas menores con reacción de la prensa local.
24	Cargadero de camiones, pool fire	Apreciable	Pérdidas menores, sin reacción local
25	Bombas de combustible, pool fire	Apreciable	Pérdidas menores, sin reacción local
<b>Poliducto</b>			
26	Rotura del poliducto, derrame	Crítico	Derrame comprendido entre 100 y 400 m <sup>3</sup> con reacción de la prensa local.
27	Rotura, fuego en poliducto	Crítico	Derrame comprendido entre 100 y 400 m <sup>3</sup> con reacción de la prensa local.
<b>Línea de Alta Tensión</b>			
28	Caída de torres	Apreciable	Pérdidas menores
<b>Actos de la naturaleza</b>			
29	Terremoto	Catastrófico	
30	Tsunami	Catastrófico	

## Matriz: frecuencia / intensidad

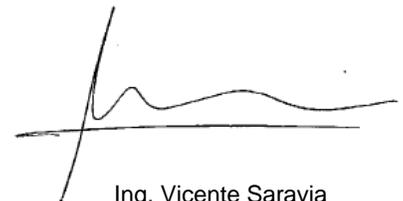
La matriz de análisis de riesgos es una herramienta que permite cuantificar el impacto de un riesgo en la operación de la empresa al mismo tiempo que permite asociar un riesgo y la medida de contención específica frente a él.

Brevemente, la matriz revisa cada uno de los riesgos o incidencias identificadas, calificándolos según frecuencia, intensidad, protección existente y consecuencias, sugiriendo luego cursos de acción, los que son también calificados por su nivel de importancia.

Frecuencia	REGULAR						
	PUEDE OCURRIR						
	PROBABLE				26		
	BAJA PROBABILIDAD			10; 14; 15; 28	9; 12; 13		
	IMPROBABLE			1; 2; 3; 4; 6; 7; 8; 24; 25	5; 11; 16; 18; 22; 23; 27	17; 19; 20; 21	
	ALTAMENTE IMPROBABLE						29; 30
		BAJO RIESGO	MÍNIMO	APRECIABLE	CRÍTICO	MUY CRÍTICO	CATASTRÓFICO
	Intensidad del evento						

## Conclusiones:

- La mayoría de los eventos analizados (aproximadamente el 70%) presentarán niveles de riesgo aceptables con las protecciones que se prevé instalar, no siendo necesario tomar ninguna medida extra.
- Aproximadamente un 30% de los eventos analizados presenta niveles de riesgo aceptables pero recomendamos profundizar su estudio no bien la ingeniería de detalle del proyecto se encuentre disponible. Pequeños cambios en la ingeniería de detalle o en la operatoria podrían modificar la calificación que se ha hecho de un evento. Sugerimos excluir del análisis eventos como terremoto (**ID 29**) o tsunami (**ID 30**). En este grupo de eventos que necesitan de mayor análisis pueden listarse:
  - Jet FIRE por rotura catastrófica, aunque la distancia libre (400 m) que existe entre la traza del gasoducto y las instalaciones operativas de TGS permitan suponer que frente a los radios de afectación calculados para daños materiales (130 m), este evento no afectará a TGS.
  - Incendio en tanque principal de combustible o en su pileta de contención, aunque la distancia libre que existe entre los tanques y las instalaciones de TGS (500 m) permita suponer que frente a los radios de afectación calculados (aproximadamente 29 m) el incendio de tanques no afectará a TGS.
- Merece atención especial la hipótesis de rotura del poliducto. Sugerimos que se incorporen en el proyecto instrumentación dedicada especialmente a la detección de fugas y válvulas de operación remota que permitan el rápido cierre del poliducto.



