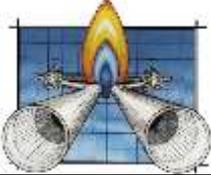
	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	I
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 1 de 20

## Índice

<b>I. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO .....</b>	<b>2</b>
<b>I.1 BASES DE DISEÑO .....</b>	<b>2</b>
I.1.1 Proyecto Civil .....	2
I.1.2. Proyecto Mecánico .....	5
I.1.3. Proyecto Sistema Contra-Incendio .....	7
<b>I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO.....</b>	<b>8</b>
I.2.1. Hojas de seguridad .....	12
I.2.2. Almacenamiento .....	15
<b>I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>I.4 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO. ....</b>	<b>19</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1 Condiciones y propiedades de trabajo normales de los tanques de GNC.....	16
Tabla 2 Principales zonas colindantes del proyecto.....	19

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Junio del 2019</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 2 de 20</b>

## **I. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO**

### **I.1 BASES DE DISEÑO**

La ubicación donde se pretende instalar la Estación de Compresión de Gas Natural (EC), se encuentra en una zona que no es susceptible a fenómenos naturales como Huracanes y Tormentas Tropicales, sin embargo no está exenta de inundaciones ya que al tratarse de un estado que se localiza en la zona Centro del País, es propensa a la llegada de los remanentes de dichos fenómenos naturales, pero que en la zona donde se ubicará la EC no se tienen registros de afectaciones directas por este tipo de fenómenos; en cuanto a sismología, el proyecto se encuentra en una zona baja de actividad sísmica, por lo que no se cuenta con registros históricos de movimientos telúricos que hayan causado graves daños en el municipio de Celaya. Así mismo, el municipio de Celaya se localiza fuera del área de influencia de volcanes que actualmente se encuentren activos o inactivos, por lo que dicho territorio no es susceptible a afectaciones por actividad volcánica.

Por los motivos señalados, no se requiere de criterios de diseño especiales en la instalación a consecuencia de características del sitio o por la susceptibilidad de la zona a fenómenos naturales y efectos meteorológicos adversos.

Aunado a lo anterior, se consideraron los criterios generales más importantes y las bases que rigen el diseño de ingeniería civil; los detalles, así como las dimensiones finales de las estructuras y cimentaciones, se definirán durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle y se verán reflejados en los planos y memorias de cálculo que serán emitidos para construcción.

La normatividad aplicable en este proyecto y las buenas prácticas de Ingeniería deben conducir a análisis y diseños que garanticen la resistencia, la seguridad estructural, la seguridad de los equipos y de las personas, procurando la economía de las instalaciones.

Para el diseño de la Estación de Compresión (EC), la ingeniería se elaboró en base y cumplimiento en la NOM-010-ASEA-2016 y NOM-001-SEDE en su última edición la cual rige en el tipo de proyecto a que se refiere.

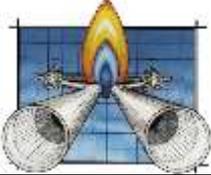
#### **I.1.1 Proyecto Civil**

##### Mecánica de suelos

GNC Hidrocarburos, S.A. de C.V. realizará un estudio de mecánica de suelos, para conocer la naturaleza del subsuelo, con el fin de estimar las características de las cimentaciones de las distintas instalaciones de las áreas, y que éste indique el tipo de material a utilizar para el mejoramiento de las áreas a construir.

##### Excavaciones

Se realizarán con equipo mecánico, fijando previamente la holguera necesaria, las tolerancias y la inclinación de los taludes (si fuese necesario), y depositando el material producto de las excavaciones en un lugar adyacente, pero sin que llegue a estorbar ni a afectar a la vegetación natural fuera del área del predio de proyecto.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Junio del 2019</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 3 de 20</b>

Los niveles de excavación serán de acuerdo a las indicaciones del proyecto, basados en el Estudio de Mecánica de Suelos que será realizado.

Los rellenos de la excavación se efectuarán en capas y con el material indicado en proyecto.

Las actividades de esta etapa consistirán en: colocar plantillas de arena, manejar, alinear y bajar tuberías, soldar y parchar uniones de tuberías, doblar e instalar curvas, realizar pruebas hidrostáticas, llevar a cabo rellenos y acarreos, lastrar tuberías donde se requiera, instalación de estaciones de inicio y llegada, de válvulas, de estaciones de regulación y medición, válvulas de control de presiones.

Además, se realizará la obra civil, mecánica y eléctrica de las instalaciones para manejar el gas natural y las áreas de servicios, que son: preparación del sitio para equipos móviles, construir la barda perimetral, preparar terracerías, construir cimentaciones, así como las áreas de servicio y los sistemas necesarios y construir las edificaciones.

#### Colocación de acero de refuerzo

El habilitado y colocación de acero de refuerzo en banquetas, guarniciones, edificios, bases, cimentación de tanques, etc., será de acuerdo al número de varillas, diámetros de éstas y resistencia, indicados en el proyecto.

#### Elaboración y vaciado de concreto

La elaboración y vaciado de concreto en banquetas, guarniciones, edificios, bases, cimentación de tanques, etc., se realizará de acuerdo a la resistencia indicada en el proyecto.

#### Banquetas y guarniciones de concreto

La localización y el trazo de los ejes de las banquetas deberán basarse en las mojoneras de referencia localizadas en la obra, de acuerdo a los planos de proyecto.

La nivelación de la base de las guarniciones y de las banquetas se obtendrá mediante las excavaciones y los rellenos necesarios, según la topografía del terreno tras el relleno y nivelación del mismo, de acuerdo al proyecto.

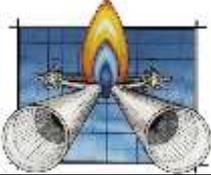
Las excavaciones se efectuarán hasta el nivel de desplante de las guarniciones o banquetas, en caso de encontrarse material no apto para la base, se procederá a eliminarlo y sustituirlo por material adecuado.

En caso de relleno, se compactará en capas no mayores de 20 cm de espesor.

El acero de refuerzo, número de varillas, diámetro y resistencia, será de acuerdo a lo indicado en el proyecto.

La cimbra podrá ser de madera o metálica, sin deformaciones ni deficiencias que afecte las dimensiones, el alineamiento o la homogeneidad del colado.

Las juntas de expansión y contracción en las losas de banquetas irán a cada 3 m de distancia entre sí, con un ancho de 13 mm. La parte superior de la junta llevará un sellador elástico.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Junio del 2019</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 4 de 20</b>

Las juntas entre las guarniciones y las losas de las banquetas serán de 3 a 6 mm de ancho y se rellenarán y sellarán de igual forma que las juntas de expansión de las losas.

*Pisos de concreto hidráulico para tránsito pesado*

Se instalarán en calles de rodamiento, así como en el área de descarga, la resistencia del concreto y la colocación de acero de refuerzo, que estarán determinadas por las especificaciones del proyecto.

*Pisos de concreto asfáltico*

Se instalarán en calles interiores de la EC, estacionamiento y calles perimetrales, sus dimensiones serán de acuerdo a proyecto.

*Aplicación de recubrimientos.*

Durante la aplicación hay que tomar en cuenta las siguientes precauciones:

- Suspender si la temperatura está debajo de 10 grados centígrados, si la superficie está húmeda por efecto de la lluvia o por condensación de la humedad.
- Si la superficie fue preparada por medio de chorro de arena, el recubrimiento no deberá de aplicarse después de 3 horas de efectuada la limpieza. En estructuras muy grandes como son los tanques, esto es posible, sin embargo, hay que aplicarla lo más pronto posible para evitar el ataque corrosivo porque queda la superficie muy activa.
- La aplicación puede ser hecha a base de rodillo, brocha o por aspersión. Ésta última es la más utilizada para los tanques de almacenamiento.

*Selección del sistema anticorrosivo*

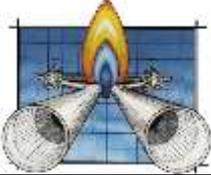
Los sistemas utilizados son muy variados. Se tienen recubrimientos primarios que están encaminados a la obtención de una buena adherencia con el metal, inhibir la corrosión y dar una superficie áspera para la aplicación del acabado.

El acabado representa la capa exterior del sistema que está en contacto con el medio ambiente, promueve la impermeabilidad del sistema y la resistencia al medio corrosivo.

Los enlaces, son recubrimientos que dan compatibilidad de adherencia entre un primario y un acabado.

La supervisión del recubrimiento contempla la supervisión de la limpieza, la supervisión de la aplicación y la supervisión posterior a la aplicación.

La supervisión posterior a la aplicación considera el tiempo de secado, la apariencia, la cual debe de estar libre de grumos y deformaciones, el espesor de la película seca, adherencia y por último, la prueba de continuidad de película certificada con los aparatos holiday.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Junio del 2019</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 5 de 20</b>

### Cerca, entrada y caseta de seguridad

El cercado de seguridad marcará un límite visible alrededor de la propiedad. En las ECs las cercas estarán construidas de mampostería con columnas de concreto intermedias. El propósito de las mismas es desalentar a personas no autorizadas de entrar a la estación. Dos entradas de peatones y para vehículos serán instaladas en la entrada principal. Las casetas de seguridad serán instaladas en la entrada principal para permitir a los guardias de seguridad revisar vehículos, la carga y personas a bordo, así como a los peatones que vayan a ingresar.

Por último, se instalarán las áreas verdes, conforme al proyecto de áreas verdes que se desarrolle al final del proyecto, considerando especies nativas de la zona, y respetando todas las que se puedan que ya se encuentran en lo que serán los espacios destinados a estas áreas verdes.

### Limpieza y arranque

Una vez concluida la construcción completa de la EC, la superficie del predio será limpiada para dejarla libre de escombros y permitir la instalación de las especies vegetales en las áreas verdes contempladas. Se tomarán medidas para minimizar la erosión de la superficie perimetral, restaurar el contorno natural lo mejor posible y permitir el drenaje natural de la superficie. En áreas donde se afecte pavimentación se restaurará la carpeta asfáltica en caso de existir ésta y se cuidará dejar todas las condiciones lo más natural posible.

## **I.1.2 Proyecto Mecánico**

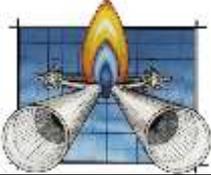
### Materiales de construcción.

Para la realización de esta obra deberán considerarse las especificaciones de fabricación y las propiedades de los materiales que se encuentran comprendidas en el conjunto de normas y referencias que marque la regulación mexicana y las referencias internacionales de los Códigos ASME, ASTM, API, ANSI, AWS, etc., aplicando el Código ANSI en el interior de la EC y en las instalaciones superficiales en general.

### Válvulas de esfera.

Válvulas esféricas de paso completo y continuado, con bridas 150 ANSI, R.F. según especificación MSS-SP-44, con cuerpo integral soldado o ensamblado según fabricante con autorización vigente de American Petroleum Institute para uso del monograma API-6D (no se aceptan válvulas de fabricantes sin registro del API-6D), suministradas con pintura exterior anticorrosiva conforme a la especificación a los estándares o códigos internacionales que apliquen.

Materiales de fabricación: Cuerpo y esfera de acero al carbón fundido ASTM-A-216, grado WCB, de acero al carbón forjado ASTM-A-105 o a partir de placa de acero al carbón ASTM-A-515 o 516, grado 70; brida de acero al carbón ASTM-A-105; vástago y muñón de acero 17-4PH, AISI-4130 ó 4140; anillo de asiento de acero inoxidable 316; insertos del cuerpo de la válvula de nylon ó teflón; sellos del cuerpo de la válvula de teflón; empaquetadura del vástago de teflón, marca Walworth, Camerón, Fipsa

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	I
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 6 de 20

o similar, con actuador rotatorio eléctrico montado y probado en planta por el fabricante de las válvulas.

#### Actuadores.

Cada actuador deberá contar con una brida de acoplamiento para montaje directo sobre el vástago de la válvula esférica, a fin de evitar empujes laterales que dañen el interior de la válvula, así como todos los accesorios y aditamentos para operación del actuador en forma local y un sistema operativo para actuación remota desde tablero de control de las estaciones de bombeo, dispositivo de transferencia de mando y las facilidades de control para un paro de emergencia.

#### Válvula macho.

Fabricada de acero al carbón fundido especificación 150 ANSI, R.F. para 4" de diámetro y mayores.

#### Válvulas para tomas de presión.

Fabricadas en clase 150 (380 psig A 100 grados F) de acero forjado ASTM-A-105, para 1 ½" de diámetro y mayores.

#### Válvulas para instrumentos.

Fabricadas de globo tipo aguja de acero al carbón formado ASTM-A-105, para 1 ½" de diámetro y mayores.

#### Bridas.

Todas serán clase 150 ANSI, R.F. de acero al carbón forjado ASTM-A-105, de 2" a 30" de diámetro con cuello para soldar dimensionadas de acuerdo con ANSI B 16.5.

#### Conexiones soldables (codos, tees, reducciones, etc.).

Fabricadas de 2" a 30" de diámetro de acero al carbón ASTM-A-234, grado WPB cédula 20 como mínimo.

#### Conexiones de embutir.

Conexiones para soldar (SW) de acero al carbón forjado ASTM-A-105, 400 libras WOG, para 1 ½" de diámetro y menores.

#### Insertos.

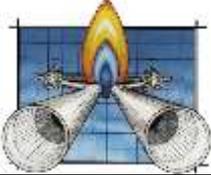
Weldolets de acero al carbón forjado ASTM-A-105, todos los diámetros.

#### Bridas de anclaje.

Bridas de acero al carbón forjado ASTM-A-105 Ó MSS-SP-44, grado F-60.

#### Tubería instalaciones superficiales.

Para superficiales ASTM-53, grado B o A-106, grado B, para 1" de diámetro y menores con extremos planos y para 2" de diámetro y mayor con extremos biselados para soldar, de 10" de diámetro y menor deberá ser sin costura.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>	CAPITULO	I
	<b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 7 de 20

**Empaques.**

Para uniones bridadas de espirometalicos tipo CG o similar, todos los diámetros.

**Espárragos.**

De acero al carbón ASTM-A-197, grado B- 7 con dos tuercas hexagonales cada uno de acero al carbón ASTM-A-194, grado 2H, todos los diámetros y longitudes.

**Manómetros indicadores de presión para montaje local.**

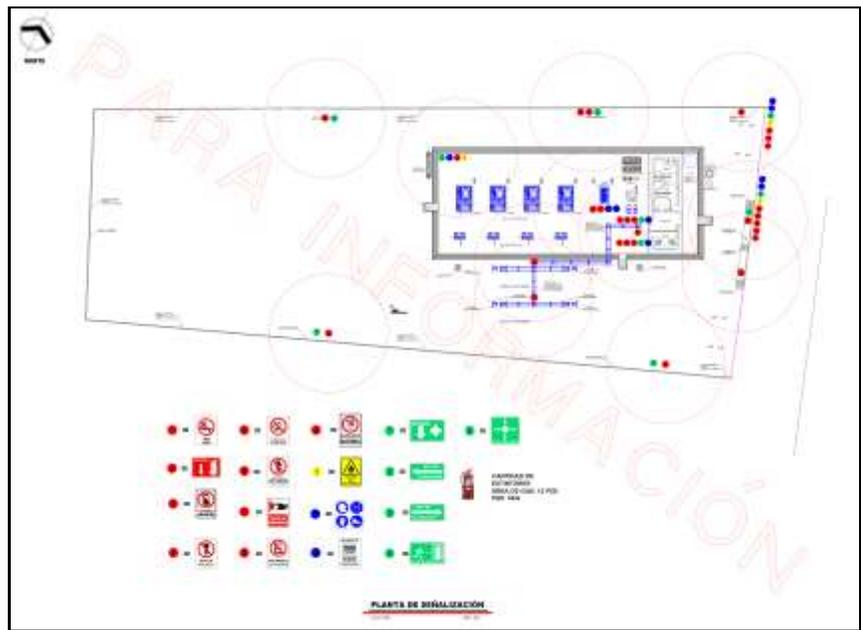
Provistos con carátula blanca de 4 ½” de diámetro, caja fenólica. Anillo roscado, elemento de presión tipo Bourdon de acero inoxidable 316, con conexión inferior a proceso de acero inoxidable 316 de 1 1/4” N.P.T. o similar.

