

Estudio de Riesgo  
Modalidad Análisis de Riesgos

Mayo 2018

Instalación, Operación y Mantenimiento de la  
Estación de Descompresión de GNC con  
capacidad de 2000 m<sup>3</sup>/h

Camino Viejo a Villa Cuauhtémoc  
No.112, Delegación San Mateo  
Otzacatipan, Toluca de Lerdo.  
México C.P. 50233.

Neomexicana de GNC S.A.P.I de C.V.

<b><u>I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO.</u></b>	<b><u>1</u></b>
<b>I.1. BASES DE DISEÑO</b>	<b>1</b>
I.1.1. PROYECTO CIVIL	2
I.1.2. PROYECTO ELECTROMECAÁNICO	8
I.1.3. PROYECTO SISTEMA CONTRA-INCENDIO	18
I.2.1. HOJAS DE SEGURIDAD.	22
I.2.2. ALMACENAMIENTO TEMPORAL	23
I.2.3. EQUIPOS DE PROCESO.	24
I.2.4. PRUEBAS DE VERIFICACIÓN.	26
<b>I.3. CONDICIONES DE OPERACIÓN</b>	<b>28</b>
I.3.1. ESPECIFICACIÓN TABLERO DE CONTROL.	28
I.3.2. SISTEMAS DE AISLAMIENTO	29
I.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS	29
I.4.1 INTRODUCCIÓN.	29
I.4.2 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES.	31
I.4.3 METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS.	34
<b><u>II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.</u></b>	<b><u>41</u></b>
<b>II. 1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN</b>	<b>41</b>
II.1.2 RESULTADOS	43
<b>II.2 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL..</b>	<b>48</b>
<b><u>III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.</u></b>	<b><u>49</u></b>
<b>III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS</b>	<b>49</b>
III.1.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD.	50
III.1.2 MEDIDAS PREVENTIVAS GENERALES	51
<b><u>IV. RESUMEN</u></b>	<b><u>53</u></b>
<b>IV.1 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Y RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL.</b>	<b>53</b>
<b>IV.2 INFORME TÉCNICO.</b>	<b>55</b>
<b><u>V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.</u></b>	<b><u>60</u></b>
V.1.1 PLANOS DE LOCALIZACIÓN	60
ANEXO 1. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN.	60

ANEXO 14 PLANO DE RADIOS DE AFECTACIÓN POR FUGA DE GAS (METANO) CON DAÑOS A LA SALUD POR EXPOSICIÓN.	61
ANEXO 15 PLANO DE RADIOS DE AFECTACIÓN POR INCENDIO POR FUGA DE GAS (METANO)	62
ANEXO 16 PLANO DE RADIOS DE AFECTACIÓN POR EXPLOSION POR FUGA DE GAS (METANO)	63
<b>V.2 OTROS ANEXOS.</b>	<b>64</b>
A). DOCUMENTOS LEGALES.	64
ANEXO 17. ACTA CONSTITUTIVA DE LA EMPRESA.	64
ANEXO 18. COPIA CERTIFICADA DEL PODER NOTARIAL E IDENTIFICACIÓN OFICIAL DE REPRESENTANTE LEGA	65
ANEXO 19. CONTRATO MARCO.	66
B) AUTORIZACIONES Y PERMISOS.	67
ANEXO 20. AUTORIZACIÓN DE USO DE SUELO	67
C) MEMORIAS DESCRIPTIVAS DE LA (S) METODOLOGÍA(S) UTILIZADA(S).	68
ANEXO 21. HOJAS DE TRABAJO PARA IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.	68
D) MEMORIA TÉCNICA DE LA(S) MODELACIÓN(ES).	82
<b>E) MEMORIA TÉCNICO DESCRIPTIVA Y JUSTIFICATIVA DEL PROYECTO CIVIL, MECÁNICO, ELÉCTRICO, Y SISTEMA CONTRA INCENDIO.</b>	<b>84</b>
PLANOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO.	84
ANEXO 2. PLANO PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000-OBRA CIVIL	84
ANEXO 3. PLANO OBRA RED INTERNA PARQUE TOLUCA 2000.	85
ANEXO 4. ANTEPROYECTO ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DEL PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000 AC.	86
ANEXO 5. PLANO SISTEMA DE TIERRAS PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000	87
ANEXO 6. MEMORIAL TÉCNICO OBRA RED INTERNA PARQUE TOLUCA 2000	88
ANEXO 7. MEMORIAL TÉCNICO DE OBRA CIVIL ELECTRICA PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000	89
ANEXO 8. PLANO OBRA ELECTROMECAÁNICA PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000	90
ANEXO 9 MEMORIAL TÉCNICO DE OBRA ELECTROMECAÁNICA PARQUE TOLUCA 2000	90
ANEXO 10. DIAGRAMA DE FLUJO PARQUE TOLUCA 2000	91
ANEXO 11 SALVAGUARDAS DE UNA RCU 2000	92
ANEXO 12 PLANO DE SEÑALECTICA Y EXTINTORES.	93
ANEXO 13 FICHA TECNICA RCU 2000	94

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

### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

#### I.1. Bases de diseño

La Elaboración del Diseño e Ingeniería del Proyecto de Instalación, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión de Gas Natural (RCU 2000), se ha basado principalmente en las siguientes Normas Oficiales Mexicanas e internacionales:

#### **Normas Oficiales Mexicanas**

- NOM-EM-005-ASEA-2017, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial del Sector Hidrocarburos y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, así como los elementos y procedimientos para la formulación de los Planes de Manejo de Residuos Peligrosos y de Manejo Especial del Sector Hidrocarburos.
- NOM- 010-ASEA-2016. Gas Natural Comprimido (GNC). Requisitos mínimos de seguridad para Terminales de Carga y Terminales de Descarga de Módulos de almacenamiento transportables y Estaciones de Suministro de vehículos automotores
- NOM-002-SECRE-2010. Instalaciones de Aprovechamiento de Gas Natural.

#### **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)**

- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2006, Protección ambiental.- Vehículos en circulación que usan diesel como combustible.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-052-SEMARNAT-1993. Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-059-SEMARNAT-2000. Que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-080-SEMARNAT-1994, Que Establece los Límites Máximos Permisibles de Emisión de Ruido Proveniente del Escape de los Vehículos Automotores, Motocicletas y Triciclos Motorizados en Circulación, y su Método de Medición
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-081-SEMARNAT-1994. Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

#### **SEDE**

- NOM -001-SEDE-2005 - Instalaciones Eléctricas (utilización).

### STPS

- NORMA Oficial Mexicana NOM-001-STPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo Condiciones de seguridad.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
- Norma Oficial Mexicana NOM-022-STPS-2015, Electricidad estática en los centros de trabajo-condiciones de seguridad.
- Norma Oficial Mexicana NOM 026–STPS-1998. Colores y señales de seguridad e higiene e identificación por fluidos conducidos en tuberías.

### Secretaria de comunicaciones y transporte (SCT)

- NOM-003-SCT-2008 establece las características de las etiquetas de envases y embalajes destinados al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
- NOM-005-SCT-2008 establece las características de la información de emergencia para el transporte terrestre de materiales y residuos.
- NOM-012-SCT-2-2017. Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.

### Normas Internacionales.

- ANSI/ASME B31.3 Process Piping.
- ANSI/ASME B.1.20.1 Pipe Threads, General Purpose
- ANSI B16.5 Steel Pipe Flanges and Flanged Fittings.
- ANSI B16.34 Steel Valves (Flanged and Butt welding End).
- API RP 5C6 Welding Connections to Pipe.
- API 5L Line Pipe.
- API 6D Pipeline Valves.
- ANSI/NFPA 220 Type of Building Construction.

#### I.1.1. Proyecto civil

##### Introducción

El "Parque Industrial Toluca 2000 AC., se ubica en el Municipio de Toluca de Lerdo en el Estado de México. Este parque se construyó a principios de los 90 y en la actualidad alberga unas 108 empresas dedicadas a diversas ramas industriales, tales como metal-mecánica, automotriz, plásticos y derivados, farmacéutica, química, entre otras.

Este parque industrial requiere entre otros insumos energéticos, el suministro permanente de un caudal de gas natural a una tasa de 1700 m<sup>3</sup>/hora y a una presión de 5 bar, para un volumen mensual de 1,224,000 Sm<sup>3</sup>.

El proyecto de instalación, operación y mantenimiento de la Estación de Descompresión de Gas Natural (RCU 2000), es un complemento a las Instalaciones del Parque en cuanto a servicios se

refiere. Mediante esta instalación se pretende la reducción de la presión del GNC almacenado en contenedores de hasta 250 bar, y su transferencia a presiones de entre 4 a 6.8 bar, para que sea usado como combustible en los diversos procesos industriales que tienen lugar dentro del parque industrial.

La Estación de Descompresión es alimentada mediante el uso de semirremolques que transportan el GNC a presiones de hasta 250 bar. Estos vehículos son conectados al Sistema de Descompresión, el cual realiza la reducción de la presión hasta un mínimo de 4 bar. Posteriormente el gas descomprimido es suministrado al parque industrial, a través de una estación de medición de flujo o patín de medición.

### Objetivos del Proyecto

Los objetivos del proyecto son:

- Descomprimir el gas natural almacenado en contenedores a presión de hasta 250 bar, hasta una presión mínima de 4 bar, óptima de 5 bar.
- Asegurar el suministro permanente de un caudal de 1700 m<sup>3</sup>/hora, a una presión de 5 bar y a una temperatura de entre 20 °C y 25 °C.
- Asegurar que la operación de la instalación se encuentre dentro de los estándares y normas aplicables en la materia, evitando de esta forma la ocurrencia de cualquier impacto o riesgo ambiental, que comprometa la salud de los trabajadores, el entorno ambiental donde se ubica la instalación y la integridad física de la estación.
- Implementar un Plan de Mantenimiento de carácter preventivo que garantice la integridad electromecánica de la estación y el suministro permanente de gas natural en las condiciones de volumen, presión y temperatura antes señaladas.
- Mantener un monitoreo permanente mediante el sistema SCADA (“on line”) de todas las variables operacionales de la estación, a fin de poder corregir de manera oportuna cualquier desviación del proceso operacional rutinario.

La ilustración 1, presenta un diagrama de flujo general de operación de dicha estación.