Ing. Vicente Saravia  
Gerente de Control de Riesgos

## Anexo I

### POOL FIRES - TANK FIRES

Objeto: Determinación distancia de daño a tanques metálicos

#### Velocidades de combustión

Para líquidos con temperatura de ebullición menor a temperatura ambiente

Datos

Calor de combustión	10200 kcal/kg
Calor de vaporización	90 kcal/kg
Velocidad de combustión	0,113333 kg/m2seg

Para líquidos con temperatura de ebullición mayor a la temperatura ambiente

Datos

Temperatura inicial del líquido	10 °C
Temperatura de ebullición del líquido	275 °C
Calor específico del líquido	0,4299 kcal/kg°C
Calor de combustión	10200 kcal/kg
Calor de vaporización	90 kcal/kg
Velocidad de combustión	0,050019 kg/m2seg

#### Altura de llamas en recipientes circulares

Densidad aire ambiente:	1,2254 kg/m3	(condición promedio a nivel del mar)
Aceleración gravedad	9,81 metros/seg2	
Diámetro recipiente	35 metros	
Velocidad de combustión	0,050019 kg/m2seg	
Altura de llamas	35,19982 metros	Según Thomas, 1963
Altura de llamas	35,64558 metros	

#### Altura de llamas en recipientes rectangulares

Frente del recinto	0 metros
Profundidad del recinto	0 metros
Velocidad de combustión	0 kg/m2seg
Beq	0
Altura de llamas	0

#### Intensidad de radiación emitida

Factor de fracción de radiación	0,3	(de acuerdo a B Sigales)
Velocidad de combustión	0,050019 kg/m2seg	
Calor de combustión	42700 kJ/kg	
Altura de llamas	35,6 metros	
Intensidad de radiación emitida	157,49 Kw/m2	

#### Coefficiente de transmisión atmosférica

Según Pietersen y Huerta	
Distancia superficie llama al blanco	29 metros
Presión de vapor	1210 Pa
Coefficiente de transmisión d:	0,787582

Temp °	Presión vapor (Pa)
2	700
4	800
6	920
8	1060
10	1210
12	1380
14	1580
16	1790

## POOL FIRES - TANK FIRES

Objeto: Determinación de daños a estructuras metálicas

### Velocidades de combustión

Para líquidos con temperatura de ebullición menor a temperatura ambiente

Datos

Calor de combustión 10200 kcal/kg

Calor de vaporización 90 kcal/kg

Velocidad de combustión 0,113333 kg/m2seg

Para líquidos con temperatura de ebullición mayor a la temperatura ambiente

Datos

Temperatura inicial del líquido 10 °C

Temperatura de ebullición del líquido 276 °C

Calor específico del líquido 0,4299 kcal/kg°C

Calor de combustión 10200 kcal/kg

Calor de vaporización 90 kcal/kg

Velocidad de combustión 0,050019 kg/m2seg

### Altura de llamas en recipientes circulares

Densidad aire ambiente: 1,2254 kg/m3 (condición promedio a nivel del mar)

Aceleración gravedad 9,81 metros/seg2

Diámetro recipiente 35 metros

Velocidad de combustión 0,050019 kg/m2seg

Altura de llamas 35,19982 metros Según Thomas, 1963

Altura de llamas 35,64858 metros

### Altura de llamas en recipientes rectangulares

Frente del recinto 90 metros

Profundidad del recinto 86 metros

Velocidad de combustión 0,050019 kg/m2seg

Beq 43,48283

Altura de llamas 67,40625

### Intensidad de radiación emitida

Factor de fracción de radiación 0,3 (de acuerdo a B Sigales)

Velocidad de combustión 0,050019 kg/m2seg

Calor de combustión 42700 kJ/kg

Altura de llamas 67,4 metros

Intensidad de radiación emitida 83,18 Kw/m2

### Coefficiente de transmisión atmosférica

Según Pietersen y Huerta

Distancia superficie llama al blanco 14 metros

Presión de vapor 1210 Pa

Coefficiente de transmisión d: 0,840909

Temp °	Presión vapor (Pa)		
2	700	18	2040
4	800	20	2310
6	920	22	2610
8	1060	24	2940
10	1210	26	3320
12	1380	28	3730
14	1580	30	4190