**Unión aislante.**

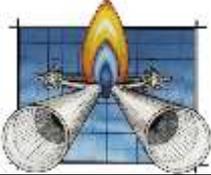
Tipo monoblock especificación 150 ANSI o similar modelo 1K, con resistencia eléctrica medida con 1 000 V de corriente directa de 40 mega ohms en promedio y resistencia dieléctrica a la tensión de perforación entre 15 000 y 2 000 Volts para instalarse en tubería API-SPC-5L, grado X-42 o grado B.

**I.1.3 Proyecto Sistema Contra-Incendio**

Para el presente proyecto solo se tiene contemplado como sistema contra incendio, la instalación de extintores de Polvo Químico Seco, distribuidos de manera estratégica dentro de la Estación de Compresión. Para mayor detalle. Ver Plano GNC-GTO-CEL-ECE-EC-ASEA-SÑL-18\_01 ( REV C ) en **Anexo 1.**



**Figura 1. Distribución de los extintores dentro de la EC.**

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	I
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 8 de 20

## I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

### Áreas:

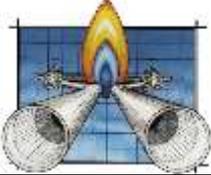
- ✓ Área de Acometida de Gas o de Estación de Regulación y Medición (ERM).
- ✓ Área de Compresores ó Recinto.
- ✓ Área de Subestación eléctrica / Cuarto de Tableros.
- ✓ Área de Servicios Propios (Oficina de Mantenimiento, Almacén de Refacciones, Almacén de Aceites y Almacén de Residuos Peligrosos).
- ✓ Área de Postes de llenado (fill Post).
- ✓ Área de Oficinas.
- ✓ Área de Patio de Maniobras.
- ✓ Áreas Verdes.

### Sistemas:

- ✓ Sistema de Tubería de Gas Natural en Baja Presión.
- ✓ Sistema de Tubería de Gas Natural en Alta Presión.
- ✓ Sistema de Filtrado o Secado del Gas Natural (cuando aplique).
- ✓ Sistema de Compresión de Gas Natural.
- ✓ Sistema de Aire Comprimido.
- ✓ Sistema de Despacho.
- ✓ Sistema de Alumbrado y Contactos.
- ✓ Sistema de Distribución de Fuerza Eléctrica.
- ✓ Sistema de Tierra Física.
- ✓ Sistema de Pararrayos.
- ✓ Sistema de Voz y Datos.
- ✓ Sistema de Monitoreo, Seguridad y Alarmas.
- ✓ Sistema de Drenajes de Aguas Negras y Pluviales.
- ✓ Sistema de Agua Potable.

### Equipos:

- ✓ Estación de Filtración, Regulación y Medición (ERM).
- ✓ Filtros Coalescentes/Adsorbentes o Secadores de Gas Natural.
- ✓ Compresores de Gas Natural.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	I
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 9 de 20

- ✓ Postes de llenado.
- ✓ Subestación eléctrica.
- ✓ Transformador de Potencia.
- ✓ Tablero General de Distribución.
- ✓ Planta de Emergencia.
- ✓ Tablero de Transferencia.
- ✓ Centro de Control de Motores.
- ✓ Transformador de Distribución.
- ✓ Tablero de Distribución de Alumbrado y Contactos.
- ✓ Compresor de Aire

**Ver en Anexo 1.** Planos del Proyecto.

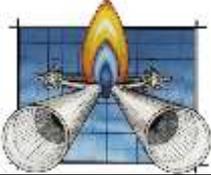
### **FILOSOFÍA TÉCNICA DE OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN COMPRESIÓN.**

El gas es entregado por la empresa Pemex, hasta una **Estación de Filtración, Regulación y Medición (ERM)**, que queda en custodia de la empresa transportista, donde la empresa transportista controla y mide las diferentes variables del suministro como son presión, volumen, flujo, poder calorífico, temperatura, entre otros. A la salida de la ERM, el gas debe mantener una presión constante sin ser afectado por el flujo o temperatura.

Como el gas natural es usualmente transportado a las estaciones a través de gasoductos, y este puede estar en un rango de presión de 2 a 45 kg/cm<sup>2</sup> (28 a 650 Psi), la cual es muy baja para su transportación terrestre y almacenamiento, el gas debe ser comprimido, sin embargo, antes de ser comprimido el gas debe ser acondicionado, lo que significa retirar una posible concentración de vapor de agua a través de un filtro coalescente/adsorbente, que es un con un elemento filtrante que retiene la humedad del gas ó con un equipo más eficiente como un secador de gas (en caso de ser necesario).

A pesar de que los efectos de la humedad en los sistemas de gas natural no siempre son inmediatamente evidentes, y la creencia de que el gas ya está seco. Se debe tenerse en cuenta que, aunque el punto de rocío del gas puede ser tan bajo como -40 ° C en la tubería a presión, los efectos de la compresión afecta el punto de rocío del gas.

Las leyes físicas dictan que el punto de rocío de un gas aumenta a medida que aumenta su presión. Por lo tanto, aunque el punto de rocío del gas en una tubería dada puede ser muy bajo cuando llega al compresor, será significativamente mayor cuando el gas sale del compresor. Esta es la razón por la cual es necesario instalar **equipo de filtrado ó secadores de adsorción de gas**. Especialmente en las zonas donde las temperaturas más bajas se encuentran durante los meses más fríos del invierno. De no contar con estos equipos, los líquidos condensados se acumularán en los recipientes ocupando

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	I
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 10 de 20

un volumen muerto y por ser líquidos afectaran la combustión y además pueden llegar a provocar corrosión en el interior de los tanques de almacenamiento y transporte, acelerando su tiempo de vida del equipo.

Con el gas ya acondicionado, pasa a la siguiente etapa del proceso que es la de compresión del gas, en donde se incrementa su presión hasta los 4200 Psi aproximadamente. Para lo anterior se cuenta con los equipos de compresión.

**El compresor** utilizado es del tipo pistón, reciprocante, de 3 etapas de compresión. El trabajo de cada compresor esta operado por un Controlador Lógico Programable (PLC), y se cuenta con un (PLC Maestro), el cual decide cuándo y cuantos compresores se requieren para mantener la presión de descarga.

El sistema electrónico de los equipos de compresión requiere de una gran cantidad de elementos eléctricos y electrónicos de control, tales como sensores, transductores de presión y temperatura, indicadores de presión, temperatura, y nivel, válvulas con actuadores neumáticos, etc. Dispositivos con los que se monitorea permanentemente los parámetros y condiciones de los equipos y de igual manera condiciones para provocar un paro de emergencia como puede ser detección de una concentración de mezcla de gas explosiva en el ambiente, altas temperaturas en las etapas de compresión, altas presiones de descarga, etc. Lo que significa que **el sistema es inteligente y seguro.**

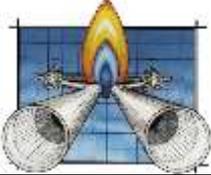
Las válvulas automáticas cuentan con actuador neumático las cuales requieren de aire comprimido para su operación o gas natural a una presión de 2 a 6 kilogramos., prácticamente todas son normalmente cerradas. El aire es controlado por válvulas solenoides que son comandadas por el PLC, y ante la pérdida de energía eléctrica o perdida de suministro de aire comprimido o gas natural o por la activación de algún paro de emergencia o situación de alarma de los equipos, las válvulas se cierran y el servicio se suspende de manera parcial o total.

Los equipos de compresión cuentan con un intercambiador de calor el cual permite enfriar por transferencia de calor a través de ventilación forzada el gas a la salida de cada etapa de compresión, ya que el gas al ser comprimido y reducido, su volumen, la presión y la temperatura aumentan.

Una vez que el gas es comprimido a una alta presión, está listo para ser despachado, hacia los postes llenadores de gas. El control de lo anterior se hace a través del **Panel de control**, el cual detecta el botón de arranque en el poste y manda a encender los compresores disponibles para iniciar a comprimir gas y enviarlo hacia los postes de llenado.

El **tanque de recuperación**, el propósito fundamental de los tanques de recuperación es recircular el gas cuando ya no es necesario enviar hacia el poste llenador y así evitar sobre presiones por cierre de válvulas automáticas cuando se termina la carga.

La función de todos estos elementos es controlada automáticamente por los PLC's localizados en cada paquete de compresión, se cuenta con un PLC Maestro localizado en el CCM principal, asignado a coordinar la operación y seguridad de todos los equipos.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	I
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 11 de 20

Los operadores de la estación pueden ver el estatus de los equipos de compresión y modificar algunos de los set-points de los parámetros de operación a través de una interface al PLC, localizada en el tablero del CCM, llamado Panel View.

Esta pantalla es el punto de inicio para la interface Hombre-Máquina, a través de unas teclas de función se puede tener acceso a la operación de ciertas válvulas y motores de forma manual, deshabilitando su operación automática, y con otras funciones se puede acceder a los valores de Set-Point de referencia los cuales permiten al usuario variar algunos de los parámetros de control como sea necesario, así también por medio de esta pantalla se pueden mostrar situaciones de alarma y también se puede tener conocimiento del historial de las mismas. **Para el cambio de estos parámetros se requiere la autorización de un usuario experto.**

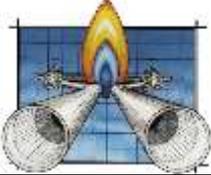
Los equipos de despacho llamados **fill post (postes de llenado)**, inician el llenado primeramente enviando gas a los tanques de almacenamiento del contenedor móvil. Una vez que la presión comienza a igualarse (al igual que el flujo disminuye), el PLC compara constantemente los parámetros de presión, para continuar y concluir la carga de la unidad móvil hasta llenarlo totalmente.

Uno de los más importantes puntos que no se debe olvidar en este tipo de estaciones, es la seguridad, la cual ha sido considerada para que el personal operario tenga acceso a esta de manera inmediata. Es decir, existen *botones de paro de emergencia*, en cada unidad de despacho, equipos de compresión, secadores, cuarto de tableros, Oficinas y otros puntos, los cuales al ser activados, desenergizan totalmente los sistemas de compresión, cierran válvulas de succión y descarga de secadores y compresores. Seguido de lo anterior la activación de una alarma audible y sonora indica situación anormal de operación. Requiriendo para su reinicio de operación el reconocimiento de la alarma y la corrección del evento que origino el paro de los equipos.

Además, cada equipo de compresión, en cada etapa de compresión y tanques de recuperación, así como tanques de almacenamiento y dispensarios, cuenta con *válvulas de seguridad* calibradas para operar a una presión superior a la de operación normal.

Y en las cabinas de los compresores, se cuenta con detectores de mezclas explosivas que son monitoreadas por el PLC y le permiten tomar decisiones como emitir desde una alarma cuando hay presencia de gas en el entorno, hasta dejar fuera de servicio el equipo de compresión al detectar una mezcla explosiva de alto riesgo.

Así también los postes de llenado cuentan con válvulas de seguridad, que operan por una sobre presión liberando el exceso de presión al ambiente.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>I</b>
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 12 de 20

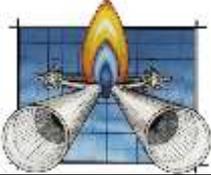
### I.2.1 Hojas de seguridad

La sustancia química peligrosa involucrada en la etapa de operación del proyecto, es el Gas Natural, por lo que a continuación se describen algunas de las características de esta sustancia.

**Nombre:** Gas Natural - Gas Metano,  
**Familia química:** Hidrocarburo parafínico,  
**Peso molecular:** 16.042,  
**Estado físico, color y olor:** Gas incoloro, inodoro e insípido,  
**Punto de fusión (760 mm Hg):** - 182.50 °C,  
**Punto de ebullición (760 mm Hg):** - 161.50 °C,  
**Temperatura crítica:** - 82.50°C,  
**Calor específico:** 1.308 Kcal/Kg,  
**Calor de fusión:** 14 Kcal/Kg,  
**Calor de vaporización:** 122 Kcal/Kg,  
**Presión crítica:** 45.8 atm,  
**Densidad crítica:** 0.162,  
**Densidad del vapor (760 mm Hg):** 0.554,  
**Densidad específica (aire= 1):** 0.68,  
**Temperatura de auto ignición:** Entre 5 370 y 6 510°C  
**Volumen crítico:** 0.098 m<sup>3</sup>/Kg/mol,  
**Solubilidad en agua:** 0.4 – 20 microgramos/100 cm<sup>3</sup>,  
**Punto de inflamación:** 5 370 °C,  
**Límite inferior de explosividad:** 5 % gas en el aire,  
**Límite superior de explosividad:** 15 % gas en el aire,  
**M<sup>3</sup> de aire para quemar 1 m<sup>3</sup> gas:** 9.53.

El gas natural es incoloro, inodoro, insípido, sin forma particular y más ligero que el aire. Se presenta en su forma gaseosa por debajo de los -161 °C. Por razones de seguridad, se le añade mercaptano, un agente químico que le da un olor a huevo podrido, con el propósito de detectar fugas de esta sustancia.

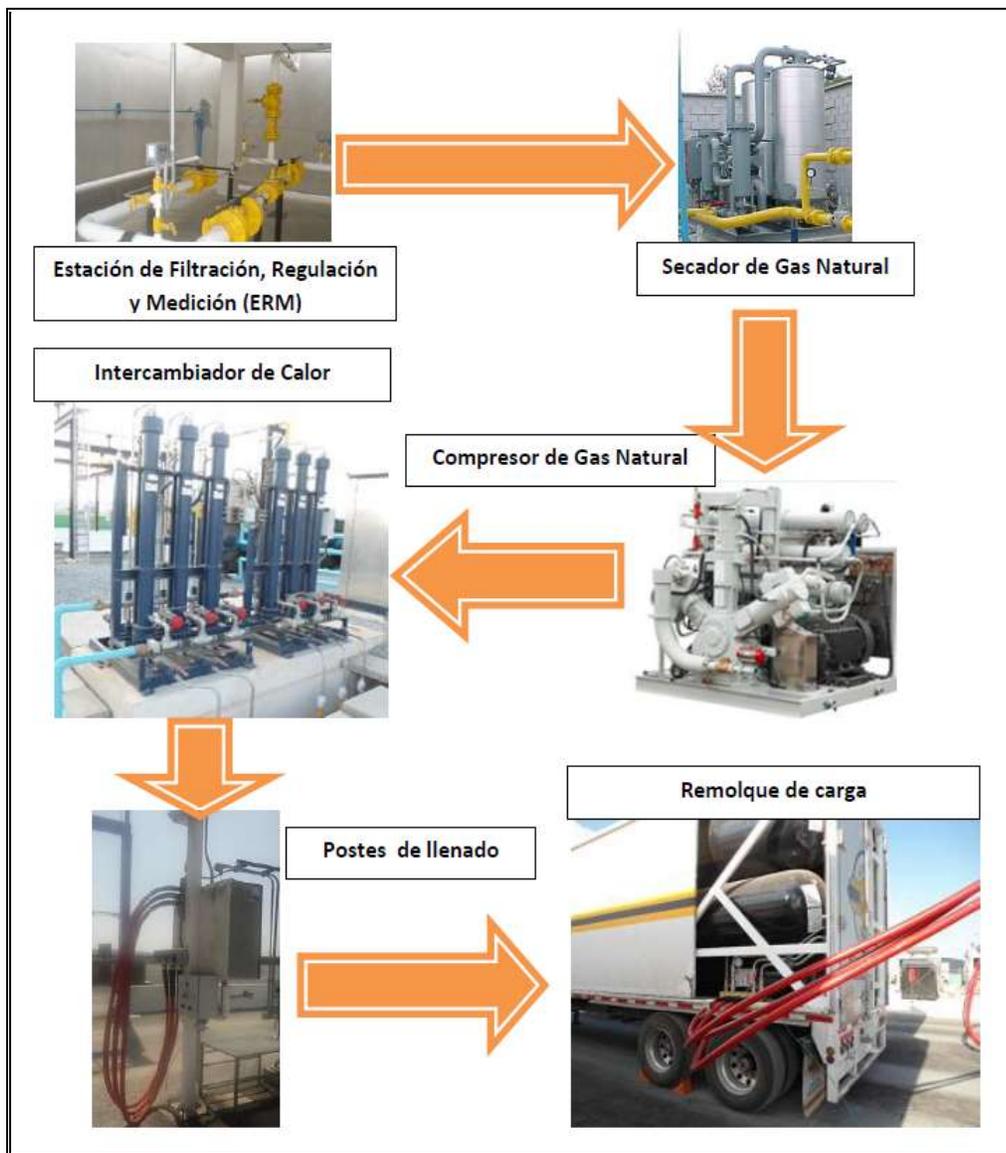
Es una mezcla de hidrocarburos ligeros, compuesto principalmente de metano, etano, propano, butanos y pentanos; además de lo anterior, cuenta con otros componentes tales como el CO<sub>2</sub>, el helio, el sulfuro de hidrógeno y el nitrógeno, su composición nunca es constante, sin embargo, se puede decir que su componente principal es el metano (mínimo 90%). Posee una estructura de hidrocarburo simple, compuesto por un átomo de carbono y cuatro de hidrógeno (CH<sub>4</sub>). Cabe mencionar, que el metano es altamente inflamable, se quema fácilmente y emite muy poca contaminación. Por lo anterior el Gas Natural no es ni corrosivo ni tóxico, su temperatura de combustión es elevada y posee un estrecho intervalo de inflamabilidad, lo que hace de él un combustible fósil seguro en comparación con otras fuentes de energía; es más ligero que el aire y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire. Esta característica permite su preferencia y explica su uso cada vez más generalizado en instalaciones domésticas e industriales y como carburante

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>	CAPITULO	I
	<b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 13 de 20

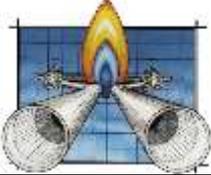
en motores de combustión interna. Además presenta ventajas ecológicas, ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles.