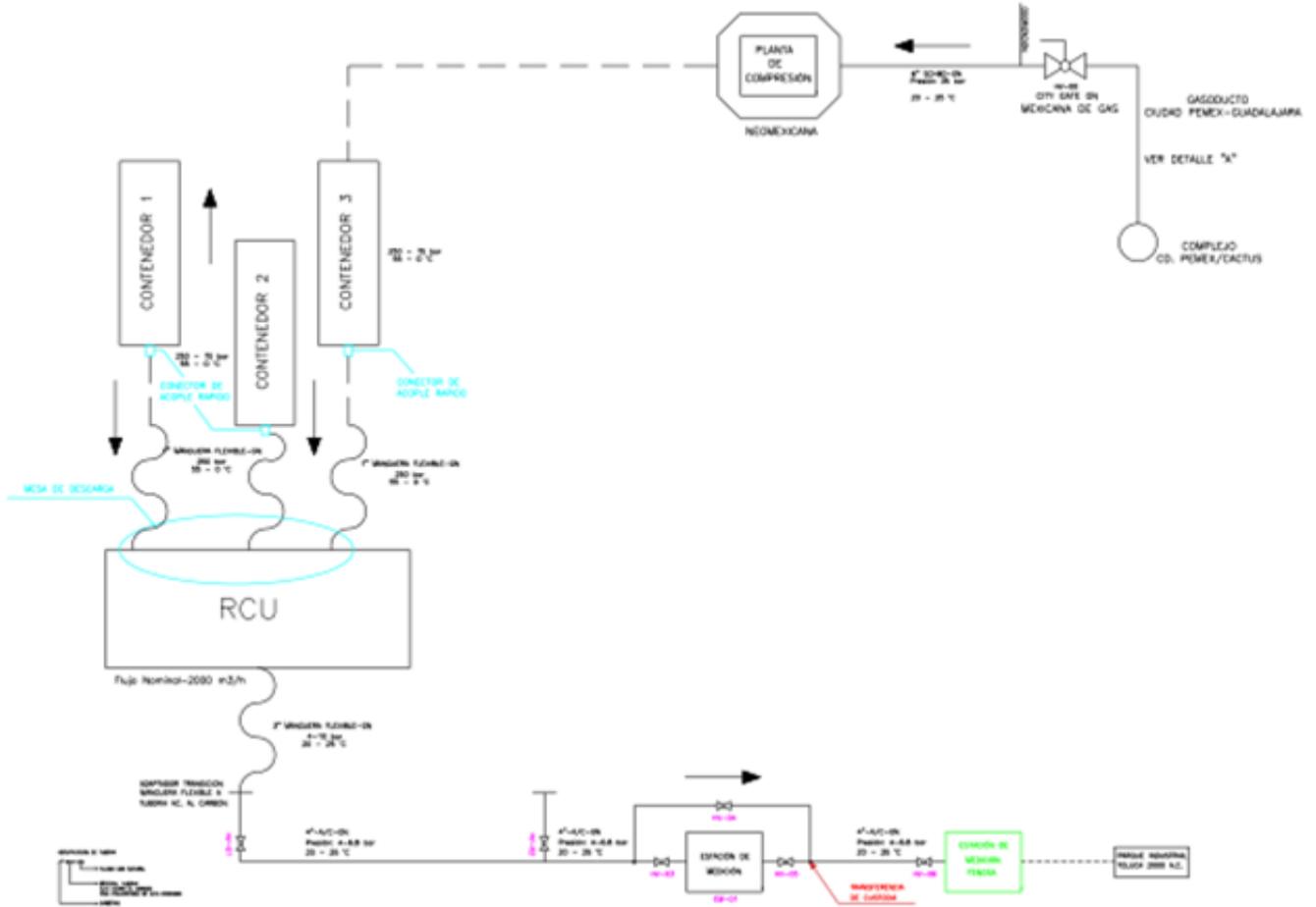


Ilustración 1. Diagrama operación de la Estación de Descompresión RCU 2000

Las estaciones de descompresión suministradas por semirremolques, tienen la gran ventaja de poder ser instaladas en cualquier zona geográfica, ya que el suministro de gas natural comprimido por medio de semirremolques permite dicha opción.

La selección del sitio para la ubicación de la Planta de Descompresión fue realizada con base a los siguientes criterios:

- El predio se ubica en el perímetro del Parque Industrial Toluca 2000 AC.
- El predio es un complemento de los servicios requeridos por el Parque Toluca 2000 AC., cuyo uso del suelo está permitido para Industria Grande No Contaminante. Anexo 4
- Es un área con un alto grado de intervención antrópica, alejado de cursos de agua y de otros atributos importantes del paisaje físico natural, con una incidencia ambiental de muy bajo impacto.

*Ubicación física del proyecto y planos de localización*

El proyecto se ubica cercano al Parque Industrial Toluca 2000 AC, en el Municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México, dentro de las siguientes coordenadas:

Punto	Norte	Este
A	2,141,764.24	439,843.57
B	2,141,751.55	439,863.15
C	2,141,730.63	439,848.64
D	2,141,741.26	439,829.96

En el ANEXO 1. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN. Se detalla la ubicación del predio del Proyecto.

La Ilustración 2. Ubicación de la Estación de Descompresión (tomado de Google earth), ilustra la Ubicación del Predio.



Ilustración 2 . Ubicación de la Estación de Descompresión (tomado de Google earth)

### Dimensiones del proyecto

El predio donde se ubica la Estación de Descompresión de Gas Natural (RCU 2000) tiene las siguientes dimensiones:

Ancho: 16.53 m (promedio)

Largo: 27.49 m (promedio)

Superficie: 454.41 m<sup>2</sup>

El predio está conformado por el área donde se ubican los semirremolques, el área que ocupa la RCU 2000 con su tablero de control y sistema de calentamiento, patín de medición y red interna de tuberías. En la ilustración 3 se presentan detalles de las dimensiones del predio.

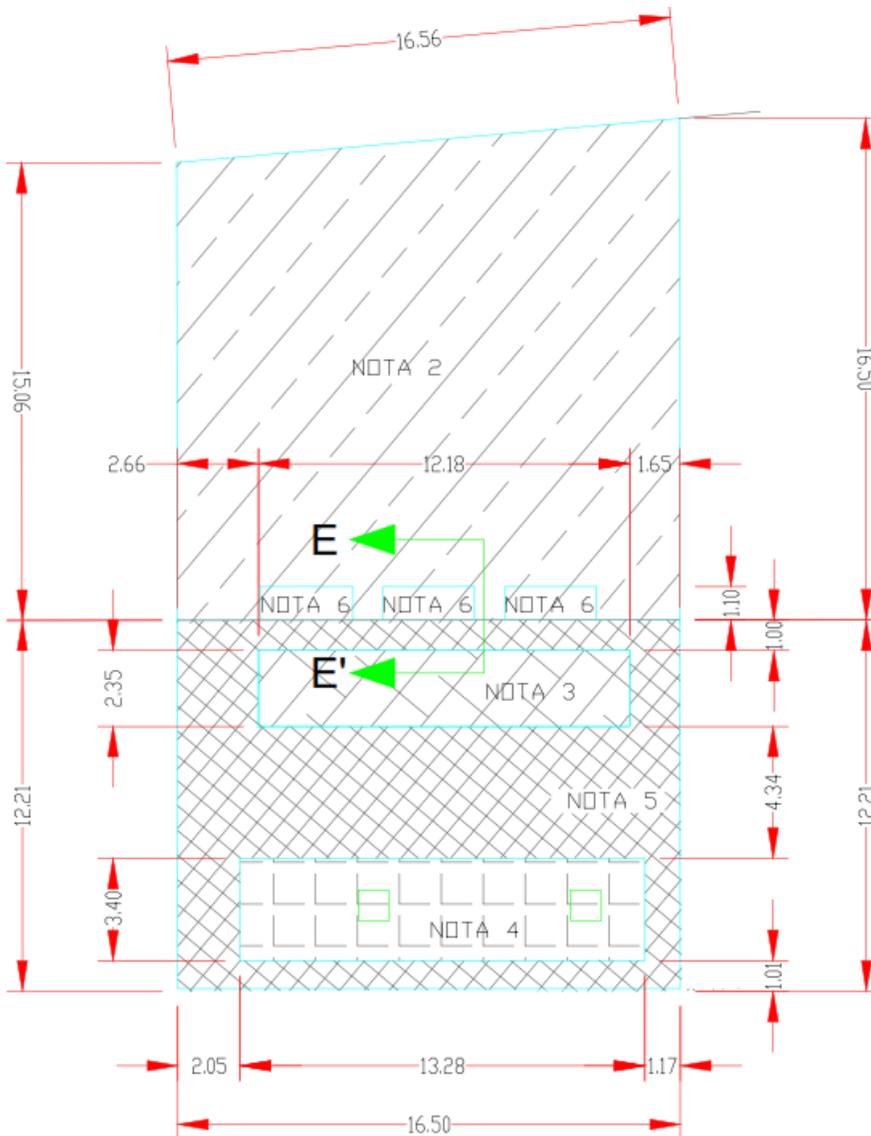


Ilustración 3 Dimensiones del predio

El área ha sido urbanizada para uso industrial. Para operar la Estación de descompresión se requiere del suministro eléctrico (acometida eléctrica) con tensión de 220 V, trifásico 60 Hz a un flujo de 5.6 KWh. También requiere el suministro de agua desmineralizada (suavizada) a razón de 1000 litros al mes. Por el carácter complementario del proyecto, estos servicios serán suministrados directamente por el Parque Industrial Toluca 2000 AC.

Es importante resaltar que el predio ya se encuentra adecuado para la instalación de la Estación de Descompresión, por lo que el Programa de Trabajo solo contempla las fases de instalación, operación – mantenimiento y desmantelamiento. Las obras de adecuación del predio fueron acometidas previamente por parte del Parque Industrial Toluca 2000 AC. Por tanto, el estado actual del sitio es el siguiente:

- Presenta una losa de concreto armado con capacidad de soporte de hasta 60 toneladas con las siguientes dimensiones: 16.53 m de ancho (promedio) por 27.49 m de longitud (promedio), tal como se aprecia en el Plano Parque Industrial Toluca 2000-Obra Civil
- La losa está delimitada parcialmente mediante malla ciclónica de acero galvanizado con altura de 2 m y un muro de concreto hacia uno de sus lados.
- Topellantas de concreto de 11 m de longitud, los cuales se usarán como cajoneras de los semirremolques
- Dispone de punto de suministro eléctrico (acometida eléctrica) con tensión de 220 V, trifásico a 60 Hz.
- Iluminación para intemperie, mediante tres postes de iluminación con 2 luminarias cada uno.
- Un pararrayo conforme a la norma NOM-022-STPS-2015, debidamente dictaminado.
- Sistema de tierra física.
- Tubería de red interna de gas natural y accesorios ANSI 150, soldadas, con base a la norma NOM-002-SECRE-2010.
- Red interna (dentro del predio): De acuerdo a lo detallado en el Plano Obra Red Interna Parque Toluca 2000. La tubería para la red interna de Gas Natural fue diseñada conforme a la especificación de los equipos, cumpliendo con los requerimientos de la norma NOM-002-SECRE-2010 y ANSI 150, la tubería es de acero al carbón, de 4 pulgadas de diámetro, clase # 150, con una longitud aproximada de 15 m (ILUSTRACIÓN 4. RED INTERNA DE TUBERÍA). Esta tubería conecta la Estación de Descompresión RCU 2000 con el Patín de Medición de suministro de gas, en donde se realiza la transferencia de custodia y delimita el objeto es este estudio, este último también conecta a la red interna de tubería del Parque Industrial Toluca 2000 AC.

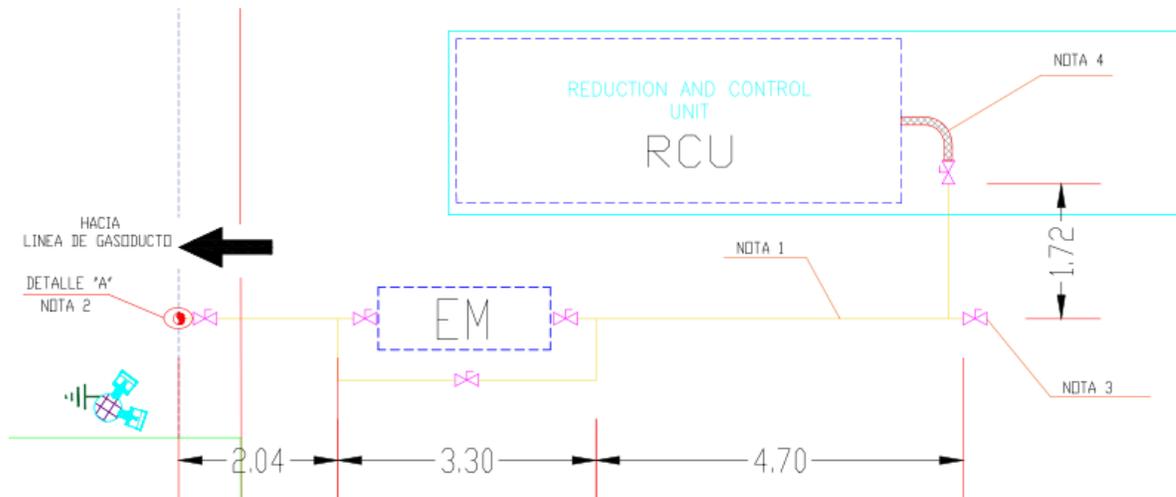


Ilustración 4. Red interna de tubería

La construcción de estas obras se hizo con base a los siguientes planos y memorias de cálculo:

- Anexo 2. Plano Parque Industrial Toluca 2000-Obra Civil
- Anexo 3. Plano Obra Red Interna Parque Toluca 2000.
- Anexo 4. Anteproyecto Asociación de Propietarios del Parque Industrial Toluca 2000 AC.
- Anexo 5. Plano Sistema de Tierras Parque Industrial Toluca 2000

- Anexo 6. Memorial Técnico Obra Red Interna Parque Toluca 2000
- Anexo 7. Memorial Técnico de Obra Civil Electrica Parque Industrial Toluca 2000
- Anexo 8. Plano Obra Electromecanica Parque Industrial Toluca 2000
- Anexo 9 Memorial tecnico de Obra Electromecanica Parque Toluca 2000
- Anexo 10. Diagrama de Flujo Parque Toluca 2000
- Anexo 11 Salvaguardas de una RCU 2000
- Anexo 12 Plano de Señalética y Extintores.
- Anexo 13 Ficha Tecnica RCU 2000

### I.1.2. Proyecto Electromecánico

#### *Obras o instalaciones electromecánicas a ser instaladas*

Con base en el Acuerdo suscrito entre NEOMEXICANA y Parque Toluca 2000 AC, la estación de descompresión está conformada por las siguientes obras o instalaciones: Unidad de descompresión (que incluye el tablero de control – sistema SCADA, el sistema de calentamiento, el sistema neumático y el tanque de agua suavizada), unidad o patín o medición, tres semirremolques con 12 cilindros cada uno, que contienen el gas natural comprimido y la red interna de tuberías. En la Ilustración 5, se muestra la disposición de estas obras en el predio.