## POOL FIRES - TANK FIRES

Objeto: Determinación distancia de zona de alerta (exposición indefinida de personas sin daños)

### Velocidades de combustión

Para líquidos con temperatura de ebullición menor a temperatura ambiente

Datos

Calor de combustión 10200 kcal/kg  
Calor de vaporización 90 kcal/kg  
Velocidad de combustión 0,113333 kg/m2seg

Para líquidos con temperatura de ebullición mayor a la temperatura ambiente

Datos

Temperatura inicial del líquido 10 °C  
Temperatura de ebullición del líquido 275 °C  
Calor específico del líquido 0,4299 kcal/kg°C  
Calor de combustión 10200 kcal/kg  
Calor de vaporización 90 kcal/kg  
Velocidad de combustión 0,050019 kg/m2seg

### Altura de llamas en recipientes circulares

Densidad aire ambiente: 1,2254 kg/m3 (condición promedio a nivel del mar)  
Aceleración gravedad 9,81 metros/seg2  
Diámetro recipiente 36 metros  
Velocidad de combustión 0,050019 kg/m2seg  
Altura de llamas 35,19982 metros Según Thomas, 1963  
Altura de llamas 35,64558 metros

### Altura de llamas en recipientes rectangulares

Frente del recinto 90 metros  
Profundidad del recinto 66 metros  
Velocidad de combustión 0,050019 kg/m2seg  
Beq 43,48283  
Altura de llamas 67,40625

### Intensidad de radiación emitida

Factor de fracción de radiación 0,3 (de acuerdo a B Sigales)  
Velocidad de combustión 0,050019 kg/m2seg  
Calor de combustión 42700 kJ/kg  
Altura de llamas 67,4 metros  
Intensidad de radiación emitida 83,18 Kw/m2

### Coefficiente de transmisión atmosférica

Según Pietersen y Huerta

Distancia superficie llama al blanco 138 metros  
Presión de vapor 1210 Pa  
Coefficiente de transmisión d: 0,684402

Temp °	Presion vapor (Pa)		
2	700	18	2040
4	800	20	2310
6	920	22	2610
8	1060	24	2940
10	1210	26	3320
12	1380	28	3730
14	1580	30	4190

### POOL FIRES - TANK FIRES

Objeto: Determinación distancia de zona de alerta (exposición indefinida de personas sin daños)

#### Velocidades de combustión

Para líquidos con temperatura de ebullición menor a temperatura ambiente

Datos

Calor de combustión 10200 kcal/kg  
Calor de vaporización 90 kcal/kg  
Velocidad de combustión 0,113333 kg/m2seg

Para líquidos con temperatura de ebullición mayor a la temperatura ambiente

Datos

Temperatura inicial del líquido 10 °C  
Temperatura de ebullición del líquido 276 °C  
Calor específico del líquido 0,4299 kcal/kg°C  
Calor de combustión 10200 kcal/kg  
Calor de vaporización 90 kcal/kg  
Velocidad de combustión 0,050019 kg/m2seg

#### Altura de llamas en recipientes circulares

Densidad aire ambiente: 1,2254 kg/m3 (condición promedio a nivel del mar)  
Aceleración gravedad 9,81 metros/seg2  
Diámetro recipiente 35 metros  
Velocidad de combustión 0,050019 kg/m2seg  
Altura de llamas 35,19982 metros Según Thomas, 1963  
Altura de llamas 35,64558 metros

#### Altura de llamas en recipientes rectangulares

Frente del recinto metros  
Profundidad del recinto metros  
Velocidad de combustión kg/m2seg  
Beq 0  
Altura de llamas 0

#### Intensidad de radiación emitida

Factor de fracción de radiación 0,3 (de acuerdo a B Sigales)  
Velocidad de combustión 0,050019 kg/m2seg  
Calor de combustión 42700 kJ/kg  
Altura de llamas 35,6 metros  
Intensidad de radiación emitida 157,49 Kw/m2