Así mismo el gas natural, es un asfixiante simple que no tiene propiedades peligrosas inherentes, ni presenta efectos tóxicos específicos, pero que actúa como excluyente del oxígeno para los pulmones. El efecto de los gases asfixiantes simples es proporcional al grado en que disminuye el oxígeno en el aire que se respira; por lo que en altas concentraciones puede producir asfixia.

Para mayor detalle **Ver Anexo 2.** Hoja de Seguridad.



**Figura 2 Diagrama de Flujo de la Estación de Compresión.**

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	I
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 14 de 20

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

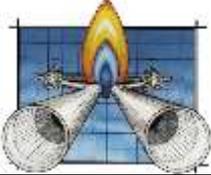
### COMPRESOR DE GNC:

Características del compresor: configuración del compresor estilo “w” diseño balanceado recíprocante para menores vibraciones y bajo nivel de ruido vida útil de servicio de un mínimo de 25 años para el cuerpo del compresor.

- ✓ Cilindros, pistones y válvulas no-lubricados anillos y empaquetaduras hechas de teflon®\* auto lubricado
- ✓ Ciclo de vida de servicio de los anillos y empaques de 5000 ~ 8000 horas
- ✓ Típicamente se transfieren menos de 5 ppm de aceite en el gas de descarga
- ✓ Intercambiadores de calor de alta eficiencia para las etapas intermedias de compresión y enfriamiento del gas descargado temperatura de salida del gas= 10 °c sobre la temperatura ambiental
- ✓ Panel de instrumentos montado que muestra el estado del sistema, las presiones y las temperaturas
- ✓ Control eléctrico (PLC) con indicadores del estado de la alarma, el plc monitorea y controla todas las funciones del compresor incluyendo encendidos y apagados.
- ✓ Filtro de descarga (1 micron) al 99.95% de eficiencia
- ✓ Tubería inter etapas protegida con válvulas de alivio con sello asme “uv”
- ✓ Todas las conexiones de las tuberías son de acero inoxidable de tipo compresión de doble férula

### TABLERO DE CONTROL ELÉCTRICO:

- ✓ Panel eléctrico asegurable nema xii que alberga a todas las conexiones eléctricas adecuado para montaje remoto en locaciones no peligrosas (interiores)
- ✓ El medidor horario muestra las horas de operación del sistema de gnc
- ✓ Contiene el switch de desconexión del motor principal con interbloqueo del panel de la puerta
- ✓ Contiene los contactores de motor, los interruptores, los transformadores, los terminales de los cables
- ✓ La operación del compresor es completamente automática y auto monitorizada con desconexiones de seguridad automáticas e indicadores de estado para las siguientes condiciones de alarma:
  - PRESIÓN DE ENTRADA ALTA / BAJA
  - TEMPERATURA DE DESCARGA ALTA EN TODAS LAS ETAPAS

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	I
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 15 de 20

- ALTA PRESIÓN AL FINAL DE LA DESCARGA
- BAJA PRESIÓN DE ACEITE
- NIVEL BAJO DE ACEITE (OPCIONAL)
- SOBRECARGA DEL MOTOR IMPULSOR
- SOBRECARGA DEL MOTOR DEL VENTILADOR
- VOLTAJE ALTO / BAJO (OPCIÓN DE PROTECCIÓN DE ENERGÍA)
- BOTÓN PULSADOR DE PARADA DE EMERGENCIA (ESD) ACTIVADO
- DETECCIÓN DEL LÍMITE INFERIOR EXPLOSIVO DEL GAS (LEL)
- DETECCIÓN DEL LÍMITE DE FUEGO O DE CALOR
- MONITOREO REMOTO PLC UPGRADE CON MODEM DE 56.6 K Y AUTO-MARCADOR

## I.2.2 Almacenamiento

En el presente proyecto no se contempla la construcción y operación de tanques de almacenamiento, ya que por el tipo de proyecto no se requiere, únicamente, se puede considerar como almacenamiento los Bancos de Gas Natural Comprimido que en su momento estarán siendo llenados dentro de la EC, de los cuales a continuación se indican sus características:

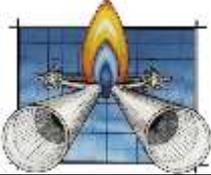
Para el transporte de GNC, desde la estación madre hasta la estación de descompresión (fuera del alcance del presente), se utilizarán recipientes cilíndricos montados en remolques (Bancos de GNC), los cuales no serán almacenados dentro de la estación, ya que éstos solo estarán por un tiempo aprox. de 6 horas mientras se carga el Gas Natural Comprimido. Las características de dichos tanques de almacenamiento se indican a continuación:

### **Características de diseño y construcción de los cilindros que conformarán el Banco de GNC:**

- Recubrimiento de polietileno de alta densidad (HDPE),
- Epóxica devanada de filamento – casco de fibra de carbono,
- Capa de poliuretano aplicada a la superficie exterior para mejorar la resistencia a abrasiones,
- Interface de tubería de acero al carbón.

### **Estándares de Construcción:**

- Construcción completa de la unidad basada en el contenedor con longitud de cuarenta pies (40'), estándar ISO 1496,
- Certificado a ABS/ISO 11439. DOT 2012.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	I
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 16 de 20

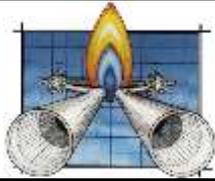
**Dispositivos de Seguridad:**

- Sistema de protección contra incendios activado térmicamente,
- Reservas de Nitrógeno para el Sistema de Protección contra Incendios,
- Válvula de Alivio de Presión,
- Válvula de Venteo.

**Tabla 1 Condiciones y propiedades de trabajo normales de los tanques de GNC.**

Remolque	Capacidad (L)	Capacidad (kg)	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Presión de servicio	Marca
Tipo 1	43 750	8 858	13 125	250 bar (3 600 psig)	Lincoln
Tipo 2	46 003	9 313	13 800		Xperion
Tipo 3	48 300	9 778	14 740		

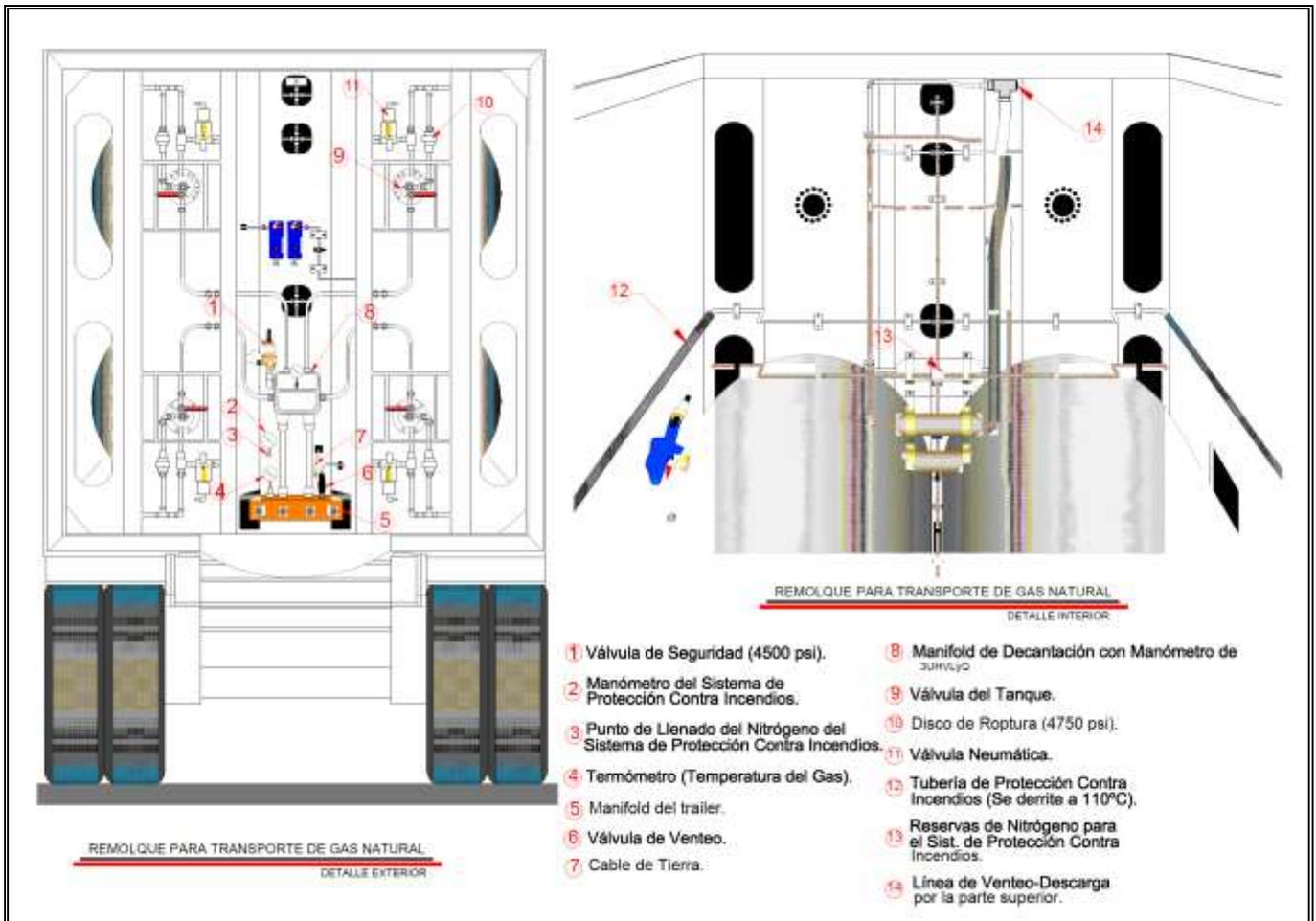
**NOTA:** Independientemente del tipo de remolque a emplear, todos los tanques serán llenados a una máxima capacidad de 11 000 m<sup>3</sup>.



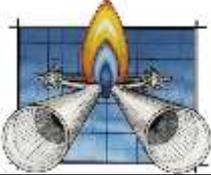
**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

**Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya**  
**Municipio de Celaya, Gto.**

CAPITULO	I
FECHA	Junio del 2019
HOJA:	Pág. 17 de 20



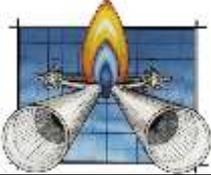
**Figura 3 Detalles de la instrumentación de seguridad y control que será instalada en los remolques de Gas Natural Comprimido.**

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	I
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 18 de 20

### I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN

A continuación, se indican las condiciones de operación de la Estación de Compresión:

Parámetro	Valor	Unidad
Medio	Gas Natural Dulce	
Rango de Gravedad Especifica	0.56 – 0.70	
Rango de Presión de descarga	250	Bar
Presión máxima de trabajo permitida	276	Bar
Rango de Presión de succión	8 - 22	Bar
Máxima Capacidad de Flujo @ 22 bar de Descarga	2 000	Sm <sup>3</sup> /h
Mínima Presión de Succión	8	Bar
Tipo de Medidor	Fluido Oscilante – Compensación por Presión y Temperatura	
Precisión	Certificado para Transferencia de Custodia	
Temperatura de entrada del Gas	30	°C
Máximo Calor del Gas de Entrada	500 000	Btu/h

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	I
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 19 de 20

#### I.4 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

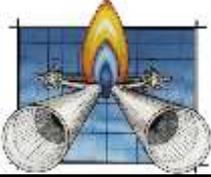
El proyecto se localizará en el municipio de Celaya, Gto., específicamente en las coordenadas siguientes:

Vértice	Coordenadas UTM Zona 14 (Datum: WGS 84)	
	Este	Norte
1	302 671.89	2 270 218.52
2	302 768.32	2 270 267.31
3	302 782.30	2 270 226.86
4	302 685.98	2 270 189.57

En la siguiente tabla se especifica la existencia de zonas vulnerables cercanas al proyecto dentro de un radio de 500 m con estricto apego a lo establecido en la Manifestación de Impacto Ambiental que acompaña al presente estudio:

**Tabla 2 Principales zonas colindantes del proyecto.**

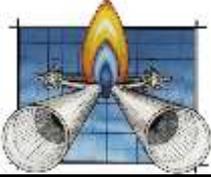
Nombre de la Instalación	Zonas interés	Distancia respecto a la Instalación (m)	Descripción
Estación de Compresión	Infraestructura	Contigua al Norte, Sur, Este y Oeste	Naves Industriales pertenecientes a la Zona Industrial donde se localizará el proyecto
	Vialidad	500 m al sur	Carretera Federal Celaya – Villagrán
	Zona habitacional	320 m al Oriente	Casas habitación pertenecientes a la zona urbana de Celaya

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	I
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 20 de 20

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

**Figura 4 Colindancias del predio donde se instalará la EC.**

Cabe mencionar, que la descripción de los aspectos abióticos como el clima (temperatura ambiente máximas, promedios, mínimas, velocidad y dirección de viento y humedad relativa, principalmente), así como los datos de geología, geomorfología y tipo de suelos de la zona donde se localizará el proyecto, se describen en el **Capítulo IV** de la Manifestación de Impacto Ambiental que acompaña al presente Estudio de Riesgo.