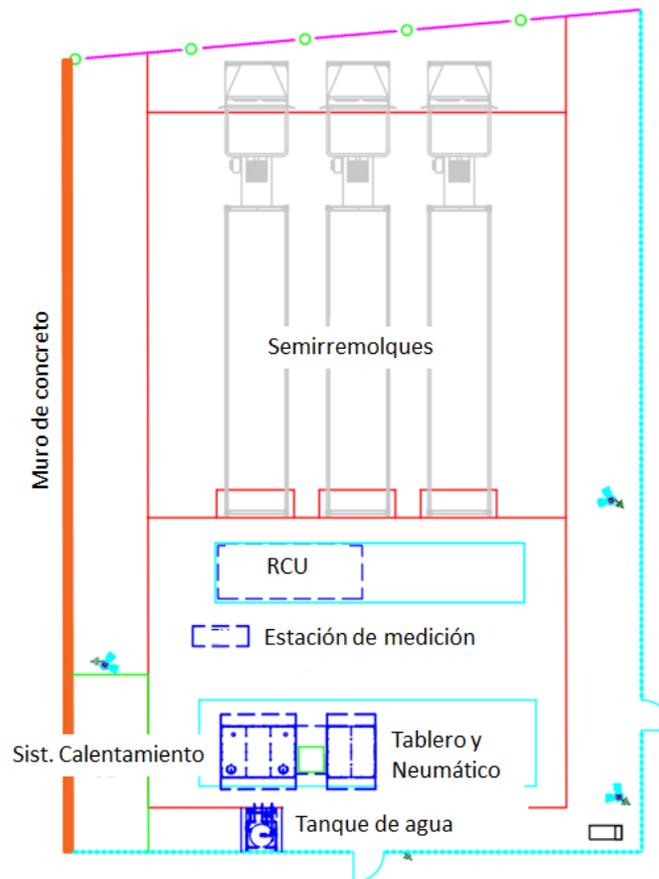


Ilustración 5 Disposición de obras en el predio

A continuación, se hace una descripción de estas instalaciones.

*Unidad de Descompresión:*

La RCU 2000 es un equipo industrial que reduce presión y controla el suministro de Gas Natural Comprimido a una dada presión ajustada en el equipo. El conjunto está compuesto por la RCU (con 03 mesas de descarga integradas en el equipo), tablero de control y un skid con unidad de calentamiento y aire comprimido. Este conjunto forma un sistema modular para uso sin edificación. El equipo está construido en acero estructural (perfil y enchapado). Este equipo tiene las siguientes componentes:

Componente	Descripción
Sistema de seguridad:	El equipo posee dos sistemas de seguridad, siendo uno vía software que monitorea el equipo permanentemente e identifica cualquier desvío en el proceso. El otro sistema es un mecánico, compuesto por válvulas de alivio de presión en cada fase del sistema y en el punto de ingreso de gas en la RCU. El equipo también dispone de sensores de detección de fugas de gas.
Sistema de control (CLP):	El equipo posee un sistema de control a través de un controlador lógico programable (CLP). Este controlador lee toda la información de los instrumentos de toda la unidad de descompresión, tales como, temperatura y presión (agua y gas). Con la ayuda de este sistema, toda la operación de la estación de descompresión puede ser monitoreada y controlada mediante acceso remoto en internet, usando el sistema NEOSat.
Sistema de Calentamiento:	La RCU posee un sistema de calentamiento por intercambiador de calor del tipo de casco-tubo, usando agua como fluido de cambio. Su unidad de calentamiento hace el que el agua circule por los intercambiadores de calor. El combustible usado para el calentamiento es el propio GNC.
Sistema Neumático	La unidad de compresión de aire está compuesta por dos compresores de 3 Hp que están interconectados en la misma línea y operan en etapas subsecuentes, generando una presión de alimentación de la RCU de entre 6 y 8 bar.
Sistema de Reducción de Presión:	La reducción de presión es hecha en dos fases, siendo una de alta y la otra de baja presión. Antes de cada reducción, el GNC es calentado para evitar el congelamiento de las válvulas. Tanto la 1° como la 2° fase poseen una línea principal y otra de backup, la cual, posee capacidad para proveer flujo nominal de la máquina. Esa línea es activada automáticamente caso de que suceda una falla de la línea principal.

En las ilustraciones 6, 7, 8 y 9, se presenta las imágenes de la Estación de Descompresión, sistema de calentamiento, tablero de control y tanque de agua suavizada, indicando sus dimensiones en milímetros.

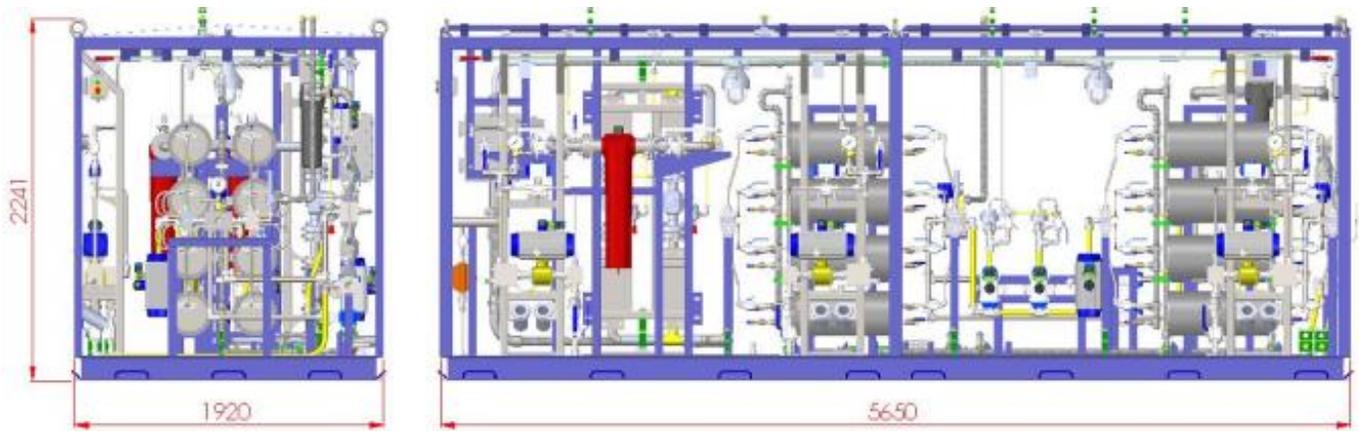


Ilustración 6 Estación de Descompresión RCU 2000 (mm)

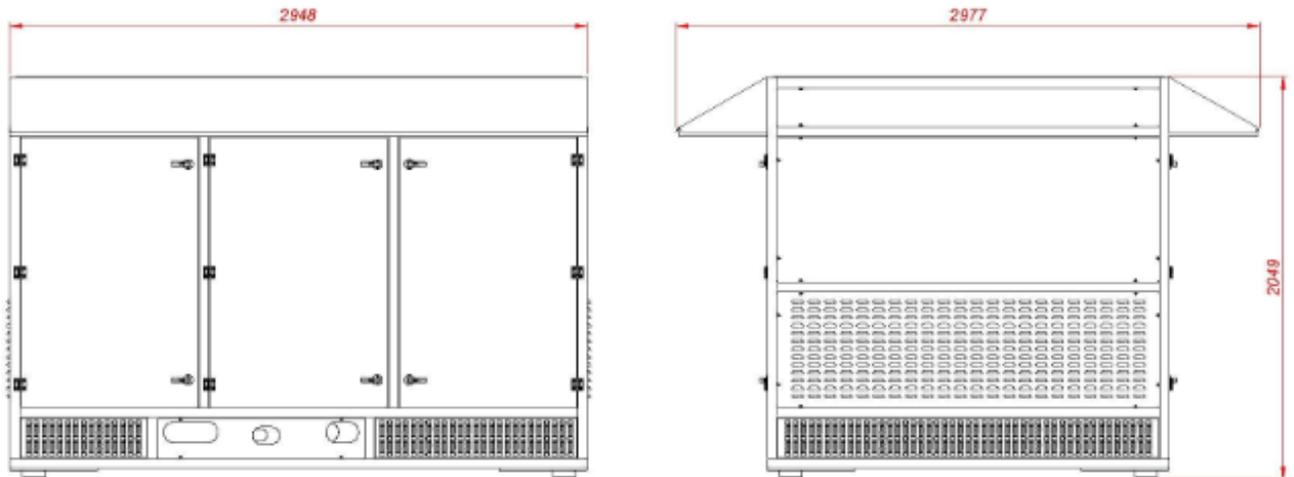


Ilustración 7 Sistema de Calentamiento (mm)

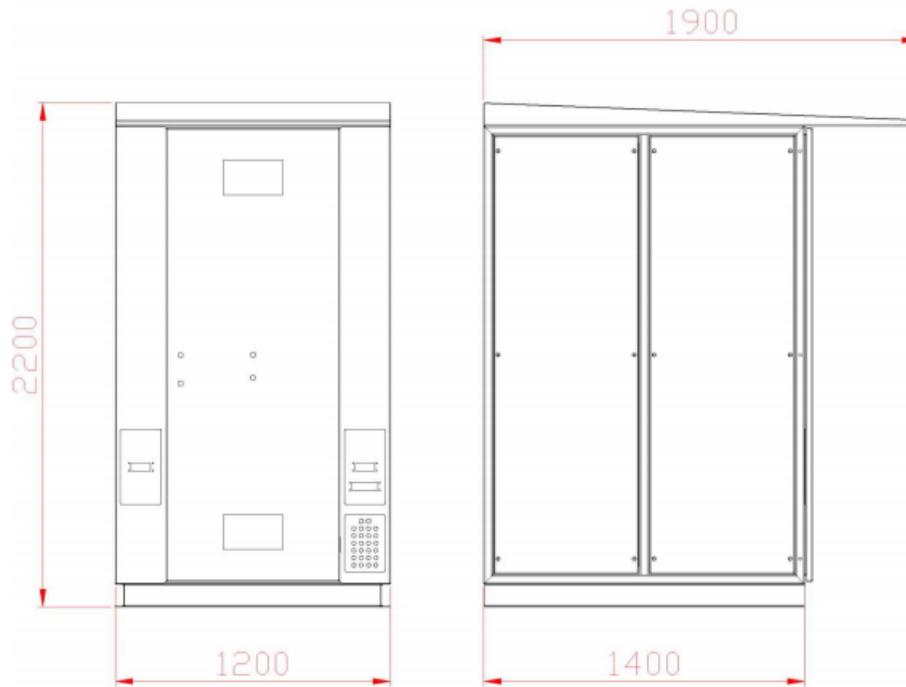


Ilustración 8 Tablero de Control (mm)