#### Coefficiente de transmisión atmosférica

Según Pietersen y Huerta

Distancia superficie llama al blanco 145 metros  
Presión de vapor 1210 Pa  
Coefficiente de transmisión d: 0,881381

Temp °	Presion vapor (Pa)
2	700 18 2040
4	800 20 2310
6	920 22 2610
8	1060 24 2940
10	1210 26 3320
12	1380 28 3730
14	1580 30 4190

## ANEXO II

### JET FIRE MODEL

Central Termica Guillermo Brown  
Simulacion para velocidad de viento 3 ms

#### GAS OUTFLOW DUE TO PIPELINE LEAK

##### FUEL

Name : METHANE  
Physical state : Vapor phase only

##### CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight : 16.04  
Boiling point : -161.55 °C  
Critical temperature : 190.4 K  
Critical pressure : 46.0 bar  
Ratio of specific heats of vapor : 1.300

##### CALCULATED PROPERTIES

Vapor compressibility factor : 0.84  
Vapor density : 56.81 kg/cu m

##### PIPELINE DATA

Pipeline temperature : 10.0 °C  
Pipeline pressure (absolute) : 70.0 bar  
Pipeline diameter : 406.0 mm  
Hole diameter : 81.0 mm  
Discharge coefficient : 0.63  
Substance release rate : 4.32E+01 kg/s  
Choked flow : Sí

##### LOCAL AMBIENT CONDITIONS

Air temperature : 20.0 °C  
Ambient pressure : 1.01 bar  
Wind Speed : 3.0 m/s

##### RESULTS

Maximum flame extent : 44.61 m  
Visible flame length : 36.19 m  
Flame lift-off : 8.42 m  
Average flame diameter : 12.36 m  
Maximum emissive power : 287.0 kW/m<sup>2</sup>  
Height for Radiation Calculations : 1.0 m

Radiation (kW/m <sup>2</sup> )	Distance from center of jet (m)
22.3	17.08
12.5	38.69
3.0	92.78

Distance from jet centerline (m)	Radiation (kW/m <sup>2</sup> )
1.00	Unable to calculate flux
2.00	Unable to calculate flux
3.00	Unable to calculate flux
4.00	Unable to calculate flux
5.00	Unable to calculate flux
6.00	Unable to calculate flux
7.00	Unable to calculate flux
10.00	Unable to calculate flux

25.00	19.21
50.00	8.82

---

## JET FIRE MODEL

Central Termica Guillermo Brown  
Simulacion para velocidad de viento 6 ms

## GAS OUTFLOW DUE TO PIPELINE LEAK

## FUEL

Name : METHANE  
Physical state : Vapor phase only

## CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight : 16.04  
Boiling point : -161.55 °C  
Critical temperature : 190.4 K  
Critical pressure : 46.0 bar  
Ratio of specific heats of vapor : 1.300

## CALCULATED PROPERTIES

Vapor compressibility factor : 0.84  
Vapor density : 56.81 kg/cu m

## PIPELINE DATA

Pipeline temperature : 10.0 °C  
Pipeline pressure (absolute) : 70.0 bar  
Pipeline diameter : 406.0 mm  
Hole diameter : 81.0 mm  
Discharge coefficient : 0.63  
Substance release rate : 4.32E+01 kg/s  
Choked flow : Si

## LOCAL AMBIENT CONDITIONS

Air temperature : 20.0 °C  
Ambient pressure : 1.01 bar  
Wind Speed : 6.0 m/s

## RESULTS

Maximum flame extent : 37.17 m  
Visible flame length : 30.52 m  
Flame lift-off : 6.65 m  
Average flame diameter : 10.89 m  
Maximum emissive power : 287.0 kW/m<sup>2</sup>  
Height for Radiation Calculations : 1.0 m

Radiation (kW/m <sup>2</sup> )	Distance from center of jet (m)
25.4	14.05
12.5	34.91
3.0	81.57