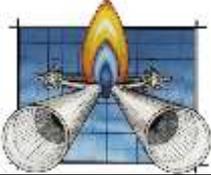
	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Junio del 2019</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 1 de 25</b>

## Índice

<b>II. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGOS .....</b>	<b>2</b>
<b>II.1 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES .....</b>	<b>2</b>
<b>II.2 ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS. ....</b>	<b>5</b>
II.2.1 Análisis HAZID .....	6
<b>II.3 ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGO.....</b>	<b>13</b>
II.3.1 Metodologías de identificación y jerarquización .....	13
II.3.2 ANÁLISIS HAZOP.....	15
<b>II.4 ANÁLISIS DE FRECUENCIAS.....</b>	<b>23</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1 Explosiones en cilindros de Gas Natural Comprimido.....	3
Tabla 2 Consecuencias (en forma descriptiva).....	8
Tabla 3 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.....	9
Tabla 4 Matriz de riesgos.....	9
Tabla 5 Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs) utilizados.....	15
Tabla 6 Nodos Seleccionados.....	17
Tabla 7 Consecuencias (en forma descriptiva).....	17
Tabla 8 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.....	19
Tabla 9 Matriz de riesgos.....	19
Tabla 10 Matriz de Riesgo considerando los resultados del HAZOP. ....	20
Tabla 11 Descripción de las fallas de mayor riesgo.....	21
Tabla 12 Fallas con repercusiones al ambiente (formación de fuego/explosión).....	22
Tabla 13 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas. ....	24
Tabla 14 Probabilidades de falla. ....	24
Tabla 15 Descripción de escenarios.....	25

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 2 de 25

## II. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGOS

### II.1 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES

Como datos históricos de incidentes y accidentes ocurridos en la operación de instalaciones de Gas Natural Comprimido, se presenta a continuación la descripción de casos ocurridos en México y otras partes del mundo, relacionados con explosiones en el manejo de GNC.

*Explosión en Estación para Compresión de Gas Natural (EGNC) propiedad de Alternative Fuels S.A., Ciudad de Córdoba, Argentina.*

La deflagración, que sacudió a prácticamente todo el vecindario, se produjo a las 2:41 del 16 de Julio del 2003, en el local Alianza Gas, propiedad de la firma Alternative Fuels S.A.

Producida la explosión, arribaron al lugar un grupo de la Dirección Bomberos, técnicos de Ecogas, de Enargas, de ABI Ingeniería (firma responsable del mantenimiento) y personal de la Dirección de Inspección de Industria, Comercio y Control Alimentario de la Municipalidad de Córdoba. Estos últimos procedieron a clausurar, preventivamente, la estación dedicada exclusivamente al expendio de gas natural comprimido, para uso automotor.

En la ocasión, la firma mostró todas las habilitaciones en regla.

Ocurrida la explosión, "aproximadamente a las 4:30 se procedió al cierre de la válvula (C) del puente de medición para interrumpir el suministro de gas natural en el equipo compresor", según informó por escrito la Distribuidora Gas del Centro.

El documento indicó que "las causas que motivaron dicho siniestro no están establecidas".

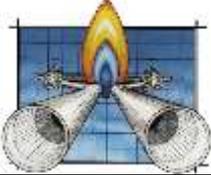
Por su parte, al ser consultados por el accidente, voceros del ente nacional que controla la actividad (Enargas) remitieron todas las inquietudes a la información de la página que tiene el organismo en la red Internet ([www.enargas.gov.ar](http://www.enargas.gov.ar)).

El jefe de Bomberos, dijo que solicitó la intervención de los peritos en explosivos, para analizar si pudo tratarse o no de un atentado. No obstante, de medios policiales trascendió que se piensa más en un "caso fortuito" que por la ocurrencia de actos vandálicos.

#### **Terceros damnificados.**

Al producirse la explosión, la pared de hormigón del búnker (como se llama al recinto a cielo abierto donde funciona el compresor) no sufrió grietas. La onda expansiva se filtró, con menor intensidad, por el pasillo de ingreso, cuyas puertas deben estar permanentemente abiertas, por razones de seguridad.

Como consecuencia de la deflagración, además del pánico de los vecinos, algunas viviendas aledañas sufrieron la rotura de vidrios y aberturas de madera. En tanto, tres trozos del cilindro (de un peso aprox. de 2 kg) cayeron en un jardín vecino.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 3 de 25

*Explosión en Estación de Gas Natural Comprimido (EGNC) propiedad de Neomexicana. Xoxtla, Puebla.*

El día lunes 12 de Noviembre del 2012, se presentó una importante fuga de gas que provocó la explosión e incendio de contenedores y vehículos de la empresa Neo Mexicana S.A. de C.V., ubicada en Avenida las Torres No. 18 de San Miguel Xoxtla, inmueble al cual acudieron más de 27 efectivos en 11 vehículos de bomberos, personal de Protección Civil y paramédicos del 066, durante estas acciones los bomberos al llegar al lugar se percataron de una columna de humo y flama de aproximadamente quince metros de altura, además de que al interior se combustionaban seis plataformas de tipo caja seca, contenedores de gas natural comprimido, 168 cilindros, un tractocamión marca Kenworth modelo 2001 y una camioneta tipo Pick Up con placas RG 31624 del Estado de Nuevo León.

De inmediato se procedió a la extinción y remoción de material inflamable para evitar el riesgo de un incendio mayor, ya que se encontraban cerca del siniestro, transformadores de energía eléctrica.

Personal del número de Emergencias 066, perteneciente al Centro Estatal de Control, Comando, Comunicaciones y Cómputo (C4), atendió la emergencia. Del siniestro resultaron lesionadas dos personas con quemaduras de primero y segundo grado en 10% del rostro y los brazos, así como quemaduras en rostro y manos, respectivamente.

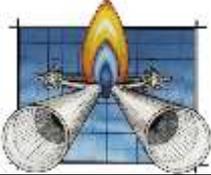
La Secretaría General de Gobierno, informó que autoridades de esta dependencia se comunicaron con directivos de Neomexicana, quienes se comprometieron a brindar todo el apoyo y la colaboración que sean necesarios para identificar las causas que provocaron el incendio. También, anunciaron que cubrirán los posibles daños a particulares que hayan resultado afectados en sus bienes.

**Fuente: Periódico Xelhua. La voz de Puebla y el Valle de Cholula.**  
**Fecha de publicación: 14 de Noviembre del 2012**

Aunado a lo anterior, a continuación se incluye una tabla donde se indican accidentes ocurridos en plantas de Gas Natural Comprimido en diferentes partes del mundo y las causas probables.

**Tabla 1 Explosiones en cilindros de Gas Natural Comprimido.**

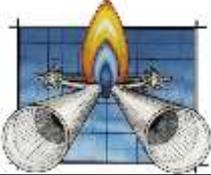
Fecha	Fábrica	Tipo de Cilindro	Patrón de Explosión	Causa probable	Localización
27 de Enero del 2005	Hyundai (NK)	Tipo 2*	Explosión después del llenado de GNC	Defecto del cilindro	Provincia de Jeonbuk (estación de GNC propiedad de Hyundai)
19 de Agosto del 2005	Daewoo (Faber)	Tipo 2*	Explosión después del llenado de GNC	Problemas en la instalación	Provincia de Jeonbuk
20 de Diciembre del 2007	Hyundai (NK)	Tipo 2*	Fuga en el Filtro de GNC	Problemas en la conexión	Provincia de Kyungki

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 4 de 25

Fecha	Fábrica	Tipo de Cilindro	Patrón de Explosión	Causa probable	Localización
12 de Julio del 2008	Daewoo (NK)	Tipo 2*	Explosión después del llenado de GNC	Defecto del cilindro	Provincia de Chungbuk
18 de Agosto del 2008	(NK)	Tipo 2*	Fuga en el cilindro de GNC durante el llenado	Defecto del cilindro	Ciudad de Gwang Joo
19 de Septiembre del 2008	--	Tipo 2*	Problemas en la conexión	Defecto del cilindro	Ciudad de Incheon
07 de Julio del 2009	Hyundai (NK)	Tipo 2*	Explosión después del llenado de GNC	Defecto del cilindro	Provincia de Chungbuk
09 de Agosto del 2010	Daewoo (Faber)	Tipo 2*	Explosión en el centro de la ciudad	Problemas en la instalación	Ciudad de Seúl

Fuente: [HEXAGON Composites](#)

\***Tipo 2.** Tanques en fibra de vidrio con revestimiento en Acero al Carbón.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 5 de 25

## II.2 ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS

El Análisis Preliminar de Riesgos (APR) es el precursor de otros métodos de análisis más complejos y es utilizado únicamente en la fase de desarrollo de las instalaciones y para casos en los que no existen experiencias anteriores, sea del tipo de implantación.

El APR selecciona los productos peligrosos y los equipos principales de la planta.

El APR se puede considerar como una revisión de los puntos en los que pueda ser liberada energía de una forma incontrolada.

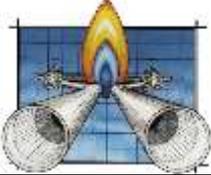
Fundamentalmente, consiste en formular una lista de estos puntos con los peligros ligados a:

- ✓ Materias primas, productos intermedio o finales y su reactividad. Equipos de planta.
- ✓ Límites entre componentes de los sistemas.
- ✓ Entorno de los procesos.
- ✓ Operaciones (pruebas, mantenimiento, puesta en marcha, paradas, etc.).
- ✓ Instalaciones.
- ✓ Equipos de seguridad.

Los resultados de este análisis incluyen recomendaciones para reducir o eliminar estos peligros. Estos resultados son siempre cualitativos, sin ningún tipo de priorización.

Sí bien todos los accidentes que ocurren en la industria son dados por diferentes factores y a nivel global son distintos por la forma en que se producen y las sustancias químicas que intervienen en ellos, todos comparten una característica común: son acontecimientos no controlados, constituidos en su inicio por las propiedades físicas y químicas del material y como causas iniciadoras, una serie de combinaciones de factores que conllevan a eventos no deseados (fugas, derrames, incendio y explosión, principalmente), ocasionando lesiones o muertes, daños de diversas magnitudes en la infraestructura de las instalaciones y al medio ambiente.

En cualquier circunstancia, decir que en una instalación determinada puede ocurrir una explosión, o un escape tóxico no es suficiente, sino que se requiere un estudio que indique cuales son los mecanismos o secuencias de acontecimientos por los que el accidente puede tener lugar. El primer suceso de la cadena se conoce como suceso iniciador. Por lo general entre el suceso iniciador y el accidente se encuentra una secuencia de hechos que incluyen las respuestas del sistema y de los operadores, así como otros sucesos concurrentes. Todos estos factores se conocen como elementos del accidente.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 6 de 25

### II.2.1 Análisis HAZID

Los estudios HAZID son una herramienta para identificar riesgos y peligros, que se aplica al inicio de los proyectos en cuanto están listos los diagramas del flujo de procesos, los borradores de los balances de masa y temperatura y los gráficos de disposición óptima de componentes. También es necesario conocer las infraestructuras existentes, el clima y datos geotécnicos, puesto que pueden ser el origen de peligros externos.

El método es una herramienta que facilita el diseño, que ayuda a organizar los entregables sobre Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de un determinado proyecto. En la técnica de brainstorming normalmente participa personal del diseñador y del cliente de los ámbitos de ingeniería, gestión de proyectos, operaciones y mantenimiento.

Los hallazgos más destacables y los peligros que se hayan identificado permitirán poder cumplir con los requisitos en materia de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente, formando parte del Registro de Riesgos del proyecto que exigen las leyes de numerosos países.

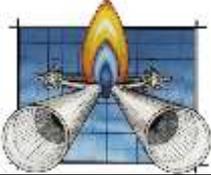
Al realizar un estudio HAZID, el estado de desarrollo del proyecto es esencial, debido a que se deberá alcanzar un equilibrio para determinar si es apropiado llevar a cabo un estudio suficientemente temprano para afectar las decisiones que serán tomadas o si es preferible esperar a un estudio posterior, cuando haya más información disponible. Es por esto que hay dos tipos de HAZID:

- **Conceptual:** Aplica a proyectos en etapa de definición, y analiza conceptos tales como características físicas, socio-económicas, accesibilidad, etc. de la localización donde se llevará a cabo el proyecto, como así también una descripción general de las tareas involucradas. Es, por lo tanto, una descripción global del alcance del trabajo y su realización es en las etapas iniciales del proyecto. Este estudio es diseñado para aplicarse en las primeras etapas de un proyecto para identificar todos los riesgos sistemáticos asociados a las instalaciones o la actividad.
- **Detallado:** Un HAZID detallado se realiza cuando el proyecto se encuentra en las etapas en las que el diagrama de proceso se ha desarrollado, como así también un inventario de los riesgos y parámetros que describen las actividades consideradas y los métodos con los cuales se llevarán a cabo. Este enfoque puede adoptarse para analizar Riesgos en plantas existentes. Los estudios HAZID son particularmente útiles cuando los equipos, procesos o planta han variado de su diseño original.

Este tipo de estudio es particularmente útil cuando se consideran aspectos fuera del proceso en sí mismo, tanto de seguridad como ambientales, con respecto a operaciones y procesos a llevar a cabo en la instalación.

A diferencia del HAZID conceptual, en este caso hay información lo suficientemente significativa, cuyos documentos más relevantes son los siguientes:

- Diagrama de flujo / Diagramas P&I,
- Balances de masa,
- Planos de la planta,

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Junio del 2019</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 7 de 25</b>

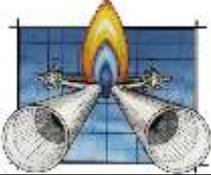
- Descripción de los procesos incluyendo todas las operaciones proyectadas,
- Descripción del proyecto, incluyendo todas las opciones, problemas de ciclo de vida y flexibilidad planificada de la planta,
- Política de seguridad,
- Política operativa.

El método de estudio es una combinación de la identificación y análisis de los riesgos contemplados en una Lista de Verificación y las conclusiones llegan luego de un torbellino de ideas (brainstorming). Lo realiza un equipo multidisciplinario de personas competentes en las operaciones involucradas y sobre todo conocedoras de los aspectos específicos de las operaciones de cada planta en particular.

El equipo es coordinado por un Ingeniero hábil en manejo de grupos y en los aspectos de la técnica HAZID.

Los principales peligros a evaluar en el presente APR son los siguientes:

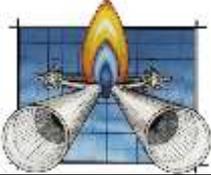
1. Corrosión externa. Debe incluir la originada por influencia microbiológica (MIC), en caso de existir evidencia de la presencia de este fenómeno de corrosión.
2. Corrosión interna. Debe incluir la originada por influencia microbiológica interna (MIC), en caso de existir evidencia de la presencia de este fenómeno de corrosión.
3. Defectos de fabricación. Se deben considerar los defectos en la costura y en el metal base.
4. Construcción. Incluir los defectos en la soldadura circunferencial, alineamiento y doblez por flexión o pandeo, daños en el recubrimiento, conexiones, dobleces, abolladuras, rasgaduras, o la combinación de éstos.
5. Equipo. Se refiere a dispositivos diferentes a la tubería y a sus componentes. Debe incluir actuadores, válvulas de seccionamiento y aislamiento, principalmente.
6. Daños por terceros. Se deben incluir aquellos daños que provocan una falla.
7. Operaciones incorrectas. Se deben considerar las operaciones incorrectas como resultado de procedimientos de operación incorrectos, seguir procedimientos equivocadamente o no aplicar los procedimientos establecidos o la inexistencia de procedimientos para actividades críticas o peligrosas. También se consideran operaciones incorrectas aquellas operaciones no deseadas o no ordenadas en actuadores u otros componentes automáticos o controlados a distancia.
8. Clima y fuerzas externas. Se deben incluir tormentas eléctricas, lluvia o inundaciones, huracanes, sismos, erosión y deslaves o movimiento del lecho marino.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 8 de 25

Para establecer los niveles de riesgo con la cual se calificaron y jerarquizaron los peligros identificados, asignando niveles de CONSECUENCIAS de acuerdo a lo que indica la **Tabla 2**, así como la FRECUENCIA de falla de acuerdo a lo que establece la **Tabla 3**, con lo cual, mediante lo establecido en la **Tabla 4**, se determina el Nivel de Riesgo del peligro identificado.