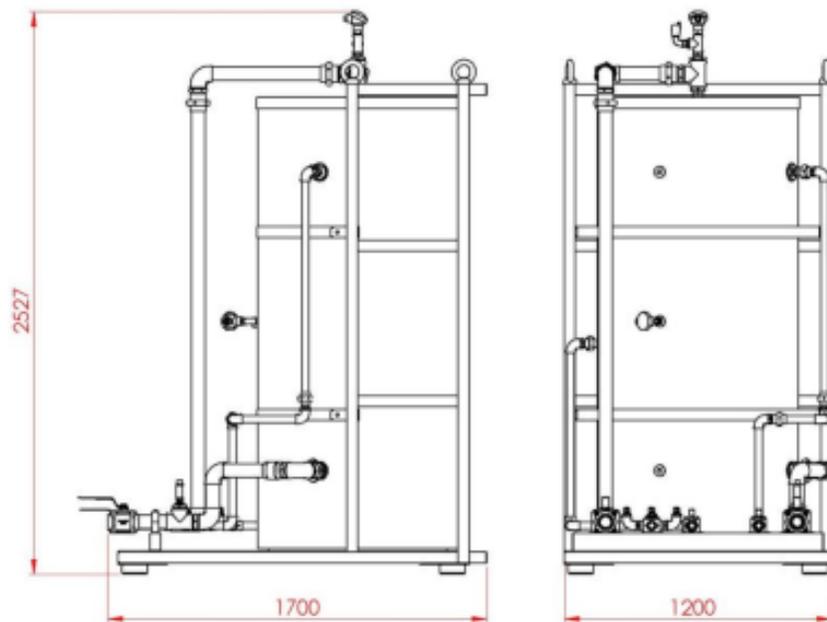


Ilustración 9 Tanque de agua suavizada

Las características operacionales de la estación de descompresión RCU 2000 son las siguientes:

Flujo	2000 m <sup>3</sup> /h *
Presión de entrada de GNC	250 – 15 bar
Presión de salida de GNC	4 - 10 bar
Fases de reducción de presión	2
Grado de filtración (coalescente y de partículas)	≤ 3 micras
Alimentación neumática	6 - 8 bar **
Consumo de aire máximo (por accionamiento)	89 litros
Alimentación eléctrica	220 VCA / 60 Hz
Consumo eléctrico	5.6 KWh ***
Capacidad del tanque de agua	1000 litros
Peso RCU	3200 Kg
Peso Skid (unidad de calentamiento y compresores)	2050 Kg
Peso Tablero de control	580 Kg
Peso tanque (sin agua)	530

\* m<sup>3</sup> @ 20oC y 1.0 atm.

\*\* No es necesario suministro externo de aire comprimido.

\*\*\* Incluye el consumo eléctrico de los compresores de aire (considerando solo uno en operación).

*Cilindros de suministro de gas.*

Dispuestos sobre tres semirremolques, en cada semirremolque los cilindros están contenidos o soportados por una estructura (marco) de metal reforzado, que evita cualquier golpe. Los cilindros tienen las siguientes características:

Descripción	Valor
Tipo de contenedor	LUXI 40" (industrial)
Numero de Cilindros por cada semirremolque	12
Material de fabricación	30CRMOLx (Cromo-Molibdeno)
Capacidad nominal de transporte (m3)	7500
Capacidad nominal de transporte (kg)	5,082
Volumen hidráulico total (litros)	27,840
Capacidad total del gas (m3)	7,700
Presión de la Prueba Hidrostática	375 bar
Presión de Ajuste (PSV)	300 bar
Presión de trabajo	250 bar
Temperatura de trabajo (rango)	-40 ~ 65 °C

En la Ilustración 10 se aprecia el arreglo de los cilindros dentro de la estructura portante, la cual es movilizada a través de un semirremolque.



Ilustración 10. Cilindros para el suministro de GNC

Patín o Unidad de Medición

Es un dispositivo electrónico mediante el cual se realiza la medición del volumen de gas suministrado por Neomexicana al Parque Toluca 2000 AC. Este dispositivo se ubica dentro del tramo de red interna de tubería que hay en el predio. Sus características son las siguientes:

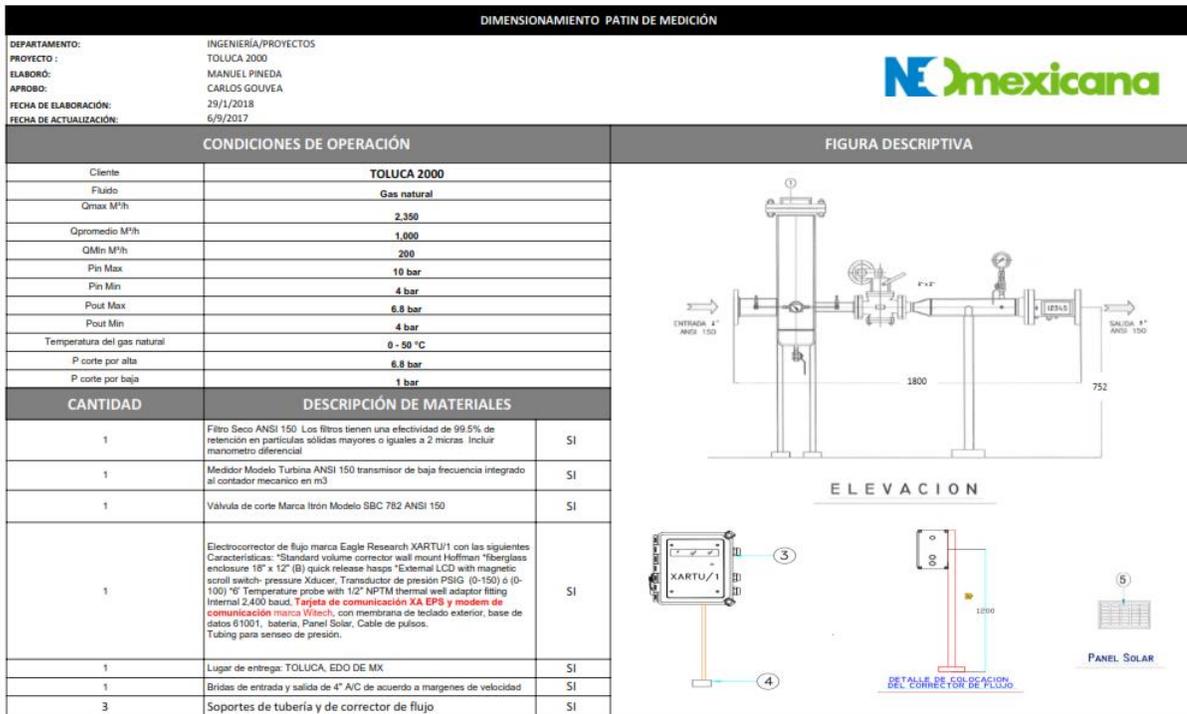


Ilustración 11. Patín de medición.

### *Instalación de la Estación de Descompresión*

Como se mencionó antes, no hay un proceso de construcción como tal, ya que el Parque Toluca 2000 AC., desarrolló de manera preliminar una serie de obras civiles y eléctricas para adecuar el sitio. Por tanto, solo se contempla una etapa de instalación de equipos. Para la Instalación de la Estación de Descompresión, NEOMEXICANA realizará las siguientes obras, las cuales tendrán una duración aproximada de un mes e incluyen cronológicamente lo siguiente:

#### *Envío, descarga y fijación de Estación de Descompresión:*

- El Envío al predio de la Estación de Descompresión RCU 2000 y todos sus accesorios (sistema de calentamiento y tablero de control).
- Con el uso de una grúa de 10 ton se procederá a la descarga de la Estación de Descompresión RCU 2000 y todos sus accesorios. La Estación de Descompresión será fijada al concreto mediante tornillos de  $\varnothing$  1/2" x 4". Una vez fijada al concreto se procederá a su conexión a tierra. Por su parte, el tablero de control, el sistema de calentamiento y el sistema neumático serán anclados y fijados a la losa de concreto usando tonillos tipo parabolt de  $\varnothing$  3/8" x 3". Una vez anclados deben ser conectados a tierra.

#### *Obras Electromecánicas:*

La obra electromecánica es la instalación, fijación y conexión de los equipos de Neomexicana los cuales consta de RCU 2000, Módulo de Calentamiento, almacenamiento de agua, tablero integrado, sistema neumático y Patín de Medición, así como la interconexión de calentamiento de agua y gas a la RCU, la interconexión de tablero a RCU eléctrica y neumática y la interconexión del patín de medición al tablero para envío de datos, la conexión del sistema de agua con el módulo de calentamiento

#### a. Conexión del sistema de agua de calentamiento con la Estación de Descompresión:

Una vez que todos los componentes de la Estación de Descompresión estén fijados en sus posiciones se procederá a realizar la conexión del sistema de agua de calentamiento con la estación de descompresión. La tubería se conectará en la parte posterior de la RCU y la parte frontal del Módulo de Calentamiento. Para ellos deben tomarse en cuenta lo siguiente:

- La conexión se realizará mediante 4 tubos de acero al carbono galvanizado  $\varnothing$  1" cédula 80 de acuerdo con ASME B31.3.
- Extremos con rosca NPT de acuerdo con ASME B 1.20.1.  $\varnothing$ 1"
- La longitud de cada tubería es de aproximadamente 5.10 metros, sobre soporte Unicanal. Los extremos de la tubería deberán estar separadas a 50 cm de la RCU y del módulo de calentamiento para posteriormente conectar con tubería Flexible que soporte temperaturas iguales o superiores a 100°C.
- En los extremos de la tubería deberá ser soldada una espiga para conexión con manguera flexible.
- La tubería será revestida para aislamiento térmico en Polietileno Expandido para temperatura de 100°C, montado en toda la longitud de la tubería de agua con la ayuda de abrazadera de nylon PA66  $\varnothing$ 1" No se permite aislante mineral.

- Material de las conexiones de acuerdo con ASTM A197M en hierro negro maleable galvanizado roscado NPT de acuerdo con ASME B 1.20.1 cédula 40.

b. Conexión de tubería de gas del sistema de calentamiento con la Estación de Descompresión:

Esta tubería se conectará en la parte posterior de la RCU y la parte frontal del Módulo de Calentamiento, tomando en cuenta las siguientes consideraciones técnicas:

- Se realizará mediante un 1 tubo de acero carbono de Ø1" , API 5L Gr. B cédula 80 de acuerdo con ASME B31.3.
- Extremos con rosca NPT de acuerdo con ASME B 1.20.1. Ø1" La tubería debe cumplir con la NOM-002-SECRE-2010.
- La longitud del tubo es aproximadamente de 5.10 metros instalado sobre soporte Unicanal. Los extremos de la tubería deberán estar separados a 50 cm de la RCU y del Módulo de Calentamiento para posteriormente conectar con tubería Flexible.
- El Material de las conexiones de acuerdo con ASTM A197M en hierro negro maleable galvanizado roscado NPT de acuerdo con ASME B 1.20.1 cédula 40.

c. Instalación de conduit para mangueras neumáticas:

- Conduit de Ø2" de para protección de las mangueras neumáticas, que conectan la estación de descompresión con el sistema neumático.
- La longitud del conduit es aproximadamente de 6.00 metros, este debe quedar a 30 cm de la RCU y del Módulo de Calentamiento.

d. Conexión eléctrica:

- El ducto de conexiones eléctricas se encuentra enterrado, el trabajo fue realizado previamente en la obra civil eléctrica.
- La tubería enterrada sobresale a 30 cm aproximadamente de la RCU para posteriormente conectarse con tubería flexible metálica a prueba de explosión.
- Conduit metálico de acuerdo con ASTM A 197M en acero galvanizado roscado NPT de acuerdo con ASME 8 1.20.1 cédula 40 a prueba de explosión de Ø2".
- La longitud del ducto metálico es aproximadamente 5.00 metros más el codo o curva, este debe quedar a 30 cm de la RCU y del Tablero para posteriormente conectarse con tubería flexible metálica a prueba de explosión.