Distance from jet centerline (m)	Radiation (kW/m <sup>2</sup> )
2.00	Unable to calculate flux
3.00	Unable to calculate flux
4.00	Unable to calculate flux
5.00	Unable to calculate flux
6.00	Unable to calculate flux
7.00	Unable to calculate flux
10.00	Unable to calculate flux
25.00	18.41
50.00	7.31

## JET FIRE MODEL

Central Termica Guillermo Brown  
Simulacion para velocidad de viento 12 ms

## GAS OUTFLOW DUE TO PIPELINE LEAK

## FUEL

Name : METHANE  
Physical state : Vapor phase only

## CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight : 16.04  
Boiling point : -161.55 °C  
Critical temperature : 190.4 K  
Critical pressure : 46.0 bar  
Ratio of specific heats of vapor : 1.300

## CALCULATED PROPERTIES

Vapor compressibility factor : 0.84  
Vapor density : 56.81 kg/cu m

## PIPELINE DATA

Pipeline temperature : 10.0 °C  
Pipeline pressure (absolute) : 70.0 bar  
Pipeline diameter : 406.0 mm  
Hole diameter : 81.0 mm  
Discharge coefficient : 0.63  
Substance release rate : 4.32E+01 kg/s  
Choked flow : Si

## LOCAL AMBIENT CONDITIONS

Air temperature : 20.0 °C  
Ambient pressure : 1.01 bar  
Wind Speed : 12.0 m/s

## RESULTS

Maximum flame extent : 34.25 m  
Visible flame length : 28.69 m  
Flame lift-off : 5.57 m  
Average flame diameter : 11.0 m  
Maximum emissive power : 287.0 kW/m<sup>2</sup>  
Height for Radiation Calculations : 1.0 m

Radiation (kW/m <sup>2</sup> )	Distance from center of jet (m)
25.0	19.29
12.5	35.53
3.0	80.36

Distance from jet centerline (m)	Radiation (kW/m <sup>2</sup> )
2.00	Unable to calculate flux
3.00	Unable to calculate flux
4.00	Unable to calculate flux
5.00	Unable to calculate flux
6.00	Unable to calculate flux
7.00	Unable to calculate flux
10.00	Unable to calculate flux
25.00	19.56
50.00	7.27

JET FIRE MODEL

Central Termica Guillermo Brown  
Simulacion para velocidad de viento 3 ms  
Rotura total del gasoducto

GAS OUTFLOW DUE TO PIPELINE RUPTURE

FUEL

Name : METHANE  
Physical state : Vapor phase only

CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight : 16.04  
Boiling point : -161.55 °C  
Critical temperature : 190.4 K  
Critical pressure : 46.0 bar  
Ratio of specific heats of vapor : 1.300

CALCULATED PROPERTIES

Vapor compressibility factor : 0.84  
Vapor density : 56.81 kg/cu m

PIPELINE DATA

Pipeline temperature : 10.0 °C  
Pipeline pressure (absolute) : 70.0 bar  
Pipeline diameter : 406.0 mm  
Discharge coefficient : 0.63  
Substance release rate : 1.09E+03 kg/s  
Choked flow : Sí

LOCAL AMBIENT CONDITIONS

Air temperature : 20.0 °C  
Ambient pressure : 1.01 bar  
Wind Speed : 3.0 m/s

RESULTS

Maximum flame extent : 184.11 m  
Visible flame length : 149.4 m  
Flame lift-off : 34.72 m  
Average flame diameter : 51.02 m  
Maximum emissive power : 287.0 kW/m<sup>2</sup>  
Height for Radiation Calculations : 1.0 m

Radiation (kW/m <sup>2</sup> )	Distance from center of jet (m)
25.0	Unable to calculate distance to this flux
17.2	73.11
12.5	130.75
3.0	347.37

Distance from jet centerline (m)	Radiation (kW/m <sup>2</sup> )
1.00	Unable to calculate flux
2.00	Unable to calculate flux
3.00	Unable to calculate flux
4.00	Unable to calculate flux
5.00	Unable to calculate flux
6.00	Unable to calculate flux
7.00	Unable to calculate flux
10.00	Unable to calculate flux
25.00	Unable to calculate flux
50.00	Unable to calculate flux