**Tabla 2 Consecuencias (en forma descriptiva).**

<b>Gravedad</b>	<b>Salud y seguridad</b>	<b>Medio ambiente</b>	<b>Economía</b>	<b>Reputación</b>
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Primeros auxilios</li> <li>- Efectos menores en la salud</li> <li>- No requiere evacuación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impactos insignificantes al ambiente</li> <li>- Emisión pequeña pero notificable.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Queja &lt;\$20 000</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños al equipo o costos de producción menores a \$20 000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impacto insignificante: preocupaciones individuales.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ayuda médica o trabajo limitado</li> <li>- Efectos medios en la salud</li> <li>- Requiere unidad de evacuación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emisiones en el sitio con la remediación inmediata disponibles</li> <li>- Derrame mayor a 1m<sup>3</sup></li> <li>- Menor esfuerzo de mitigación requerida por revocación total.</li> <li>- Notificable \$20 000 a \$200 000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños al equipo o costos de producción entre \$20 000 y \$ 200 000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura periodística local; quejas informales múltiples de la comunidad; Preocupaciones del propietario</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempo perdido por lesiones.</li> <li>- Efectos significantes a la salud.</li> <li>- Evacuación requerida de Área</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emisiones en el sitio con contaminación prolongada.</li> <li>- Gran derrame contenido en el sitio.</li> <li>- Emisión fuera de sitio con remediación inmediata disponible.</li> <li>- Incumplimiento \$200 000 a \$2M</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños al equipo o costos de producción entre \$200 000 y \$2M</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura periodística provisional; gran preocupación de la comunidad; quejas formales y/o repetidas.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lesiones permanentes o discapacidades.</li> <li>- Efectos a la salud mayores.</li> <li>- Requiere evacuación de instalaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emisión fuera del sitio con contaminación prolongada.</li> <li>- Gran derrame fuera del sitio (licencia temporalmente cancelada)</li> <li>- Incumplimiento resultante en la ejecución</li> <li>- \$2 000 000 a \$20 000 000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños al equipo o costos de producción entre \$2 000 000 a \$20 000 000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura periodística Nacional; gran indignación de la comunidad; Litigación</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muerte</li> <li>- Efectos graves a la salud.</li> <li>- Requiere evacuación de la comunidad e instalaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida irrevocable, sin mitigación posible.</li> <li>- Licencia cancelada</li> <li>- Pérdida permanente de uso del área.</li> <li>- &gt;\$20 000 000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños al equipo o costos de producción mayores a \$20 000 000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura periodística Nacional e Internacional</li> </ul>

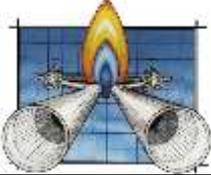
	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	II
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 9 de 25

**Tabla 3 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.**

Frecuencia		Criterios de Ocurrencia		
Categoría	Tipo	Cuantitativo		Cualitativo
Muy Alta	F5	1	0 a 1 año	El evento puede presentarse en el próximo año.
Alta	F4	0.1	>1 a 10 años	El evento se ha presentado o puede presentarse en los próximos 10 años.
Media	F3	0.01	>10 a 100 años	Puede ocurrir al menos una vez en la vida de las instalaciones.
Baja	F2	0.001	>100 a 1 000 años	Concebible; nunca ha sucedido en el centro de trabajo, pero probablemente ha ocurrido en alguna instalación similar.
Remota	F1	0.0001	>1 000 a 10 000 años	Esencialmente imposible. No es realista que ocurra.

**Tabla 4 Matriz de riesgos.**

<b>SEVERIDAD DE CONSECUENCIAS</b>	5	B	B	A	A	A
	4	C	B	B	A	A
	3	C	C	B	B	A
	2	C	C	C	B	B
	1	C	C	C	C	B
		1	2	3	4	5
		<b>FRECUENCIA</b>				

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>	CAPITULO	II
	<b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 10 de 25

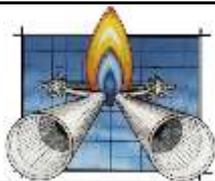
❖ HAZID aplicado a la Estación de Compresión.

Rev1 Análisis HAZID Instalación 1: Estación de Compresión de Gas Natural.			Etapa: Proyecto aún no en operación. <i>Análisis realizado para la etapa de operación con la ingeniería básica</i>				Torreón, Coah. Abril del 2019
ID	Peligro Potencial	Descripción del Peligro	Consecuencias del Peligro	F <sup>1</sup>	C <sup>2</sup>	NR <sup>3</sup>	Recomendaciones y/o Comentarios
1	Corrosión externa	Presencia de corrosión atmosférica en los compresores	Presencia de fugas de gas natural por daños al material.	2	3	C	Ninguna. Es un equipo paquete que está fabricado con materiales resistentes a la corrosión.
2		Presencia de corrosión atmosférica tuberías y accesorios	Presencia de fugas de gas natural por daños al material.	2	3	C	Implementar protección mecánica en tuberías de entrada y salida a los compresores.
3	Corrosión interna	Corrosión interna de tuberías y equipos	Ninguna	1	1	C	El Gas Natural a manejar cumplirá con las especificaciones de la NOM-001-SECRE-2010 con la finalidad de no causar afectaciones internas a la tubería y equipos.
4	Defectos de fabricación	Defectos en el equipo paquete de compresores	Fugas de Gas Natural. Potencial formación de fuego/Explosión. Pérdidas económicas. Daños a la comunidad.	3	3	B	<b>Recomendación:</b> Implementar sistemas para detección de mezclas explosivas, conos para determinar la dirección del viento y sistemas de neblinas para la dispersión de mezclas explosivas. <b>Comentario:</b> GNC realizará pruebas operacionales previa entrada en operación toda la Estación.
5		Tuberías y accesorios fuera de especificación	Fugas de Gas Natural. Potencial formación de fuego/Explosión. Pérdidas económicas. Daños a la	3	3	B	<b>Recomendación:</b> Implementar sistemas para detección de mezclas explosivas, conos para determinar la dirección del viento y sistemas de neblinas para la dispersión de mezclas explosivas.

<sup>1</sup> Frecuencia

<sup>2</sup> Consecuencia

<sup>3</sup> Nivel de Riesgo

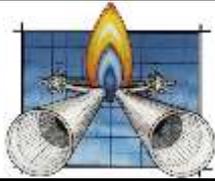


**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

**Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya**  
**Municipio de Celaya, Gto.**

CAPITULO	II
FECHA	Junio del 2019
HOJA:	Pág. 11 de 25

Rev1 Análisis HAZID Instalación 1: Estación de Compresión de Gas Natural.			Etapa: Proyecto aún no en operación. <u>Análisis realizado para la etapa de operación con la ingeniería básica</u>				Torreón, Coah. Abril del 2019
ID	Peligro Potencial	Descripción del Peligro	Consecuencias del Peligro	F <sup>1</sup>	C <sup>2</sup>	NR <sup>3</sup>	Recomendaciones y/o Comentarios
			comunidad.				<b>Comentario:</b> GNC realizará pruebas operacionales previa entrada en operación toda la Estación. Además, todos los materiales a instalar serán conforme a las especificaciones de calidad establecidas en las bases de diseño.
6	Construcción	Defectos en conexiones rápidas y tuberías de entrada y salida a los compresores	Fugas de Gas Natural. Potencial formación de fuego/Explosión. Pérdidas económicas. Daños a la comunidad.	3	3	B	<b>Recomendación:</b> Implementar sistemas para detección de mezclas explosivas, conos para determinar la dirección del viento y sistemas de neblinas para la dispersión de mezclas explosivas.  <b>Comentario:</b> GNC realizará pruebas operacionales previa entrada en operación toda la Estación.
7	Equipo	Falla de accesorios (válvulas manuales, actuadores y/o filtros)	Desabasto de gas natural.	3	2	C	Incluir en el programa anual de mantenimiento la inspección periódica de accesorios.
8	Daños por terceros	Vandalismo	Robo de partes de la Estación. Pérdidas económicas.	3	3	B	Estación supervisada las 24 horas con acceso restringido.
9		Terrorismo	Fugas de Gas Natural. Potencial formación de fuego/Explosión. Pérdidas económicas. Daños a la comunidad.	3	3	B	La Estación estará protegida con barda perimetral y custodiada las 24 horas, además, en caso de presentarse un acto terrorista se activarán los planes de atención a emergencias en donde principalmente se suspenderá el suministro de gas natural a los clientes.
10	Operaciones incorrectas	Falta de mantenimiento	Posibles fallas en tuberías y equipos.	3	2	C	La operación de la Estación será mediante personal capacitado.

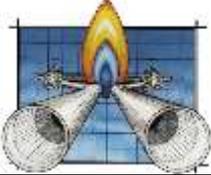


**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

**Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya**  
**Municipio de Celaya, Gto.**

CAPITULO	II
FECHA	Junio del 2019
HOJA:	Pág. 12 de 25

Rev1 Análisis HAZID Instalación 1: Estación de Compresión de Gas Natural.			Etapa: Proyecto aún no en operación. <i>Análisis realizado para la etapa de operación con la ingeniería básica</i>				Torreón, Coah. Abril del 2019
ID	Peligro Potencial	Descripción del Peligro	Consecuencias del Peligro	F <sup>1</sup>	C <sup>2</sup>	NR <sup>3</sup>	Recomendaciones y/o Comentarios
11		Falta de procedimientos de operación	Posibles fallas en tuberías y equipos.	3	2	B	La operación de la Estación será mediante personal que estará siendo capacitado periódicamente con estricto apego a los procedimientos de operación de los equipos paquete proporcionados por el fabricante y con apego a los procedimientos establecidos por GNC.
12	Clima y fuerzas externas	Presencia de Tormentas Electricas	Posible caída de rayo con afectación a infraestructura.	2	2	B	Instalar aparta rayos en puntos estratégicos de la Estación.
13		Presencia de lluvias torrenciales o inundaciones	Inundación interna de la Estación. Presencia de deslaves.	2	2	B	La Estación contará con drenaje fluvial para el desagüe del interior.
14		Presencia de Huracanes	Inundación interna de la Estación. Presencia de deslaves.	2	2	B	La Estación contará con drenaje fluvial para el desagüe del interior.
15		Presencia de sismos	Daños a infraestructura de la Estación.	2	2	B	La Estación se ubicará en una zona donde la presencia de sismos es baja.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 13 de 25

## **II.3 ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGO**

### **II.3.1 Metodologías de identificación y jerarquización**

Los estudios de riesgo involucran principalmente tres grandes temas; la identificación de los riesgos, la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos y el análisis de consecuencias.

La identificación de los riesgos permite determinar las localizaciones, rutas, características y cantidad de materiales de fuentes potenciales de accidentes por explosión, incendio, fuga o derrame de una sustancia peligrosa. Esto lleva a la formulación de escenarios fundamentales de accidentes, que requieren una mayor consideración y análisis.

El análisis probabilístico permite identificar la verosimilitud de ocurrencia del accidente para examinar y priorizar los escenarios de accidentes potenciales en términos de su probabilidad de ocurrencia.

La evaluación de las consecuencias e impactos asociados con la ocurrencia de los escenarios identificados de accidentes, es el proceso denominado análisis de consecuencias. Este paso permite una comprensión de la naturaleza y gravedad de un accidente y permite un análisis y priorización de los escenarios en términos del impacto potencial del daño en la gente y las instalaciones.

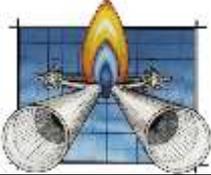
La combinación de resultados de la probabilidad del accidente y del análisis de consecuencias da una medida del riesgo con la actividad específica y este proceso es lo que constituye el análisis de riesgos, que permite, priorizar y examinar los escenarios potenciales de accidentes en términos de un riesgo total, que a la vez logre el desarrollo y preparación de un plan de emergencias.

Para la identificación de los riesgos involucrados con el manejo de gas natural en las instalaciones de la EC, se identificaron los puntos críticos de riesgo de los equipos y sistemas que estarán en operación, para lo cual, se cuenta con los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs), arreglos mecánicos, eléctricos y civiles de las instalaciones, así como las memorias técnico descriptivas de los equipos y sistemas indicados.

En base al análisis de falla, se identifican aquellos puntos vulnerables donde exista mayor probabilidad de riesgo de que ocurra un evento no deseado, los cuales estarán dados principalmente por tuberías de conducción, filtros, válvulas, medidores de flujo, uniones e interconexiones, los cuales son equipos e instrumentos expuestos a fallas por rotura, por desgaste o por simple defecto de fabricación, además de que el riesgo aumenta si éstos no son conservados debidamente por la efectiva aplicación de un programa de mantenimiento y la supervisión constante de los mismos, sin descartar fallas por el factor humano, vandalismo o actividades antropogénicas.

Aunado a lo anterior, se analizan las situaciones donde la presencia de algún evento externo no deseado, como una explosión o un incendio que se puedan generar, mismas que afecten directa o indirectamente a las instalaciones internas y externas del mismo, y por ende se desencadene un evento mayor, con mayores repercusiones a la infraestructura de la zona y daños al medio ambiente (efecto dominó).

Una vez identificados los riesgos presentes en la operación de los circuitos que manejan sustancias peligrosas, se evalúa la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos relacionados con dichos riesgos, en base a datos históricos ocurridos en condiciones semejantes de operación, así como en base

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Junio del 2019</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 14 de 25</b>

a las recomendaciones de falla del fabricante de los instrumentos de medición, control y regulación, para así determinar cuantitativamente la probabilidad de que ocurran accidentes en los componentes de la estación, mismos que puedan afectar a la población circundante y a instalaciones industriales aledañas, principalmente.

Al definir la probabilidad de ocurrencia de accidentes de una forma analítica y objetiva, aplicando métodos cualitativa y cuantitativamente, se determina el análisis de las consecuencias y los resultados que se pueden obtener en caso de ocurrir un evento catastrófico en el almacenamiento de combustible, lo cual se realiza, empleando las metodologías específicas para obtener las consecuencias de los eventos lo más objetivo posible, tal es el caso del Análisis HAZOP y Árbol de Fallas, mismos que se describen más adelante.

Cabe mencionar, que todas las técnicas de evaluación de riesgos comparten la meta de identificar peligros en el proceso de manera sistemática y proporcionar un análisis preliminar, dando la primera fase del estudio. Las técnicas comúnmente usadas para esta evaluación deben cumplir los requerimientos de análisis de riesgo contemplados en la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), EPA (Environmental Protection Agency) y la CMA (Chemical Manufacturers Association), así como en Literatura especializada como, Loss Prevention in the Process Industries. Frank P. Less, second edition.

Con el objetivo de evaluar el riesgo de presentarse incidentes en la operación de la EC, se seleccionó la metodología HAZOP y así emitir recomendaciones tendientes a controlar y prevenir incidentes, mitigar las consecuencias para evitar pérdidas humanas, daños a la salud, a las instalaciones y medio ambiente.

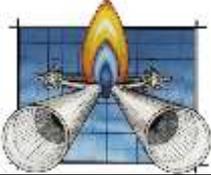
El HAZOP fue seleccionado porque es un método completo y por lo regular se utiliza en sistemas de proceso del sector hidrocarburos para evaluar el riesgo considerando factores como: tipo de proceso y las condiciones de operación.

Los aspectos complementarios en la identificación de peligros y evaluación de riesgos, utilizados en el presente análisis de riesgos, se indican a continuación:

1. HAZOP. Metodología de análisis de riesgos que analiza las variables operacionales de sistemas de tuberías y equipos de proceso, para determinar las posibles fallas en la operación de los mismos, mediante la designación de Nodos y la aplicación de palabras guía. Este método da como resultado la matriz de riesgos.

Es importante resaltar que con este método se analizan las desviaciones propias que pueden presentarse con la operación de los sistemas de manejo de combustibles, y deriva en recomendaciones que son complementarias para aumentar la seguridad en la operación de la misma.

2. En la elaboración del HAZOP se asignan ponderaciones a los parámetros de Probabilidad y Severidad, de acuerdo a lo establecido en la literatura especializada, con lo que, en base a lo establecido en la matriz de riesgos, se determina el Nivel de Riesgo de cada desviación analizada. Con lo anterior, una vez realizado el HAZOP se realiza la Matriz de Riesgo de acuerdo a los resultados del mismo.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 15 de 25

3. Una vez identificadas las desviaciones (fallas) que resultaron de mayor riesgo en el HAZOP, se identificaron y describieron las fallas de mayor riesgo con repercusiones al ambiente (liberación de producto con riesgo de incendio y explosión).
4. Para el conjunto de fallas identificado, se determinó la probabilidad de ocurrencia con la metodología árbol de fallas.
5. De acuerdo a lo anterior, se propusieron los escenarios de riesgo para simulación.