En la Ilustración 12 y 12B, se presentan detalles de las conexiones requeridas. Para mayor detalle ver ANEXO 8. PLANO OBRA ELECTROMECAICA PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000.

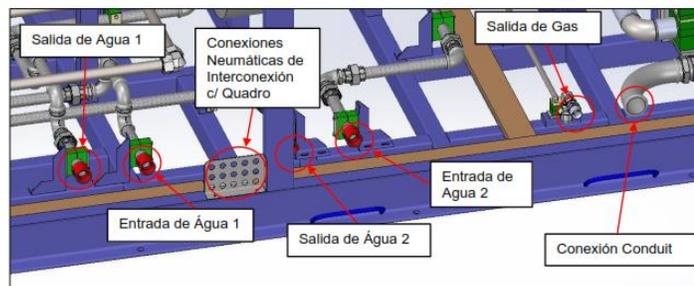


Ilustración 12. Detalles de las conexiones electromecánicas de la Estación de Descompresión

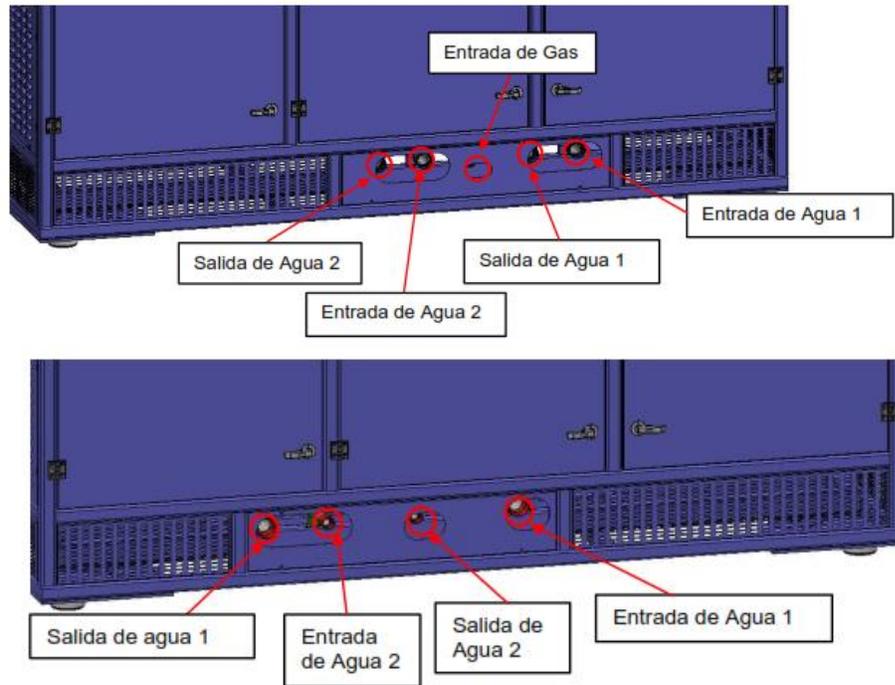


Ilustración 12B. Detalles de las conexiones electromecánicas de Sistema de Calentamiento (vista frontal y trasera)

#### Instalación de soportes para tubería:

- Instalación de soportes Unicanal para la tubería de agua, gas, conduit para mangueras neumáticas y conexiones eléctricas.
- La distancia entre soportes no debe exceder 2.4 metros, esto de acuerdo a la NOM-002-SECRE-2010.
- Debe ser pintado de color AZUL RAL 5005
- La altura máxima del nivel de piso terminado al lomo superior de la tubería incluyendo el revestimiento térmico, no debe exceder los 18cm para poder colocar sobre los soportes el paso de gato.

#### Instalación de pasos de gato:

- Construcción e instalación de Paso de Gato para protección de la tubería.
- La altura máxima o peralte del paso de Gato no debe de exceder los 23cm del nivel de piso terminado a la parte superior de la protección. por lo que se debe de considerar la altura del soporte para la tubería y la tubería que se debe instalar con el revestimiento térmico, esto de acuerdo a la NOM-001-STPS- 2008.
- Debe ser pintado de color Amarillo Tráfico.

#### Suministro de sistema de respaldo UPS:

- Suministro de sistema de respaldo UPS con capacidad de 1 KVA a 127V.

#### Pintura:

- Suministro y mano de obra para pintura Amarillo Trafico de topellantas, carriles de contenedor, delimitación de equipos, estación de medición y pase de gato de acuerdo a plano de detalle.

*Suministro de agua suavizada o desmineralizada:*

- Suministro de agua suavizada con anticorrosivo y etil glicol mediante un tanque de 1000 litros ubicado dentro del predio, con su respectivo sistema hidroneumático.

### **Salvaguardas de la Estación de Descompresión**

La estación de descompresión y medición se ensambla en un patín y se encuentra alojada dentro de un gabinete de acero al carbón recubierto con pintura epóxica, por su resistencia al agua, a la intemperie y a los contaminantes químicos, está se usa como sistema de protección de larga duración.

Se cuenta con dispositivos de seguridad para evitar cualquier sobrepresión en la salida de la estación de descompresión y medición. Adicionalmente la estación cuenta con botones instalados de cierre de emergencia localizados: uno en el panel de control de la estación, y dos más a los costados de la estación. Los botones de cierre cortan el flujo de gas inmediatamente.

En la entrada de la estación se cuenta con válvulas accionadas neumáticamente (ANV) que bloquearán la entrada de gas, cuando se accione las botoneras de paro por emergencia y/o por alta concentración de gas en el ambiente circundante.

En las etapas de regulación se cuenta con protecciones redundantes lo que significa que si ocurre una sobrepresión en primer lugar se abrirá la válvula de alivio de presión (PSV), después se disparará el corte por sobrepresión o baja presión(ANV) sólo en la línea donde presente el problema. La segunda etapa de regulación también está equipada con válvulas de corte y válvula de alivio de presión y se activan de manera similar, que en la primera etapa.

Adicionalmente se cuenta con una válvula de alivio a la entrada de la estación con el objetivo de proteger el sistema de una sobrepresión en caso de incendio o incremento de presión por una temperatura excesivamente alta del gas.

A continuación, se listan todas las salvaguardas que dispone la estación de descompresión:

- 3 - Válvulas accionadas neumáticamente en la entrada de gas (ANV).
- 2 - Reguladores de presión primera etapa.
- 2 - Válvulas de corte por alta presión primera etapa
- 2 - Válvulas de corte por baja presión primera etapa.
- 2 - Reguladores de presión segunda etapa.
- 2 - Válvulas de corte por alta presión segunda etapa
- 2 - Válvulas de corte por baja presión segunda etapa
- 3 - Válvulas de seguridad o alivio de descarga lateral.
- 2 - Transmisores de nivel de explosividad (LEL) Infrarrojos.
- 3 - Botoneras de paro por emergencia.

Por otra parte, todo el sistema es controlado y monitoreado de manera automática (CLP - SCADA). En algunos puntos estratégicos, la central lógica, lee informaciones de temperatura, presión, del gas y del agua, y también la temperatura local. La información más importante es

la temperatura de salida del gas de la RCU, la cual debe ser de 20 °C. Otro elemento que es parte del sistema de seguridad, es el sensor de gas, que se activa si la concentración de gas es superior al límite especificado.

### **I.1.3. Proyecto sistema contra-incendio**

El sistema contra incendio contará con los siguientes dispositivos:

- 3 botoneras de paro de emergencia a prueba de explosión ubicadas en la RCU (2) y tablero de control (1).
- 3 extintores de PQS triclase ABC de 12 Kg ubicados en la RCU y tablero de control.
- 2 extintores de PQS triclase ABC de 75 kg ubicados cerca de la RCU y alrededor de los semirremolques.
- 3 extintores de CO<sub>2</sub> de 6 kg ubicados en la RCU – tablero de control – sistema de calentamiento.
- Cinco sondas de detección de gas (tres en las mesas de descarga, una en el sistema de calentamiento y otra en el cuerpo medio de la RCU)
- 

El sistema de protección contra incendio fue diseñado con base a los requisitos de la norma NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad – Prevención y protección contra Incendio en los centros de trabajo, y los señalamientos de seguridad serán en cumplimiento con los requisitos de la norma NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

Se anexa en Plano de localización del sistema contra-incendios, señalando la ubicación de todos los componentes del sistema dentro del arreglo general de la planta ANEXO 12 PLANO DE SEÑALECTICA Y EXTINTORES.

## I.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

La estación de descompresión RCU 500 realiza el proceso de descompresión del GNC en dos etapas; en una primera etapa la presión del gas se reduce desde los 250 bar hasta 55 – 60 bar mientras que en la segunda etapa la presión es reducida desde 55 – 60 bar hasta 4 – 10 bar. En la

, se muestra un diagrama operacional general de la estación de descompresión.

### Primera Etapa de Descompresión

Los contenedores o cilindros que contiene el GNC son conectados a la Estación de Descompresión RCU 500 por medio de mangueras flexibles de 1 pulgada de diámetro de 6 a 9 m de longitud. Dentro de la estación se contará con dos mesas de descarga una en operación y otra en stand by, por tanto, la estación solo dispondrá de un semirremolque descargando y el segundo en espera, pero conectado a la mesa de descarga.

Para iniciar el proceso la presión debe estar a un máximo de hasta 250 bar y un mínimo de 55 a 60 bar. Cuando la presión de un contenedor está abajo de 55 a 60 bar, el sistema realiza los siguientes cambios de manera automática:

- Cambia para el otro contenedor conectado a la mesa de descarga que está en stand by;
- Realiza un By Pass y transfiere automáticamente el gas a la segunda etapa de descompresión.

De esta manera, el suministro de gas nunca es interrumpido. Si sólo hay un contenedor conectado, el sistema sólo abrirá su respectiva mesa de descompresión.

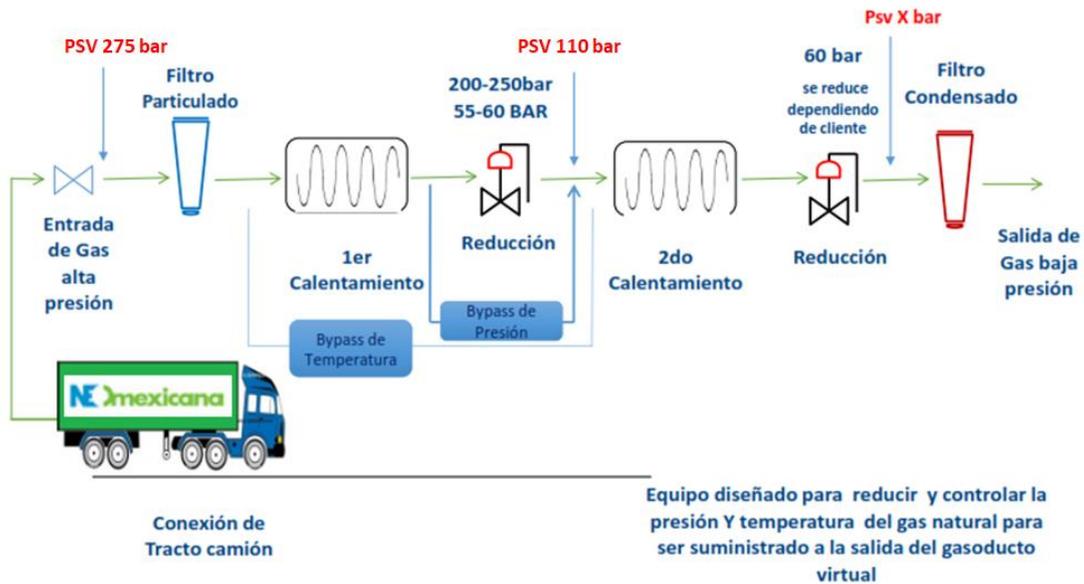


Ilustración 13, Diagrama operacional de la estación de descompresión.