## JET FIRE MODEL

Central Termica Guillermo Brown  
Simulacion para velocidad de viento 6 ms  
Rotura total del gasoducto

## GAS OUTFLOW DUE TO PIPELINE RUPTURE

## FUEL

Name : METHANE  
Physical state : Vapor phase only

## CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight : 16.04  
Boiling point : -161.55 °C  
Critical temperature : 190.4 K  
Critical pressure : 46.0 bar  
Ratio of specific heats of vapor : 1.300

## CALCULATED PROPERTIES

Vapor compressibility factor : 0.84  
Vapor density : 56.81 kg/cu m

## PIPELINE DATA

Pipeline temperature : 10.0 °C  
Pipeline pressure (absolute) : 70.0 bar  
Pipeline diameter : 406.0 mm  
Discharge coefficient : 0.63  
Substance release rate : 1.09E+03 kg/s  
Choked flow : Si

## LOCAL AMBIENT CONDITIONS

Air temperature : 20.0 °C  
Ambient pressure : 1.01 bar  
Wind Speed : 6.0 m/s

## RESULTS

Maximum flame extent : 153.41 m  
Visible flame length : 126.07 m  
Flame lift-off : 27.33 m  
Average flame diameter : 44.96 m  
Maximum emissive power : 287.0 kW/m<sup>2</sup>  
Height for Radiation Calculations : 1.0 m

Radiation (kW/m <sup>2</sup> )	Distance from center of jet (m)
25.0	Unable to calculate distance to this flux
19.5	60.58
12.5	120.70
3.0	304.15

Distance from jet centerline (m)	Radiation (kW/m <sup>2</sup> )
2.00	Unable to calculate flux
3.00	Unable to calculate flux
4.00	Unable to calculate flux
5.00	Unable to calculate flux
6.00	Unable to calculate flux
7.00	Unable to calculate flux
10.00	Unable to calculate flux
25.00	Unable to calculate flux
50.00	18.45

JET FIRE MODEL

Central Termica Guillermo Brown  
Simulacion para velocidad de viento 12 ms  
Rotura total del gasoducto

GAS OUTFLOW DUE TO PIPELINE RUPTURE

FUEL

Name : METHANE  
Physical state : Vapor phase only

CONSTANT PROPERTIES

Molecular weight : 16.04  
Boiling point : -161.55 °C  
Critical temperature : 190.4 K  
Critical pressure : 46.0 bar  
Ratio of specific heats of vapor : 1.300

CALCULATED PROPERTIES

Vapor compressibility factor : 0.84  
Vapor density : 56.81 kg/cu m

PIPELINE DATA

Pipeline temperature : 10.0 °C  
Pipeline pressure (absolute) : 70.0 bar  
Pipeline diameter : 406.0 mm  
Discharge coefficient : 0.63  
Substance release rate : 1.09E+03 kg/s  
Choked flow : Si

LOCAL AMBIENT CONDITIONS

Air temperature : 20.0 °C  
Ambient pressure : 1.01 bar  
Wind Speed : 12.0 m/s

RESULTS

Maximum flame extent : 141.37 m  
Visible flame length : 118.73 m  
Flame lift-off : 22.64 m  
Average flame diameter : 45.4 m  
Maximum emissive power : 287.0 kW/m<sup>2</sup>  
Height for Radiation Calculations : 1.0 m

Radiation (kW/m <sup>2</sup> )	Distance from center of jet (m)
25.0	Unable to calculate distance to this flux
23.1	55.50
12.5	125.51
3.0	300.25

Distance from jet centerline (m)	Radiation (kW/m <sup>2</sup> )
2.00	Unable to calculate flux
3.00	Unable to calculate flux
4.00	Unable to calculate flux
5.00	Unable to calculate flux
6.00	Unable to calculate flux
7.00	Unable to calculate flux
10.00	Unable to calculate flux
25.00	Unable to calculate flux
50.00	22.72