A manera de abstract, en el presente Análisis de Riesgos se emplearon las siguientes metodologías:

- a) HAZOP para determinar las desviaciones (fallas) de mayor riesgo en las instalaciones de manejo de combustibles, mismas que pueden repercutir en eventos de riesgo con potencial daño a la infraestructura y medio ambiente.
- b) Análisis de Frecuencias, para determinar la probabilidad de ocurrencia de desviaciones de mayor riesgo ambiental identificadas en el HAZOP y proponer escenarios de simulación.
- c) Software SCRI (Versión 2.1), para realizar en análisis de consecuencias acorde a los resultados de simulación.

### II.3.2 ANÁLISIS HAZOP

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

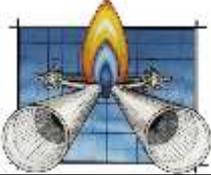
El análisis de operación y riesgo HAZOP, es el método más amplio y reconocido para realizar un análisis de riesgo en procesos industriales. Es un estudio que identifica cada desviación posible de un diseño, de una operación o de una afectación cualquiera, además de todas las posibles causas y consecuencias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

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

**Tabla 5 Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs) utilizados.**

ID del Plano	Título (DTI)
DTI-702457	Sistema de Compresión
DTI-700565	Postes de Llenado

Para mayor detalle, **Ver Anexo 3.** Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs).

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Junio del 2019</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 16 de 25</b>

El HAZOP fue realizado bajo el siguiente procedimiento:

1. Selección de nodos.

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

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

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

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

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

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

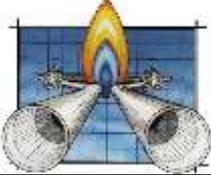
La Causa deberá estar en el Nodo en cuestión.

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

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

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

8. Asigne una categoría a la consecuencia identificada.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 17 de 25

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

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

Para facilitar el análisis de riesgos y la aplicación de la técnica HAZOP, se analizaron 3 nodos con apego a los Diagramas de Tubería e Instrumentación, mismos que se describen a continuación:

**Tabla 6 Nodos Seleccionados.**

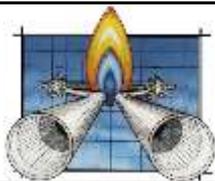
	Descripción	DTI
1	Sistema de Compresión de GN (Baja Presión)	DTI-702457
2	Sistema de Compresión de GN (Alta Presión)	DTI-702457
3	Postes de llenado (Fill Post).	DTI-700565

Ver en el **Anexo 4. HAZOP**, el desarrollo de cada uno de los HAZOP realizados.

Para establecer la Matriz de Rango de Riesgo (Risk Ranking) con la cual se calificaron y jerarquizaron los riesgos identificados, asignando niveles de CONSECUENCIAS de acuerdo a lo que indica la **Tabla 7**, así como la FRECUENCIA de falla de acuerdo a lo que establece la **Tabla 8**, con lo cual, mediante lo establecido en la **Tabla 9**, se determina el Nivel de Riesgo del nodo analizado.

**Tabla 7 Consecuencias (en forma descriptiva).**

Gravedad	Salud y seguridad	Medio ambiente	Economía	Reputación
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Primeros auxilios</li> <li>- Efectos menores en la salud</li> <li>- No requiere evacuación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impactos insignificantes al ambiente</li> <li>- Emisión pequeña pero notificable.               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Queja</li> <li>&lt;\$20 000</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños al equipo o costos de producción menores a \$20 000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impacto insignificante: preocupaciones individuales.</li> </ul>

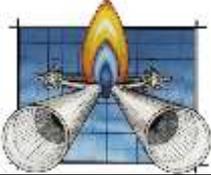


**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

**Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya**  
**Municipio de Celaya, Gto.**

<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
<b>FECHA</b>	Junio del 2019
<b>HOJA:</b>	Pág. 18 de 25

<b>Gravedad</b>	<b>Salud y seguridad</b>	<b>Medio ambiente</b>	<b>Economía</b>	<b>Reputación</b>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ayuda médica o trabajo limitado</li> <li>- Efectos medios en la salud</li> <li>- Requiere unidad de evacuación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emisiones en el sitio con la remediación inmediata disponibles</li> <li>- Derrame mayor a 1m<sup>3</sup></li> <li>- Menor esfuerzo de mitigación requerida por revocación total.</li> <li>- Notificable \$20 000 a \$200 000</li> </ul>	<p>Daños al equipo o costos de producción entre \$20 000 y \$ 200 000</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura periodística local; quejas informales múltiples de la comunidad; Preocupaciones del propietario</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempo perdido por lesiones.</li> <li>- Efectos significantes a la salud.</li> <li>- Evacuación requerida de Área</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emisiones en el sitio con contaminación prolongada.</li> <li>- Gran derrame contenido en el sitio.</li> <li>- Emisión fuera de sitio con remediación inmediata disponible.</li> <li>- Incumplimiento \$200 000 a \$2M</li> </ul>	<p>Daños al equipo o costos de producción entre \$200 000 y \$2M</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura periodística provisional; gran preocupación de la comunidad; quejas formales y/o repetidas.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lesiones permanentes o discapacidades.</li> <li>- Efectos a la salud mayores.</li> <li>- Requiere evacuación de instalaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emisión fuera del sitio con contaminación prolongada.</li> <li>- Gran derrame fuera del sitio (licencia temporalmente cancelada)</li> <li>- Incumplimiento resultante en la ejecución</li> <li>- \$2 000 000 a \$20 000 000</li> </ul>	<p>Daños al equipo o costos de producción entre \$2 000 000 a \$20 000 000</p>	<p>Cobertura periodística Nacional; gran indignación de la comunidad; Litigación</p>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muerte</li> <li>- Efectos graves a la salud.</li> <li>- Requiere evacuación de la comunidad e instalaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida irrevocable, sin mitigación posible.</li> <li>- Licencia cancelada</li> <li>- Pérdida permanente de uso del área.</li> <li>- &gt;\$20 000 000</li> </ul>	<p>- Daños al equipo o costos de producción mayores a \$20 000 000</p>	<p>Cobertura periodística Nacional e Internacional</p>

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>	CAPITULO	II
	<b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 19 de 25

**Tabla 8 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.**

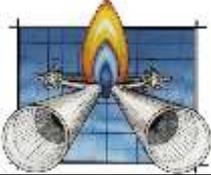
Frecuencia		Criterios de Ocurrencia		
Categoría	Tipo	Cuantitativo		Cualitativo
Muy Alta	F5	1	0 a 1 año	El evento puede presentarse en el próximo año.
Alta	F4	0.1	>1 a 10 años	El evento se ha presentado o puede presentarse en los próximos 10 años.
Media	F3	0.01	>10 a 100 años	Puede ocurrir al menos una vez en la vida de las instalaciones.
Baja	F2	0.001	>100 a 1 000 años	Concebible; nunca ha sucedido en el centro de trabajo, pero probablemente ha ocurrido en alguna instalación similar.
Remota	F1	0.0001	>1 000 a 10 000 años	Esencialmente imposible. No es realista que ocurra.

**Tabla 9 Matriz de riesgos.**

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

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

**A. Alto. No Tolerable.** El riesgo requiere acción inmediata; el costo no debe ser una limitación y el no hacer nada no es una opción aceptable. Un riesgo Muy Alto representa una situación de emergencia y deben establecerse controles temporales inmediatos. La mitigación debe hacerse por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a Medio o de preferencia a Bajo, en un lapso de tiempo menor a 90 días.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 20 de 25

**B. Medio. (ALARP As Low As Reasonably Practicable, Tan bajo como sea razonablemente factible).** El riesgo debe ser reducido y hay margen para investigar y analizar a más detalle. No obstante, la acción correctiva debe darse en los próximos 90 días. Si la solución se demora más tiempo, deben establecerse controles temporales inmediatos en sitio, para reducir el riesgo.

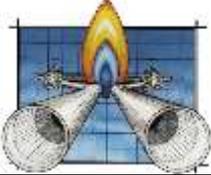
**C. Bajo. Tolerable con controles.** El riesgo es significativo, pero se pueden compensar con las acciones correctivas en el paro de instalaciones programado, para no presionar programas de trabajo y costos. Las medidas de solución para atender los hallazgos deben darse en los próximos 18 meses. La mitigación debe enfocarse en la disciplina operativa y en la confiabilidad de los sistemas de protección.

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

A continuación, se incluye la matriz de riesgos con los resultados de cada uno de los nodos evaluados en el HAZOP:

**Tabla 10 Matriz de Riesgo considerando los resultados del HAZOP.**

Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo		
			C	B	A
1	2. Menos Flujo	2.1			
	3. No hay Flujo	3.1			
		3.2			
	4. Más Presión	4.1			
	5. Menos Presión	5.1			
	6. No hay presión	6.1			
2	3. No hay Flujo	3.1			
		3.2			
	4. Más Presión	4.1			
	5. Menos Presión	5.1			
	6. No hay presión.	6.1			
	7. Más Temperatura	7.1			
3	2. Menos Flujo	2.1			
	3. No hay Flujo	3.1			
	4. Más Presión	4.1			
	5. Menos Presión	5.1			
	6. No hay presión	6.1			

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 21 de 25

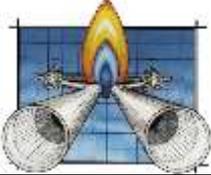
Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo		
			C	B	A
	7. Más Temperatura	7.1			
	8. Menos Temperatura	8.1			

De acuerdo a la tabla anterior, las desviaciones/fallas de mayor riesgo representan un nivel B, por lo que a continuación se describen cada una de las fallas de este nivel.

**Tabla 11 Descripción de las fallas de mayor riesgo.**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
1	2. Menos Flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desconexión/falla de la manguera flexible (2") a la entrada del compresor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga de gas natural con potencial formación de fuego/explosión.</li> </ul>
	3. No hay Flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desconexión de la manguera flexible (2") a la entrada del compresor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga de gas natural con potencial formación de fuego/explosión.</li> </ul>
	5. Menos Presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desconexión/falla de la manguera flexible (2") a la entrada del compresor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga de gas natural con potencial formación de fuego/explosión.</li> </ul>
	6. No hay presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desconexión de la manguera flexible (2") a la entrada del compresor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuga de gas natural con potencial formación de fuego/explosión.</li> </ul>
2	4. Más Presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cierre en falso de la válvula manual en la línea de descarga de alta presión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falla en la línea de descarga con potencial fuga de gas natural a la atmósfera.</li> <li>Formación de fuego y/o explosión por fuga de gas natural.</li> </ul>
	5. Menos Presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falla en las etapas de compresión del sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo flujo de gas natural hacia postes de llenado.</li> <li>Aumento en el tiempo de carga de contenedores de GNC.</li> </ul>
	6. No hay presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paro del sistema de compresión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento en el tiempo de carga de contenedores de GNC.</li> </ul>
3	5. Menos Presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deficiencias en el sistema de compresión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo flujo de gas natural hacia postes de llenado.</li> <li>Aumento en el tiempo de carga de contenedores de GNC.</li> </ul>
	6. No hay presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paro del sistema de compresión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento en el tiempo de carga de contenedores de GNC.</li> </ul>

Debido a que en los resultados de la anterior matriz de riesgos se obtuvieron 3 desviaciones en donde existen fallas de nivel B (de acuerdo a los resultados del HAZOP), a partir de dichos resultados la determinación de los escenarios de simulación se hace compleja, por lo que se decidió aplicar métodos más específicos en el proceso de jerarquización riesgos; de modo que en un primer momento se recurrió a la técnica del juicio de expertos, la cual, constó de un primer filtro en el que se

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	II
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 22 de 25

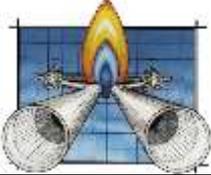
descartaron aquellas fallas o desviaciones identificadas en el HAZOP que no repercuten significativamente en el ambiente, es decir, que no desencadenan una fuga de combustible con repercusiones de fuego y/o explosión y posteriormente se recurrió al árbol de fallas.

De acuerdo a lo anterior, a continuación se indican las desviaciones/fallas con riesgo potencial de formación de fuego:

**Tabla 12 Fallas con repercusiones al ambiente (formación de fuego/explosión).**

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
1	2. Menos Flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desconexión/falla de la manguera flexible (2") a la entrada del compresor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Fuga de gas natural con potencial formación de fuego/explosión.</u></li> </ul>
	3. No hay Flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desconexión de la manguera flexible (2") a la entrada del compresor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Fuga de gas natural con potencial formación de fuego/explosión.</u></li> </ul>
	5. Menos Presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desconexión/falla de la manguera flexible (2") a la entrada del compresor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Fuga de gas natural con potencial formación de fuego/explosión.</u></li> </ul>
	6. No hay presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desconexión de la manguera flexible (2") a la entrada del compresor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Fuga de gas natural con potencial formación de fuego/explosión.</u></li> </ul>
2	4. Más Presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cierre en falso de la válvula manual en la línea de descarga de alta presión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Falla en la línea de descarga con potencial fuga de gas natural a la atmósfera.</li> <li>▪ <u>Formación de fuego y/o explosión por fuga de gas natural.</u></li> </ul>

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

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>II</b>
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 23 de 25

## II.4 ANÁLISIS DE FRECUENCIAS

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

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

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

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

La metodología empleada consiste en representar cada interrelación con un símbolo del álgebra de Boole.

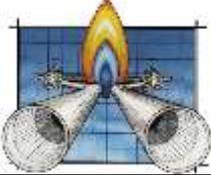
Si para la ocurrencia de un evento se requiere que dos o más condiciones se cumplan simultáneamente, se utiliza el símbolo "AND" y si para la ocurrencia sólo se requiere que una de dos o más condiciones se cumpla, se usa la compuerta "OR". Multiplicando y/o sumando todas las probabilidades de los eventos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

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

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

Para la determinación del valor de probabilidad en los sistemas que conforman el proyecto, se recurrió a un árbol de falla, que contenga los elementos de mayor ponderación al riesgo, determinados en el análisis HAZOP.

Mediante la asignación de probabilidades de cada evento que pueda tener participación en el riesgo, la probabilidad de su ocurrencia puede ser calculada. Una vez procesados los datos se obtiene la

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>	CAPITULO	II
	<b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 24 de 25

probabilidad de ocurrencia de un evento final. Las probabilidades pueden ser clasificadas de varias formas, como se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 13 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.**

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

FUENTE: Health and Safety Briefing No 26a Sept. 2004.  
The Institution of Electrical Engineers

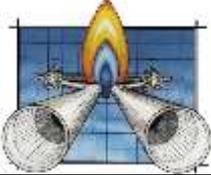
Una vez elaborado el árbol de fallas para cada riesgo determinado, se pueden dar las asignaciones de probabilidad de ocurrencia a cada falla que participe en distintos eventos que conformen su posible desarrollo.

**Tabla 14 Probabilidades de falla.**

Nodo	Causa	Probabilidad de falla
1	▪ Desconexión/falla de la manguera flexible (2") a la entrada del compresor.	<b>1X10<sup>-3</sup></b> <sup>4</sup>
	▪ Desconexión de la manguera flexible (2") a la entrada del compresor.	<b>1X10<sup>-3</sup></b>
	▪ Desconexión/falla de la manguera flexible (2") a la entrada del compresor.	<b>1X10<sup>-3</sup></b>
	▪ Desconexión de la manguera flexible (2") a la entrada del compresor.	<b>1X10<sup>-3</sup></b>
2	▪ Cierre en falso de la válvula manual en la línea de descarga de alta presión.	<b>2.4X10<sup>-6</sup></b>

Ver en el **Anexo 5**, el árbol de fallas del Nodo 2.