Por otra parte, la entrada de gas a la estación cuenta con tres válvulas accionadas neumáticamente (ANV-01/02/03) las cuales cortan el flujo de los contenedores si son activadas las botoneras de paro por emergencia y/o los transmisores que detectan alta concentración de gas en el ambiente circundante, debido a alguna fuga en la conexión de los contenedores.

Posteriormente se cuenta con una válvula de alivio PSV 01, con una presión ajustable a 275 bar, con el objetivo de proteger el sistema de una sobrepresión.

Después de la mesa de descarga, el gas pasa por el filtro interno de alta presión a la estación donde las partículas sólidas son separadas.

La primera etapa de regulación cuenta con línea redundante. Cada línea de regulación consta de una válvula reguladora (RV-01/02) y dos válvulas de corte (una por alta presión y una por baja presión ANV). Estas válvulas estarán precediendo a los reguladores de presión, contará con doble actuador neumático (equipada con indicador de estado operativo de la válvula y botón de seguridad de cierre rápido).

En la ilustración 14, se presenta un diagrama de los sistemas de seguridad operacional que dispone la Estación de Descompresión.

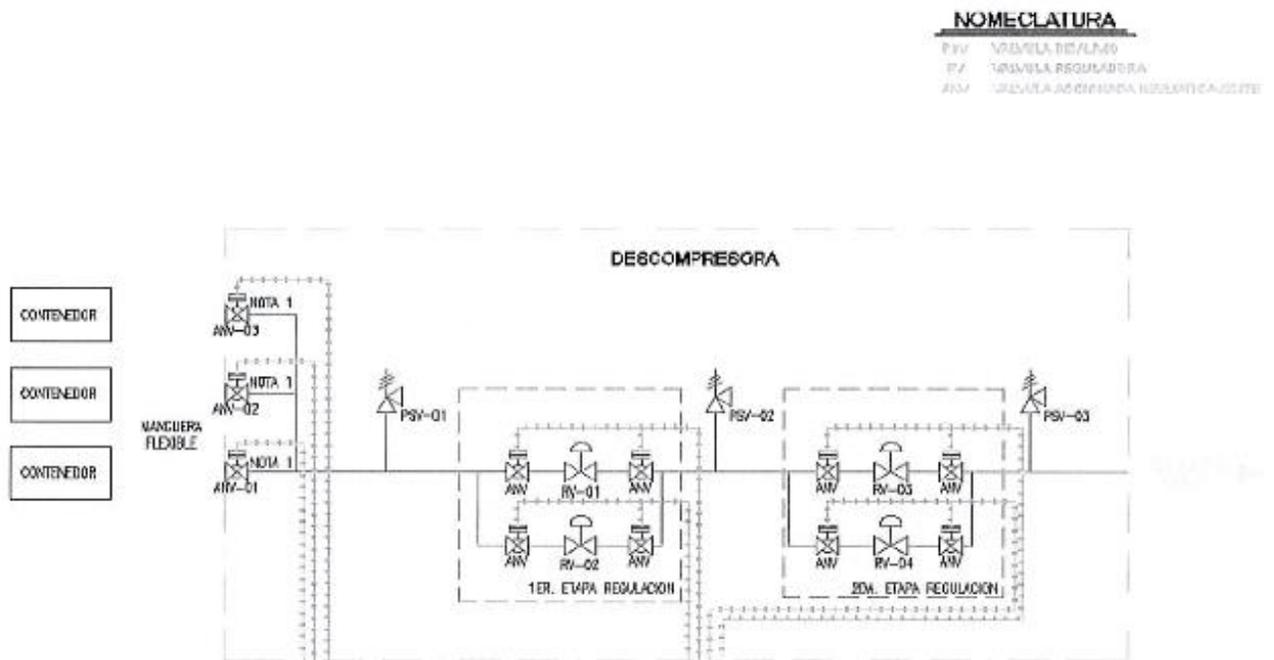


Ilustración 14. Diagrama de los sistemas de seguridad operacional

Cuando el descenso de presión ocurre (tanto en la primera como en la segunda etapa de reducción), la temperatura del gas cae debido al efecto *Joule-Thompson*. Para compensar este efecto y mantener la temperatura requerida del gas en la salida del sistema de descompresión, la RCU posee un sistema de calentamiento de gas. Este sistema consiste en un calentador que calienta a agua y a través de un sistema de bombas, facilita la circulación del agua caliente por intercambiadores de calor situados dentro de la RCU. En los intercambiadores de calor ocurre el cambio de calor entre el agua caliente y el gas.



### Segunda etapa de descompresión

En la salida de la primera etapa de regulación se encuentra ubicada la válvula de alivio PSV-02, con una presión de ajuste de 110 bar, para proteger el sistema en caso de sobrepresiones en la línea. Igual que en la primera etapa de descompresión, el sistema dispone de línea redundante. Cada línea de regulación consta de una válvula reguladora (RV-03/04) y dos válvulas de corte (una por alta presión y una por baja presión ANV). Estas válvulas estarán precediendo a los reguladores de presión, contará con doble actuador neumático (equipada con indicador de estado operativo de la válvula y botón de seguridad de cierre rápido).

En la salida de la segunda etapa de regulación se encuentra ubicada la válvula de alivio PSV-03, con una presión de ajuste de 10 bar. Para proteger el sistema en caso de sobrepresiones en la línea. Posteriormente se conecta la salida de la RCU a la red interna de Gas que transfiere el gas al patín de medición.

#### I.2.1. Hojas de seguridad.

La instalación a evaluar tiene por objetivo la distribución de Gas Natural bajo las siguientes especificaciones de flujo y presión.

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)*	No. CAS**	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Flujo (m <sup>3</sup> /h)	Longitud de tubería (m)	Diámetro de tubería (pulg)	Presión de operación máxima (bar)	Espesor (mm)	Descripción de la trayectoria
Gas Natural (Metano)	74-82-8	0.15849	1700	7	1.25	250	6.35	N-S
Etil-mercaptano .0017-.0028 %	75-08-1							



**GAS Y PETROQUIMICA BASICA**  
Av. Marina Nacional No 329, Col.  
Huasteca

## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS

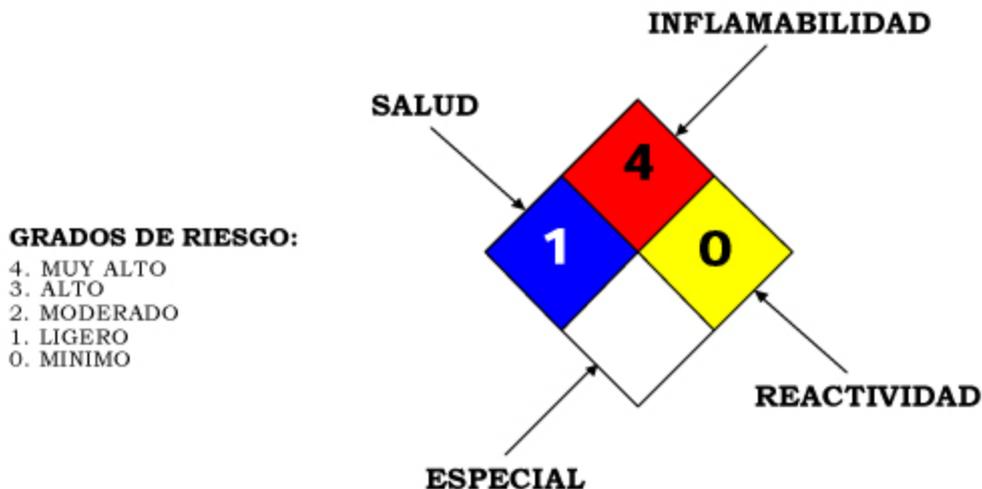
# GAS NATURAL

Números de identificación ONU: 1971 y 1972

### TELÉFONOS DE EMERGENCIA (LAS 24 HORAS):

PEMEX	SETIQ <sup>1</sup>	CENACOM <sup>2</sup>
Centro de Control del Sistema Nacional de Ductos: 01-800-012 2900	D. F. y Área Metropolitana 55-59-1588  En la República Mexicana 01-800-00-21400	D. F. y Área Metropolitana 55-50-1496, 55-50-1485 55-50-1552 y 55-50-4885 En la República Mexicana 01-800-00-41300

### Rombo de Clasificación de Riesgos NFPA-704<sup>3</sup>



### 1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas No: HDSSQ-001  
Nombre del Producto: Gas Natural  
Nombre Químico: Metano  
Familia Química: Hidrocarburos del Petróleo  
Fórmula Molecular: Mezcla ( $\text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_3\text{H}_8$ )

<sup>1</sup> Sistema de Emergencia de Transporte para la Industria Química.

<sup>2</sup> Centro Nacional de Comunicaciones; dependiente de la Coordinación General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación.

<sup>3</sup> NFPA = National Fire Protection Association, USA.

Sinónimos

Gas natural licuado, gas natural comprimido, gas de los pantanos, grisú, hidruro de metilo, Liquefied Natural Gas (LNG)

## 2. COMPOSICION E INFORMACION DE LOS COMPONENTES

MATERIAL	%	Número CAS (Chemical Abstracts Service)	LEP (Límite de Exposición Permissible)
Gas Natural (Metano)	88	74-82-8	Asfixiante Simple
Etano	9		
Propano	3		
Etil Mercaptano	17-28 ppm		Odorífico

El CAS del Etil Mercaptano es 75-08-01 y el ACGIH TLV: 0.5 ppm

## 3. IDENTIFICACION DE RIESGOS

HR: 3 = (HR = Clasificación de Riesgo, 1 = Bajo, 2 = Mediano, 3 = Alto).

El gas natural es más ligero que el aire (su densidad relativa es 0.61, aire = 1.0) 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 en motores de combustión interna. Presenta además ventajas ecológicas ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles.

### SITUACION DE EMERGENCIA

**Gas altamente inflamable. Deberá mantenerse alejado de fuentes de ignición, chispas, flama y calor.** Las conexiones eléctricas domésticas o carentes de clasificación son las fuentes de ignición más comunes.

Debe manejarse a la intemperie ó en sitios abiertos a la atmósfera para conseguir la inmediata disipación de posibles fugas. Se deberá evitar el manejo del gas natural en espacios confinados ya que desplaza al oxígeno disponible para respirar. Su olor característico, por el odorífico utilizado, puede advertirnos de la presencia de gas en el ambiente; sin embargo, el sentido del olfato se perturba, a tal grado, que es incapaz de alertarnos cuando existan concentraciones potencialmente peligrosas.

### EFFECTOS POTENCIALES PARA LA SALUD

El gas natural no tiene color, sabor, ni olor, por lo que es necesario administrar un odorífico para advertir su presencia en caso de fuga.

## 4. PRIMEROS AUXILIOS

**Ojos:** El gas natural licuado puede salpicar a los ojos provocando un severo congelamiento del tejido, irritación, dolor y lagrimeo. Aplique, con mucho cuidado, agua tibia en el ojo afectado. Solicite atención médica. Deberá manejarse con precaución el gas natural cuando esta comprimido ya que una fuga provocaría lesiones por la presión contenida en los cilindros.

**Piel:** Al salpicar el gas natural licuado sobre la piel provoca quemaduras por frío, similares al congelamiento. Mojar el área afectada con agua tibia o irrigar con agua corriente. No use agua caliente. Quítese los zapatos o la ropa y impregnada. Solicite atención médica.