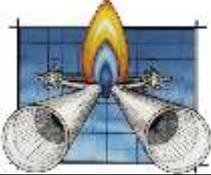
<sup>4</sup> Tomado directamente de referencia bibliográfica: J. M. Storch de Gracia. T. García Martín. *Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Energéticas: Fundamentos, Evaluación de Riesgos y Diseño*. Editorial: Díaz de Santos, 2008

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	II
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 25 de 25

En base a las probabilidades de falla resultantes en la tabla anterior, se propusieron los escenarios de riesgo para determinar los radios de afectación y realizar el análisis de consecuencias, lo anterior, en base al criterio de experto y experiencia del equipo evaluador. A continuación, se indican los escenarios de riesgo:

**Tabla 15 Descripción de escenarios.**

No.	Clave	Descripción	Nodo	Nivel de Riesgo	Instalación	Sustancia involucrada
1	Esc1	Fuga de Gas Natural por falla en la conexión de la manguera flexible en la tubería de entrada al compresor, lo que provoca la desconexión total de la manguera.	1	B	Succión del compresor de GN	Gas Natural
2	Esc2	Fuga de Gas Natural por la rotura diametral al 100% de la tubería de descarga del compresor a causa de la sobrepresión del sistema.	2	B	Descarga del compresor de GN	Gas Natural

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>III</b>
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 1 de 20

## Índice

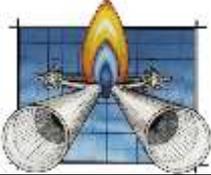
<b>III. ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS .....</b>	<b>2</b>
<b>III.1 ESCENARIOS DE SIMULACIÓN.....</b>	<b>2</b>
III.1.1 Justificación de los modelos matemáticos para la simulación. ....	2
III.1.2 Descripción de escenarios.....	7
<b>III.2 PLANOS DE LOS RESULTADOS DE SIMULACIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>III.3 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD.....</b>	<b>13</b>
<b>III.4 SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO .....</b>	<b>17</b>
III.4.1 Sistemas de Seguridad .....	17
III.4.2 Medidas Preventivas .....	18
III.4.3 Recomendaciones Técnico Operativas .....	18

## Índice de Figuras

Figura 1 Escenario 1. Radiación Térmica.....	9
Figura 2 Escenario 1. Sobrepresión. ....	10
Figura 3 Escenario 2. Radiación Térmica.....	11
Figura 4 Escenario 2. Sobrepresión. ....	12

## Índice de Tablas

Tabla 1 Efectos generados por radiación térmica.....	4
Tabla 2 Efectos generados por ondas de sobrepresión.....	5
Tabla 3 Parámetros a utilizar para la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo.....	6

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>III</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Junio del 2019</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 2 de 20</b>

### **III. ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS**

#### **III.1 ESCENARIOS DE SIMULACIÓN**

##### **III.1.1 Justificación de los modelos matemáticos para la simulación.**

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

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

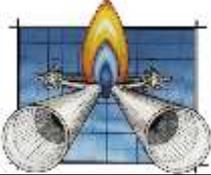
Ambas formas de emisión, están sometidas a un grado creciente de dilución en el aire que hace que las concentraciones en la nube o en la pluma vayan disminuyendo conforme transcurre el tiempo y se alejan del punto de emisión. El grado de dilución depende de varios factores siendo los más relevantes la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

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

##### **Modelación de Explosiones (Sobrepresión).**

Para realizar las simulaciones de los efectos por sobrepresiones en los escenarios definidos para el presente estudio se utilizó el modelo SCRI Fuego en la versión 2.1, el cual es un conjunto de herramientas, para simular en computadora; emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y daños por nubes explosivas, para estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal, en el manejo de situaciones de emergencia.

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

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	III
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 3 de 20

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

### **Modelación de incendio.**

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

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

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

### **Límites para definición de las áreas de riesgo y amortiguamiento.**

Para poder definir los límites con los que se establecen los escenarios y las zonas de seguridad en el entorno de los mismos, se utilizan los criterios dados por la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades riesgosas del Instituto Nacional de Ecología.

Para el caso de la radiación térmica y las sobrepresiones se cuenta con los siguientes valores definidos por la ASEA.

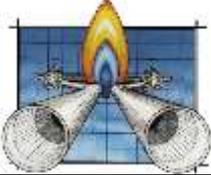
Inflamabilidad (radiación térmica).

- Zona de alto riesgo por daño a equipos: 37 kW/m<sup>2</sup> (kilowatt por metro cuadrado) a 12.5 kW/m<sup>2</sup>.
- Zona de alto riesgo: 5 kW/m<sup>2</sup>,
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 1.4 kW/m<sup>2</sup>.

Explosividad (sobrepresión).

- Zona de alto riesgo por daño a equipos: 10 psi (Libras por pulgada cuadrada) a 3 psi.
- Zona de alto riesgo: 1 psi,
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 0.5 psi.

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

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	III
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 4 de 20

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

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

- Término de la fuente,
- Dispersión,
- Efecto.

***Factores de mitigación.***

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

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

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

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

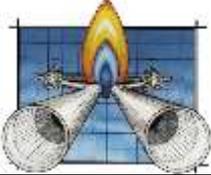
Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición.

La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m<sup>2</sup> durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m<sup>2</sup> durante sólo 0.4 segundos antes de que sienta dolor.

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

**Tabla 1 Efectos generados por radiación térmica.**

Intensidad de Radiación (kW/m <sup>2</sup> )	Daño producido por radiación térmica
37.5	Suficiente para causar daño a equipo de procedimiento.
25	Energía mínima requerida para prender la madera por exposición prolongada.
12.5	Energía mínima requerida para la ignición pilotada de madera, fundición de tubería de plástico.
9.5	El umbral del dolor se alcanza después de 8 segundos; quemaduras de segundo grado después de 20 segundos.
4	Suficiente para causar dolor al personal si éste no puede protegerse en 20 segundos, sin embargo, es factible la formación de ampollas en la piel (quemaduras de segundo grado), 0 fatalidad.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	III
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 5 de 20

Intensidad de Radiación (kW/m <sup>2</sup> )	Daño producido por radiación térmica
1.39	No causará incomodidad durante la exposición prolongada.

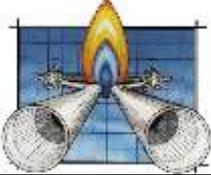
### Formación de ondas de sobrepresión.

Para eventos de explosión, las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento se evaluaron considerando los siguientes valores de sobrepresión:

- ✓ Sobrepresión 1 lb/in<sup>2</sup> (0.07 kg/cm<sup>2</sup>), la cual es definida por SEMARNAT como Zona de Alto Riesgo, y la literatura indica que puede causar destrucción parcial de casas y daños reparables a edificios, provocando el 1% de ruptura de tímpanos y el 1% de heridas serias por proyectiles que existirán por la demolición de casas, las cuales se vuelven inhabitables,
- ✓ Sobrepresión 0.5 lb/in<sup>2</sup> (0.035 kg/cm<sup>2</sup>), la cual es definida por SEMARNAT como Zona de Amortiguamiento, y la literatura indica que se tendrán rupturas del 10% en ventanas grandes de vidrio y pequeñas normalmente estrelladas con algún daño a algunos techos con una probabilidad de 95% de que no ocurren daños serios.

**Tabla 2 Efectos generados por ondas de sobrepresión.**

Sobrepresión Máxima (psi)	Daño producido por ondas de sobrepresión en explosión
0.03	Ruptura ocasional de ventanas de vidrio grandes que estén bajo tensión.
0.1	Ruptura de ventanas pequeñas que se encuentran bajo tensión.
0.15	Presión típica de ruptura del vidrio.
0.3	“Distancia segura” (probabilidad de 0.95 que no ocurran daños serios a partir de este valor): límite de proyectiles; daños a techos de casas; ruptura del 10% de ventanas con vidrios.
0.4	Daño estructural menor limitado.
0.7	Daño menor a estructuras de casas.
1	Demolición parcial de casas, se vuelven inhabitables.
1 – 2	Destrucción de asbesto corrugado; en las divisiones de acero corrugado aluminio, los tornillos fallan y después se tuercen; los tornillos de paneles de madera fallan; los paneles son destruidos.
1.3	El almacén de acero de edificios revestimientos se deforma.
2	Colapso parcial de techos y paredes.
2 – 3	Cuarteadora de paredes de concreto o bloques de ladrillo no reforzados.
2.3	Límite inferior de daño estructural serio.

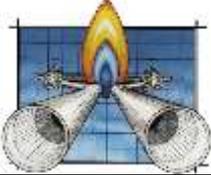
	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	III
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 6 de 20

Sobrepresión Máxima (psi)	Daño producido por ondas de sobrepresión en explosión
2.5	50% de destrucción de la mampostería en casas.
3 – 4	Demolición de edificios son armazones o con paneles de acero; ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo.
4	Ruptura del revestimiento de edificios industriales ligeros.
5	Los postes de madera se rompen súbitamente; prensas hidráulicas altas (40 000 lb) en edificios son ligeramente dañadas.
5 – 7	Destrucción casi completa de casas.
7 – 8	Paneles de ladrillo de 8 -12 in de espesor no reforzados fallan por corte o flexión.
9	Demolición total de vagones de ferrocarril cargados.
10	Probable destrucción total de edificios; desplazamiento y fuerte daño a maquinaria pesada (7 000 lb), la maquinaria muy pesada (12 000 lb) sobrevive.
300	Formación de cráter.

Para definir y justificar las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo a determinar, se utilizaron los siguientes parámetros:

**Tabla 3 Parámetros a utilizar para la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo.**

	Zona de Alto Riesgo por daño a equipos	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
<b>Toxicidad (Concentración)</b>	--	IDLH (ppm)	TLV (8 h, TWA) o TLV (15 min, STEL) (ppm)
<b>Inflamabilidad (Radiación térmica)</b>	Rango de 12.5 kW/m <sup>2</sup> a 37.5 kW/m <sup>2</sup>	5.0 kW/m <sup>2</sup>	1.4 kW/m <sup>2</sup>
<b>Explosividad (Sobrepresión)</b>	Rango de 3 psi a 10 lb/in <sup>2</sup>	1.0 psi (0.070 kg/cm <sup>2</sup> )	0.5 psi (0.035 kg/cm <sup>2</sup> )

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>			CAPITULO	III
	<b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>			FECHA	Junio del 2019
				HOJA:	Pág. 7 de 20

### III.1.2 Descripción de escenarios.

#### ESCENARIO 1

Tipo de Caso	Identificación de Escenarios				Diámetro (pulgadas)	
	Clave	Descripción			Línea/Equipo	Fuga
PC	Esc1	Fuga de Gas Natural por falla en la conexión de la manguera flexible en la tubería de entrada al compresor, lo que provoca la desconexión total de la manguera.			Succión del compresor de GN	2" (100%)
Flujo del GN en la ERM		Presión de operación	Temperatura de operación	Duración Fuga	Inventario de fuga en 2 minutos	Tasa de descarga
m <sup>3</sup> /h	Kg/s	Kg/cm <sup>2</sup>	°C	minutos	Kg	Kg/s
4 500	2	21 (promedio)	20 (promedio)	2	540	4.5

Para mayor detalle, en el **Anexo 6** se indican los datos de los Escenarios.

#### RESULTADOS ESCENARIO 1

Radiación Térmica	
kW/m <sup>2</sup>	metros
<b>ZADE (37.5 – 12.5)</b>	14.31
<b>ZAR (5)</b>	23.44
<b>ZA (1.4)</b>	44.22

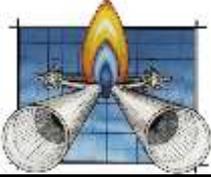
Sobrepresión	
Psi	metros
<b>ZADE (3)</b>	65.86
<b>ZAR (1)</b>	150.35
<b>ZA (0.5)</b>	255.56

Para mayor detalle, ver **Anexo 7** Resultados de Simulaciones.

#### ESCENARIO 2

Tipo de Caso	Identificación de Escenarios				Diámetro (pulgadas)	
	Clave	Descripción			Línea/Equipo	Fuga
PC	Esc2	Fuga de Gas Natural por la rotura diametral al 100% de la tubería de descarga del compresor a causa de la sobrepresión del sistema.			Succión del compresor de GN	3" (100%)
Flujo del GN en la ERM		Presión de operación	Temperatura de operación	Duración Fuga	Inventario de fuga en 2 minutos	Tasa de descarga
m <sup>3</sup> /h	Kg/s	Kg/cm <sup>2</sup>	°C	min	Kg	Kg/s
4 500	2	255 (promedio)	30 (promedio)	1	7 378.8	122.98

Para mayor detalle, en el **Anexo 6** se indican los datos de los Escenarios.

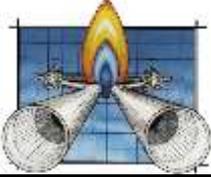
	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	III
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 8 de 20

## RESULTADOS ESCENARIO 2

Radiación Térmica	
kW/m <sup>2</sup>	metros
<b>ZADE (37.5 – 12.5)</b>	75.75
<b>ZAR (5)</b>	117.93
<b>ZA (1.4)</b>	217.31

Sobrepresión	
Psi	metros
<b>ZADE (3)</b>	157.46
<b>ZAR (1)</b>	359.44
<b>ZA (0.5)</b>	610.99

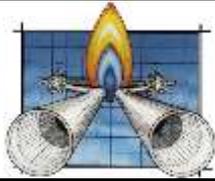
Para mayor detalle, ver **Anexo 7** Resultados de Simulaciones.

	<p align="center"><b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b>  <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b></p> <p align="center"><b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b>  <b>Municipio de Celaya, Gto.</b></p>	<b>CAPITULO</b>	III
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 9 de 20

### III.2 PLANOS DE LOS RESULTADOS DE SIMULACIÓN

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

**Figura 1 Escenario 1. Radiación Térmica.**



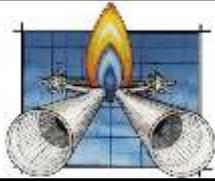
**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

**Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya**  
**Municipio de Celaya, Gto.**

CAPITULO	III
FECHA	Junio del 2019
HOJA:	Pág. 10 de 20

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

**Figura 2 Escenario 1. Sobrepresión.**



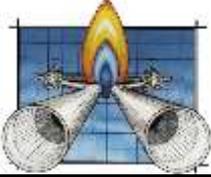
**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**  
**Modalidad Análisis de Riesgos**

**Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya**  
**Municipio de Celaya, Gto.**

CAPITULO	III
FECHA	Junio del 2019
HOJA:	Pág. 11 de 20

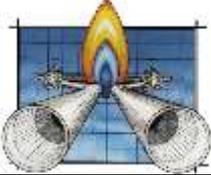
UBICACIÓN DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

**Figura 3 Escenario 2. Radiación Térmica.**

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>III</b>
	<b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>FECHA</b>	<b>Junio del 2019</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 12 de 20</b>

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

La representación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo, se incluye en el **Anexo 8**.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	III
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 13 de 20

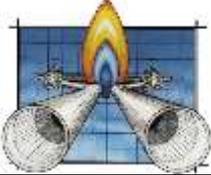
### III.3 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

#### ESCENARIO 1.

Clave del escenario de Riesgo	Equipo donde se presenta la fuga simulada	Sustancia Peligrosa involucrada	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los sitios o equipos al punto de fuga	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas
Esc1	Succión del Compresor	Gas Natural	Remolques de Gas Natural Comprimido	Contiguo	Detectores de Mezclas explosivas  Botón de Paro de Emergencia.  Procedimientos de emergencia.  Estación monitoreada por personal capacitado.  Equipo móvil para atención de emergencias.
			Unidad Enfriadora de Gas Natural	Contiguo	
			Radiadores	Contiguo	
			Oficinas	10 m	
			Servicios Auxiliares	10 m	
			Naves Industriales	40 m	
			Vialidades internas del Parque Industrial	Contiguas	

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 81.4 kW/m<sup>2</sup> en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 23.44 m; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará la Estación de Compresión son inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 8 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área de descarga, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m<sup>2</sup>, lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 8 m se localizará el recinto de compresores de gas natural, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el chorro de fuego y en su caso, se generarán más fugas de gas natural, lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la EC.