**Inhalación:** No deberá exponerse a altas concentraciones de gas, en caso de lesionados, aléjelos del área contaminada para que respiren aire fresco. Si la víctima no respira, inicie de inmediato resucitación cardiopulmonar. Si presenta dificultad para respirar, adminístrese oxígeno medicinal (solo personal calificado) Solicite atención médica inmediata. El gas natural es un asfixiante simple, que al mezclarse con el aire ambiente, desplaza al oxígeno y entonces se respira un aire deficiente en oxígeno. Los efectos de exposición prolongada pueden incluir dificultad para respirar, mareos, posibles náuseas y eventual inconsciencia.

**Ingestión:** La ingestión de este producto no es un riesgo normal

## 5. PELIGROS DE EXPLOSION E INCENDIO

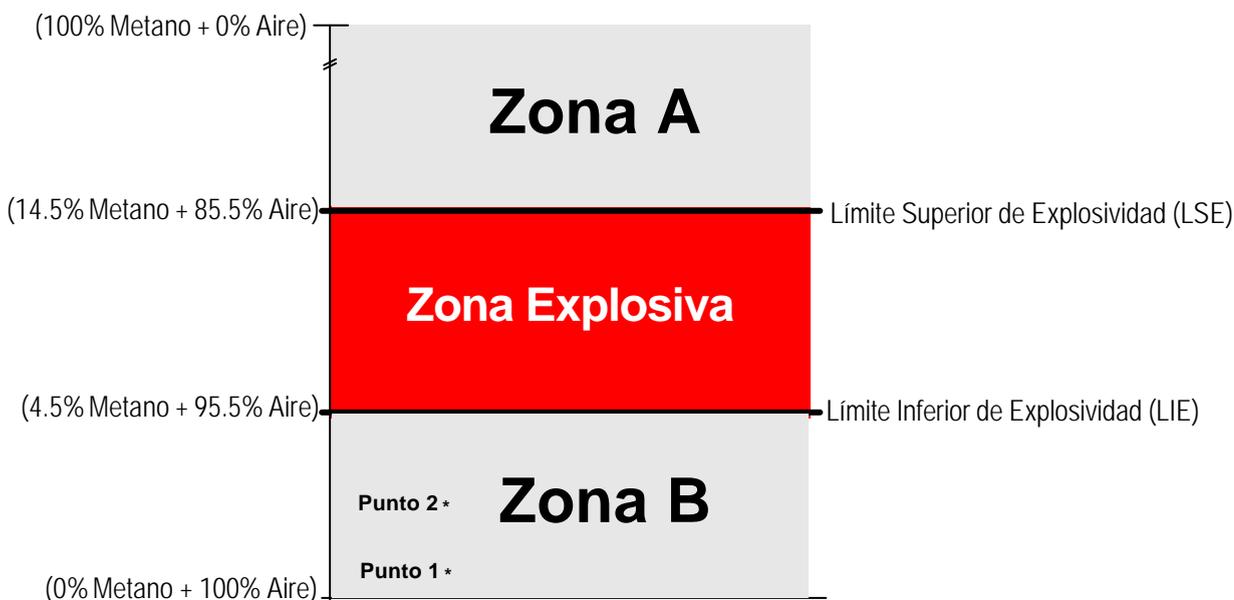
Punto de Flash	- 222.0 °C
Temperatura de Auto ignición	650.0°C
Límites de Explosividad:	
<i>Inferior</i>	4.5 %
<i>Superior</i>	14.5 %

**Punto de Flash:** Una sustancia con punto de flash de 38 °C o menor se considera peligrosa; entre 38 °C y 93 °C, moderadamente inflamable; mayor a 93 °C la inflamabilidad es baja (combustible). El punto de flash del gas natural ( - 222.0 °C) lo hace un compuesto

### Mezcla de

- **Aire +**
- **Gas Natural**

Zonas A y B: En condiciones ideales de homogeneidad, las mezclas de aire con menos de 4.5% y más de 14.5% de gas natural no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición, sin embargo, en condiciones prácticas, deberá desconfiarse de las mezclas cuyos contenidos se acerquen a la zona explosiva. En la Zona Explosiva solo se necesita una fuente de ignición para desencadenar un incendio o explosión.



### **Calibración de las alarmas en los detectores de mezclas explosivas:**

Punto 1 = 20% del LIE.- Alarma visual y audible de presencia de gas en el ambiente.

Punto 2 = 60% del LIE.- Se deberán ejecutar acciones de bloqueo de válvulas, disparo de motores, etc., antes de llegar a la Zona Explosiva.

**Zona Explosiva.** Las mezclas del gas natural con aire en concentraciones entre 4.5 % y 14.5 % son explosivas, solo hará falta una fuente de ignición para que se desencadene una violenta explosión.

**Extinción de Incendios:** Polvo químico seco (púrpura K = bicarbonato de potasio, bicarbonato de sodio, fosfato monoamónico) bióxido de carbono y aspersión de agua para las áreas afectadas por el calor o circundantes. Apague el fuego bloqueando la fuente de fuga.

### **Instrucciones Especiales para el Combate de Incendios:**

#### **a) Fuga de gas natural a la atmósfera, sin incendio:**

Si esto sucede a la intemperie el gas natural se disipa fácilmente en las capas superiores de la atmósfera; contrariamente, cuando queda atrapado en la parte inferior de techumbres se forman mezclas explosivas con gran potencial para explotar, y explotarán violentamente al encontrar una fuente de ignición.

Algunas recomendaciones para evitar este supuesto escenario son:

- ◆ El gas natural o metano es más ligero que el aire y por lo tanto, las fugas ascenderán rápidamente a las capas superiores de la atmósfera, disipándose en el aire. Las techumbres deberán tener preventivamente venteos para desalojar las nubes de gas, de lo contrario, lo atraparán riesgosamente en las partes altas.
- ◆ Verificar anticipadamente por medio de pruebas y Auditorías que la integridad mecánica-eléctrica de las instalaciones está en óptimas condiciones (diseño, construcción y mantenimiento):
  - Especificaciones de tubería (válvulas, conexiones, accesorios, etc.) y prácticas internacionales de ingeniería.
  - Detectores de mezclas explosivas, calor y humo con alarmas audibles y visuales.
  - Válvulas de operación remota para aislar grandes inventarios, entradas, salidas, etc., en prevención a posibles fugas, con actuadores local y remoto en un refugio confiable.
  - Redes de agua contra incendio permanentemente presionadas, con sistemas disponibles de aspersión, hidrantes y monitores, con revisiones y pruebas frecuentes.
  - Extintores portátiles.
- ◆ El personal de operación, mantenimiento, seguridad y contra incendio deberá estar capacitado, adiestrado y equipado para cuidar, manejar, reparar, y atacar incendios o emergencias, que deberá demostrarse a través de simulacros operacionales (falla eléctrica, falla de aire de instrumentos, falla de agua de enfriamiento, rotura de ducto de transporte, etc.) y contra incendio.

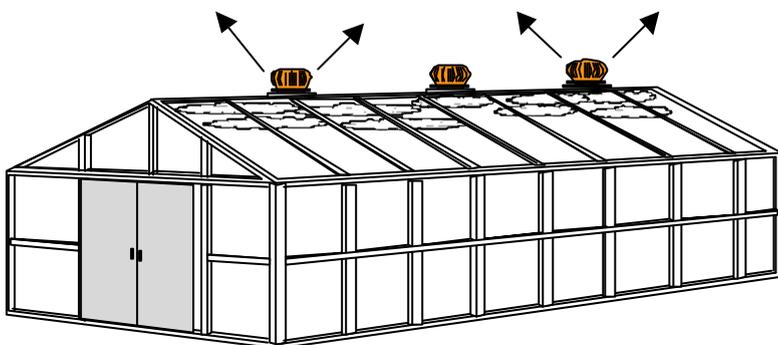
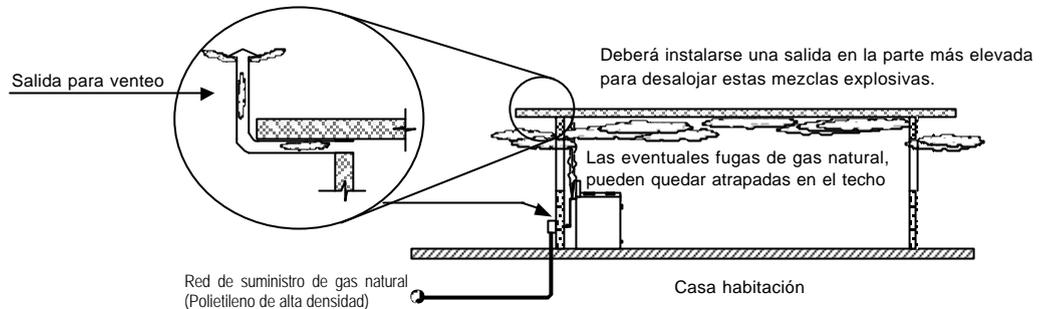
#### **b) Incendio de una fuga de gas natural:**

- ◆ Active el Plan de Emergencia según la magnitud del evento.
- ◆ Aún sin incendio, asegúrese que el personal utilice el equipo de protección para combate de incendios.
- ◆ Bloquee las válvulas que alimentan la fuga y proceda con los movimientos operacionales de ataque a la emergencia mientras enfría con agua las superficies expuestas al calor, ya que el fuego, incidiendo sobre tuberías y equipos provoca daños catastróficos.

**Peligro de Incendio y Explosión:** El gas natural y las mezclas de éste con el aire ascenderán rápidamente a las capas superiores de la atmósfera; en ciertas concentraciones son explosivas. En una casa, habitación, o techumbre industrial, una fuga de gas natural asciende hacia el techo, y si ésta no tiene salida por la parte más alta, se quedará atrapada como se muestra en los dibujos (abajo), parte del gas sale por las ventanas y

puertas hacia la atmósfera exterior, y otra parte se queda "atrapada" en la parte inferior del techo y en el momento en que

se produzca alguna chispa (al energizar algún extractor, ventilador o el alumbrado) se producirá una violenta explosión.



Considerar para las naves industriales, los almacenes y las bodegas los extractores de tiro natural.

En caso de fuga, el gas natural saldrá por las partes más altas de las techumbres.

## 6. RESPUESTA EN CASO DE FUGA

**Fuga en Espacios Abiertos:** Proceda a bloquear las válvulas que alimentan la fuga. El gas natural se disipará fácilmente. Tenga presente la dirección del viento.

**Fuga en Espacios Cerrados:** Elimine precavidamente fuentes de ignición y prevenga venteos para expulsar las probables fugas que pudieran quedar atrapadas.

## 7. PRECAUCIONES PARA EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Todo sistema donde se maneje gas natural debe construirse y mantenerse de acuerdo a especificaciones que aseguren la integridad mecánica y protección de daños físicos. En caso de fugas en un lugar confinado, el riesgo de incendio o explosión es muy alto.

**Precauciones en el Manejo:** Evite respirar altas concentraciones de gas natural. Procure la máxima ventilación para mantener las concentraciones de exposición por debajo de los límites recomendados. Nunca busque fugas con flama o cerillos. Utilice agua jabonosa o un detector electrónico de fugas.

## 8. CONTROLES CONTRA EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

**Controles de Ingeniería:** Utilice sistemas de ventilación natural en áreas confinadas, donde existan posibilidades de que se acumulen mezclas inflamables. Observe las normas eléctricas aplicables para este tipo de instalaciones (NFPA-70, "Código Eléctrico Nacional").

**Equipo de Protección Personal:** Es obligatorio el uso del uniforme de trabajo durante toda la jornada:

- Casco; para la protección de la cabeza contra impactos, penetración, shock eléctrico y quemaduras.
- Lentes de seguridad; para protección frontal, lateral y superior de los ojos.
- Ropa de trabajo: Camisola manga larga y pantalón o coverall de algodón 100 % y guantes de cuero.
- Botas industriales de cuero con casquillo de protección y suela anti-derrapante a prueba de aceite y químicos.