Posterior a los 8 m desde la formación del charco de fuego en el área donde se localizará el recinto de compresores, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 23.44 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m<sup>2</sup> (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a los almacenes y oficinas de la Estación de Compresión, además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>III</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Junio del 2019</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 14 de 20</b>

El daño esperado en los operadores de la EC dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 8 m de distancia del siniestro, posterior a los 8 m y hasta una distancia de 20 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la EC o personas ajenas que transiten por los límites de ésta, se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 11 m y hasta el límite de la ZAR que es de 23.44 m, el tiempo límite para que las personas sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 20 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

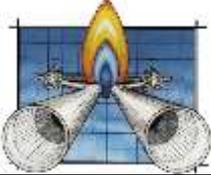
La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 23.44 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 44.22 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la EC ni en la población aledaña.

El daño esperado en los operadores de la EC para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 44.22 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 47 m distancia del siniestro donde la radiación será menos de 1 kW/m<sup>2</sup>, nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 10 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 150.35 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará la EC son inevitables, ya que en un radio de 7 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 7 m y hasta los 150.35 m que es el límite de la ZAR se afectarán las instalaciones de la EC, donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente.

Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 21 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 21 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 150.35 m hasta 0.5 psi a una distancia de 255.56 m las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

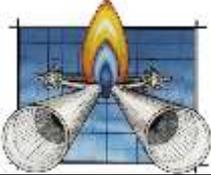
	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	CAPITULO	III
		FECHA	Junio del 2019
		HOJA:	Pág. 15 de 20

## ESCENARIO 2.

Clave del escenario de Riesgo	Equipo donde se presenta la fuga simulada	Sustancia Peligrosa involucrada	Sitios o equipos aledaños que pueden ser afectados	Distancias de los sitios o equipos al punto de fuga	Sistemas de Seguridad y Medidas preventivas
Esc2	Descarga del Compresor	Gas Natural	Remolques de Gas Natural Comprimido	Contiguo	Detectores de Mezclas explosivas  Botón de Paro de Emergencia.  Procedimientos de emergencia.  Estación monitoreada por personal capacitado.  Equipo móvil para atención de emergencias.
			Unidad Enfriadora de Gas Natural	Contiguo	
			Radiadores	Contiguo	
			Oficinas	10 m	
			Servicios Auxiliares	10 m	
			Naves Industriales	40 m	
			Vialidades internas del Parque Industrial	Contiguas	

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 107 kW/m<sup>2</sup> en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 117.75 m; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará la Estación de Compresión son inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (compresores, módulos, remolques, tanques y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 40 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área de descarga, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m<sup>2</sup>, lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 40 m se localizarán los remolques de gas natural comprimido y los enfriadores de gas natural, así como oficinas y almacenes, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el chorro de fuego y en su caso, se generarán más fugas de gas natural, lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la EC.

Posterior a los 40 m desde la formación del charco de fuego en el área donde se localizará el recinto de compresión, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 117.75 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m<sup>2</sup> (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a los servicios auxiliares existentes en el interior de la instalación, además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>III</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Junio del 2019</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 16 de 20</b>

El daño esperado en los operadores de la EC dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 40 m de distancia del siniestro, posterior a los 40 m y hasta una distancia de 90 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la EC y las personas que transiten cerca de las instalaciones de la estación se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 90 m y hasta el límite de la ZAR que es de 117.75 m, el tiempo límite para que las personas sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 20 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

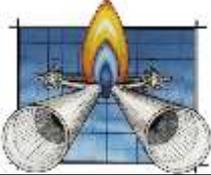
La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 117.75 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m<sup>2</sup> a una distancia de 217.31 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la EC ni en la población aledaña.

El daño esperado en los operadores de la EC para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 117.75 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 120 m distancia del siniestro donde la radiación será menos de 1 kW/m<sup>2</sup>, nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 10 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 359.44 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará la EC son inevitables, ya que en un radio de 13 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a los 13 m y hasta los 359.44 m que es el límite de la ZAR se afectarán las instalaciones de la EC y las naves industriales aledañas al predio de la EC, donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente.

Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 80 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 80 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 359.44 m hasta 0.5 psi a una distancia de 610.99 m las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>III</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Junio del 2019</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 17 de 20</b>

### **III.4 SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO**

#### **III.4.1 Sistemas de Seguridad**

Dentro del proyecto contarán con los siguientes dispositivos para prevenir y mitigar los posibles accidentes:

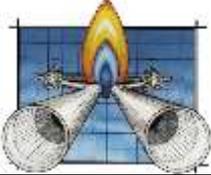
- Sistema de paro por emergencia, en cada unidad de despacho, equipos de compresión, compresores, enfriadores, cuarto de tableros, oficinas, además en los equipos de compresión, en cada etapa y tanques de recuperación, así como tanques de almacenamiento y postes de llenado,
- Sistemas de drenajes pluvial y aceitoso,
- Válvulas de seguridad,
- Botones de paro de emergencia en diferentes puntos como compresión, cuarto de tableros, oficinas y otros puntos, los cuales al ser activados realizan un paro total de los sistemas de compresión, cierran válvulas de succión y descarga, activando la alarma audible y sonora que indica situación anormal en los procesos, requiriendo para su reinicio de operación la corrección del evento,
- Extintores (Portátiles y Móviles),

Los extintores portátiles de polvo químico, son de las siguientes características:

- ✓ Unidades de extinción 40 a 120-B:C
- ✓ Agente extintor a base de bicarbonato de potasio
- ✓ Capacidad de 9 kg (20 lb)
- ✓ Color rojo bermellón
- ✓ Tiempo de descarga de 8 a 25 segundos
- ✓ Alcance horizontal de chorro de 3.04 a 6.09 m (10 a 20 ft) y deben cumplir con los requerimientos del NFPA 10-2018.
- Extintores Móviles-Sobre ruedas,

Los extintores móviles de polvo químico, son de las siguientes características:

- ✓ Unidades de extinción 80 a 640-B:C
- ✓ Agente extintor a base de bicarbonato de potasio
- ✓ Capacidad de 68 Kg (150 lb).

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	III
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 18 de 20

### III.4.2 Medidas Preventivas

Como parte de las medidas preventivas, para la Estación de Compresión se tienen previstas las siguientes medidas:

- Capacitación del personal,
- Programa para atención de Contingencias Ambientales,
- Programa para restauración de afectaciones en caso de accidente,
- Programa Interno de Protección Civil.

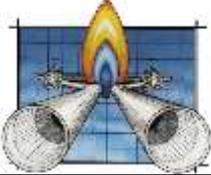
### III.4.3 Recomendaciones Técnico Operativas

Las recomendaciones Técnico Operativas derivadas del Análisis HAZOP se indican en la siguiente tabla:

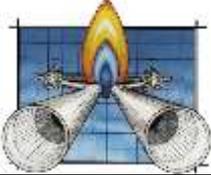
No.	Recomendación	ID del nodo	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
			No.	Descripción		
R1	Incluir dentro del programa de mantenimiento el mantenimiento a la manguera flexible a la entrada del compresor.	1	1	Desconexión/falla de la manguera flexible (2") a la entrada del compresor.	Dpto. Ingeniería GNC	B
R2	Cierre en falso de la válvula manual en la línea de descarga de alta presión.	2	2	Colocar candado en las válvulas manuales en la descarga del sistema de compresión.	Dpto. Ingeniería GNC	B
R3	Falla en las etapas de compresión del sistema.	2 y 3	3	Incluir dentro del programa de mantenimiento el sistema de compresión conforme a las especificaciones del fabricante	Dpto. Ingeniería GNC	B
R4	Paro del sistema de compresión.	2 y 3	4	Asegurar que todo el sistema de compresión se encuentra dentro del programa anual de mantenimiento de GNN	Dpto. Ingeniería GNC	B

Adicionalmente, se recomienda implementar las siguientes recomendaciones:

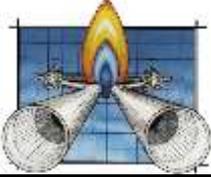
- Elaborar y poner en práctica un programa para la calibración de los instrumentos de medición y control, así como para el mantenimiento de los mismos de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- Ya en operación, elaborar el Programa para la Prevención de Accidentes (PPA), en el cual se incluyan todos los procedimientos de emergencia con los que contará la Estación; además donde se establezca que la empresa promovente deberá de estar en coordinación con Protección Civil municipal y estatal para la atención de cualquier emergencia que se llegue a presentar.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>III</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Junio del 2019</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 19 de 20</b>

- Incluir dentro de un programa, el mantenimiento al sistema contra incendio, que se instalará en la Estación, y aplicarlo por lo menos una vez al mes, y contar con una lista de verificación de las condiciones de dicho sistema.
- Realizar simulacros de incendio (por lo menos dos veces al año) de tal manera que se evalúe la capacidad de respuesta del personal para la atención de una emergencia.
- Toda la señalización de las tuberías, equipos y componentes, así como vialidades, rutas y salidas de emergencia, entre otras, debe mantenerse visible y en buen estado, cumpliendo con la normatividad nacional aplicable.
- Incorporar un programa de capacitación al personal operativo de la estación, con objeto de desarrollar conocimiento y experiencia en la aplicación de procedimientos e instrucciones de forma tal que las instalaciones se operen de manera segura.
- Contar con programas de verificación para todos los dispositivos de seguridad.
- Incluir dentro del diseño un sistema electrónico para verificar si el vehículo presenta condiciones seguras para el suministro de GN.
- El sistema de compresión deberá contar con un sistema de paro que se active al momento de detectar condiciones inseguras.
- El sistema de compresión deberá contar con elementos que eviten la vibración de tuberías durante la succión y la descarga de GN.
- Contar con un sistema que permita dar mantenimiento a cualquier componente de protección sin que el recipiente se quede sin la protección requerida (sistema redundante).
- Contar con un sistema para la identificación permanente en todos los recipientes de almacenamiento que indique lo siguiente:
  - a. Nombre del fabricante;
  - b. Estándares aplicados para su diseño y fabricación;
  - c. Material de fabricación;
  - d. Fecha de fabricación;
  - e. Vida útil garantizada;
  - f. Capacidad líquida nominal en litros de agua;
  - g. Presión de diseño;
  - h. Presión de Servicio Nominal;
  - i. Presión de Trabajo Máxima Permitida (PTMP), y
  - j. Rango de temperaturas en grados Celsius para el cual se diseñó el tanque.

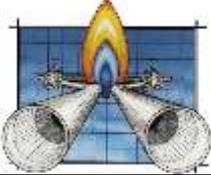
	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	III
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 20 de 20

- Contar con el certificado para todos los accesorios y equipos, que asegure que han sido diseñados, construidos, inspeccionados, marcados y probados de acuerdo con las Normas Aplicables para la tecnología empleada.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	IV
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 1 de 3

## Índice

<b>IV. RESUMEN.....</b>	<b>2</b>
<b>IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL .....</b>	<b>2</b>
<b>IV.2 HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL .....</b>	<b>2</b>
<b>IV.3 INFORME TÉCNICO .....</b>	<b>3</b>

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	IV
		<b>FECHA</b>	Junio del 2019
		<b>HOJA:</b>	Pág. 2 de 3

## **IV. RESUMEN**

### **IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL**

El presente Estudio de Riesgo Ambiental (ERA) llevó a la conclusión de que los riesgos mayores en la Estación de Compresión de Gas Natural (EC), es la incidencia de incendio y explosión por algún daño realizado a la instalación producto del desgaste normal de equipos o por fallas en la fabricación de los materiales, mismos que al fallar repercuten en la liberación inmediata del combustible manejado en los sistemas, con lo que, si no se contarán con las medidas preventivas adecuadas se corre el riesgo de llegar a situaciones catastróficas tanto en la instalación como en la población en general, por tal motivo la GNC Hidrocarburos en su momento y de ser requerido por la autoridad, dará a conocer a los habitantes aledaños a la zona, las medidas de prevención y control que se instaurarán en cada punto de la estación para reducir los riesgos existentes por incendio y explosión.

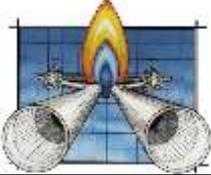
El riesgo es evidente por ser una instalación que maneja gas natural, mismo que es controlable y de ser posible su reducción poniendo especial atención en las actividades de mantenimiento y supervisión constante en la operación de la Estación. Aunado a lo anterior, los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, ayudarán a anticiparse a cualquier falla mecánica o de operación que se pueda presentar.

La verificación de la integridad mecánica y de operación de los equipos operativos, se realizará antes de entrar en operación y posteriormente con apego a la normativa, lo que asegura y reduce los riesgos por fallas en los componentes e instrumentación de los equipos y sistemas de Gas Natural.

Por lo anterior y de acuerdo a los resultados del Análisis de Riesgos, se concluye que el nivel de riesgo de la Estación es Alto, ya que si bien, de acuerdo al análisis realizado mediante HAZOP las desviaciones de mayor riesgo fueron de riesgo Medio, considerando su evaluación con las medidas preventivas y salvaguardas disponibles para cada desviación, sus consecuencias pueden ser catastróficas en caso de presentarse, y además, de acuerdo a los árboles de falla presentados su probabilidad de ocurrencia es significativa si se considera que los eventos de mayor probabilidad resultantes fueron de un evento cada 10 años, sin embargo es necesario que una vez puesta en operación la EC se realice la actualización del presente Estudio de Riesgo y se estructure el Programa para Prevención de Accidentes (PPA) conforme a los escenarios de riesgo resultantes.

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

El objetivo del presente proyecto es la construcción y operación de una Estación de Compresión de Gas Natural, la cual estará ligada a los programas de infraestructura impulsados por el gobierno federal.

	<b>ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL</b> <b>Modalidad Análisis de Riesgos</b>  <b>Estación de Compresión de Gas Natural (EC) Celaya</b> <b>Municipio de Celaya, Gto.</b>	<b>CAPITULO</b>	<b>IV</b>
		<b>FECHA</b>	<b>Junio del 2019</b>
		<b>HOJA:</b>	<b>Pág. 3 de 3</b>

La EC tendrá la capacidad de entregar el Gas Natural por medio de Remolques que cuentan con todas las medidas de seguridad requeridas para este tipo de actividad, para posteriormente ser transportado hacia una estación de descompresión en diferentes partes del país de manera segura y eficaz.

En el proyecto ejecutivo en cuestión, se aplica ingeniería de punta con el objetivo de minimizar los riesgos implícitos y satisfacer a sus clientes de combustible para la realización de sus operaciones. Como resultado del análisis de riesgo, basado en las memorias técnicas-descriptivas y diagrama de instrumentación (DTIs) de la EC y de los accesorios que serán instalados en dicha estación, se consideraron aquellos eventos donde estuvieran involucrados los sucesos similares ocurridos en otras partes del país, se tomaron en cuenta los accesorios, tales como: válvulas, medidores, bridas y reguladores, para la determinación de las desviaciones, causas y consecuencias de probables eventos producidos por fallas mecánicas o de operabilidad con sus probables áreas de afectación.

Una vez realizado el estudio de riesgo y analizado todas las variables que pudieran tener influencia o ser determinantes en el proyecto, se puede concluir que es factible alcanzar la edificación de una EC, con suficiente certidumbre de su seguridad hacia el medio ambiente y las instalaciones circundantes.

De los eventos simulados, los de mayores consecuencias resultaron ser los relativos a la formación de fugas por la falla de las mangueras y tuberías de descarga en la parte de alta presión, pero que su probabilidad es baja, sin embargo, el diseño y construcción de la EC será realizado con los más altos estándares de seguridad tanto nacionales e internacionales, con la finalidad de que en la etapa de operación los eventos de riesgo sean mínimos con la menor afectación al medio ambiente y zonas aledañas.

### **IV.3 INFORME TÉCNICO**

El Informe Técnico del presente Estudio de Riesgo se incluye en el **Anexo 9**.