Evite el contacto de la piel con metano en fase líquida ya que se provocarán quemaduras por congelamiento.

**Protección Respiratoria:** Utilizar líneas de aire comprimido con mascarilla, o aparatos auto contenidos para respiración (SCBA) ya que una mezcla aire + metano es deficiente en oxígeno y asfixiante para respirarlo. La mezcla puede ser explosiva, requiriéndose aquí, precauciones extremas, ya que al encuentra una fuente de ignición, explotará.

## 9. PROPIEDADES FISICAS / QUIMICAS

Fórmula Molecular	Mezcla (CH <sub>4</sub> + C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> + C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )
Peso Molecular	18.2
Temperatura de Ebullición @ 1 atmósfera	- 160.0 °C
Temperatura de Fusión	- 182.0 °C
Densidad de los Vapores (Aire = 1) @ 15.5 °C	0.61 (Más ligero que el aire)
Densidad del Líquido (Agua = 1) @ 0°/4 °C	0.554
Relación de Expansión	1 litro de líquido se convierte en 600 litros de gas
Solubilidad en Agua @ 20 °C	Ligeramente soluble (de 0.1 @ 1.0%)
Apariencia y Color	Gas incoloro, insípido y con ligero olor a huevos podridos (por la adición de mercaptanos para detectar su presencia en caso de fugas de acuerdo a Norma Pemex No 07.3.13 <sup>4</sup> )

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

**Estabilidad Química:** Estable en condiciones normales de almacenamiento y manejo.

**Condiciones a Evitar:** Manténgalo alejado de fuentes de ignición y calor intenso ya que tiene un gran potencial de inflamabilidad, así como de oxidantes fuertes con los cuales reacciona violentamente (pentafluoruro de bromo, trifluoruro de cloro, cloro, flúor, heptafluoruro de yodo, tetrafluoroborato de dioxigenil, oxígeno líquido, ClO<sub>2</sub>, NF<sub>3</sub>, OF<sub>2</sub>).

**Productos Peligrosos de Descomposición:** Los gases o humos que produce su combustión son: bióxido de carbono y monóxido de carbono (gas tóxico).

**Peligros de Polimerización:** No polimeriza.

## 11. INFORMACION TOXICOLOGICA

El gas natural es un asfixiante simple que no tiene propiedades peligrosas inherentes, ni presenta efectos tóxicos específicos, pero 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. En altas concentraciones pueden producir asfixia.

## 12. INFORMACION ECOLOGICA

El gas natural es un combustible limpio, los gases producto de la combustión, tienen escasos efectos adversos en la atmósfera. Sin embargo, las fugas de metano están consideradas dentro del grupo de Gases de Efecto Invernadero, causantes del fenómeno de calentamiento global de la atmósfera (con un potencial 21 veces mayor que el CO<sub>2</sub>). El gas natural no contiene ingredientes que destruyen la capa de ozono. Su combustión es más eficiente y limpia por lo que se considera un combustible ecológico que responde satisfactoriamente a los requerimientos del INE, SEMARNAP y la Secretaría de Energía, así como a la normatividad que entró en vigor a partir de 1998.

## 13. DISPOSICION DE LOS RESIDUOS

El gas natural no deja residuos.

<sup>4</sup> "Requisitos Mínimos de Seguridad para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento e Inspección de Tuberías de Transporte".

## 14. INFORMACION SOBRE SU TRANSPORTACION

Nombre Comercial	Gas Natural
Identificación *DOT	1971 y 1972 (Organización de Naciones Unidas)
Clasificación de Riesgo *DOT	Clase 2; División 2.1
Leyenda en la etiqueta	<b>GAS INFLAMABLE</b>

\*DOT: (Departamento de Transporte de los Estados Unidos).



**1971** = Número asignado por ONU al gas natural.

**1972** = Número para gas natural licuado o refrigerado  
2 = Clasificación de Riesgo de DOT

## 15. REGLAMENTACIONES

**Leyes, Reglamentos y Normas:** La cantidad de reporte del gas natural es de 500 kg, de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

## 16. INFORMACION ADICIONAL

Las instalaciones, equipos, tuberías y accesorios (mangueras, válvulas, conexiones, etc.) utilizados para el almacenamiento, manejo y transporte de gas natural deben diseñarse, fabricarse y construirse de acuerdo a las normas aplicables y mantenerse herméticos para evitar fugas.

El suministro de gas natural, para quemarse en las fuentes fijas, se hace a través de ductos subterráneos de transporte y distribución. Se suministra en diferentes rangos de presión (de 4 a 32 kgf/cm<sup>2</sup>) y temperatura (de 8 a 38 °C) a la industria y a las redes de distribución comercial y doméstica, donde se utiliza en:

- a) Generación de energía eléctrica (termoeléctricas).
- b) Generación de vapor.
- c) Calentadores de fuego directo.
- d) Turbo-maquinaria (turbo-compresores, turbo-bombas, turbo-sopladores).
- e) Estaciones distribuidoras de gas natural para carburación de motores (tractores agrícolas, automotores, camiones, etc.). Se utilizan dos sistemas: gas natural comprimido (temperatura ambiente y presión máxima de 210 kgf/cm<sup>2</sup>) y gas natural licuado a 6.3 kgf/cm<sup>2</sup> y temperatura de -140°C con tanques termo.
- f) Usos domésticos y comerciales.
- g) En la industria petroquímica se utiliza principalmente como materia prima para producir amoníaco, metanol, etileno, polietileno.

---

Se requiere que el personal que trabaja con gas natural sea entrenado apropiadamente en los procedimientos de manejo y operación, de acuerdo a las normas aplicables. La instalación y mantenimiento de los sistemas y recipientes debe realizarse por personas calificadas y entrenadas.

---

*La información presentada en este documento se considera verdadera a la fecha de emisión. Sin embargo, no existe garantía expresa o implícita respecto a la exactitud y totalidad de conceptos que deben incluirse, o de los resultados obtenidos en el uso de este material. Asimismo, el productor no asume ninguna responsabilidad por daños o lesiones al comprador o terceras personas por el uso indebido de este material, aún cuando se cumplan las indicaciones de seguridad expresadas en este documento, el cual se preparó sobre la base de que el comprador asume los riesgos derivados del mismo.*

FECHA DE ELABORACION: Julio del 2000

### I.2.2. Almacenamiento temporal

El almacenamiento temporal está constituido por un conjunto de recipientes cilíndricos horizontales, dispuestos sobre un semirremolque y conectados entre sí a efecto de que dicho conjunto actúe como una unidad.

Para este proyecto se usará un sistema de almacenamiento transportable (semirremolque o skid), el cual está constituido por un conjunto de recipientes de GNC cilíndricos horizontales con sus ejes longitudinales paralelos al eje longitudinal del semirremolque al que están fijos por una estructura. La plataforma es transportada por carretera y permanece estacionada durante la carga y descarga del sistema de almacenamiento temporal. Las plataformas deben ser intercambiables para que una plataforma vacía pueda ser sustituida por una llena y viceversa.

Este sistema de almacenamiento temporal cumple con los siguientes requisitos:

- a) Las conexiones estarán localizadas en lugares accesibles para facilitar su inspección.
- b) Será posible accionar las válvulas para operar el sistema desde el perímetro de la estructura.
- c) Estará construida con materiales no combustibles adecuados para no dañar los cilindros.
- d) Se impedirá el movimiento y el contacto así como la acumulación de humedad y suciedad entre los cilindros.
- e) Los cilindros se podrán montar y desmontar de la estructura con facilidad y rapidez, y ser intercambiables para inspección, mantenimiento y sustitución en caso necesario.
- f) Se facilitará la inspección de los cilindros con ultrasonido.
- g) Los recipientes horizontales cumplirán con los requisitos siguientes:
  1. Estarán apoyados solamente en dos puntos en su eje longitudinal, uno de los cuales debe permitir el movimiento longitudinal causado por la expansión o contracción del recipiente.
  2. Estarán separados como mínimo 0.2 m para permitir el acceso para mantenimiento y cada uno debe estar dotado con una válvula de purga.
  3. La estructura de los módulos de almacenamiento transportables, adicionalmente, protegerá a los cilindros de la batería de daños mecánicos durante la carga y la descarga de GNC, así como en las maniobras para subirlos y bajarlos del semirremolque y durante el transporte por carretera.
  4. Los recipientes estarán protegidos contra la corrosión por recubrimientos anticorrosivos o cualquier otro sistema equivalente que inhiba el ataque del medio ambiente.
  5. Ningún material combustible se puede almacenar dentro de un radio de 3 m del conjunto de recipientes.
- h) Se contará con una válvula de corte a la operación.
- i) Tendrá una válvula de retención de flujo que evite la descarga de GNC de los recipientes en caso de ruptura de la línea.
- j) Además contarán con los siguientes accesorios e instrumentos en los almacenamientos temporales.
  1. Manómetro: Indicador de la presión del Almacenamiento

2. Válvula de seguridad: Sistema de seguridad que actúa en caso de sobre presión.
3. Válvula de cilindro: Dispositivo de apertura y cierre de cada cilindro; además cuenta con una válvula de seguridad para exceso de temperatura.
4. Todos los elementos sometidos a presión poseerán su correspondiente certificado de aprobación.
5. Se tendrá instalada una válvula de corte remoto con actuador simple efecto a la salida de los Almacenamientos de GNC.

*Características Del Almacenamiento Tipo Semiremolque Vehicular:*

Descripción	Valor
Tipo de contenedor	LUXI 40" (industrial)
Numero de Cilindros por cada semirremolque	12
Material de fabricación	30CRMO1x (Cromo-Molibdeno)
Capacidad nominal de transporte (m3)	7500
Capacidad nominal de transporte (kg)	5,082
Volumen hidráulico total (litros)	27,840
Capacidad total del gas (m3)	7,700
Presión de la Prueba Hidrostática	375 bar
Presión de Ajuste (PSV)	300 bar
Presión de trabajo	250 bar
Temperatura de trabajo (rango)	-40 ~ 65 °C

**I.2.3. Equipos de proceso.**

Para la correcta operación de la instalación evaluada se requiere además la instalación de los siguientes componentes.

*Controlador Lógico Programable (CLP)*

Todo el sistema es controlado y monitoreado por un sistema de automatización (CLP). En la RCU 2000 el CLP usado es modelo FBs - 40MC de Altus. En algunos puntos estratégicos, esta central lógica, le todas las informaciones de los instrumentos contenidos en el equipo, como temperatura y presión (agua y gas). Toda la operación del sistema de descompresión de GNC también puede ser monitoreada y controlada por acceso remoto en Internet, a través de la NEOsat. Eso significa más seguridad y agilidad en casos de mantenimiento y mejor soporte logístico en la operación.

*Sistema de Calentamiento*

Esta unidad consiste en dos calentadores, modelo Ferroli Atlas 95 con capacidad de 103KW donde uno siempre está en operación y otro es *back-up*. Ellos calientan el agua del tanque con capacidad de 1000 litros. A través de un sistema de bombas hidráulicas, el agua caliente es bombeada desde el tanque de almacenamiento hasta los vasos de expansión en el interior de los intercambiadores de calor, que están ubicados dentro de la RCU. Los intercambiadores de calor son responsables por hacer el cambio de calor entre el agua caliente y el gas frío, así dejando el gas en la temperatura registrada en el CLP. El control de temperatura es realizado por sensores y un tablero

automatizado que lee la temperatura y compara la temperatura ajustada en el programa del CLP. Con eso, cuando la temperatura esté inferior a la temperatura definida, una señal eléctrica es enviado para activar el calentador.

En la ilustración 15 se presenta un diagrama de proceso e instrumentación (P&ID) del sistema de calentamiento.

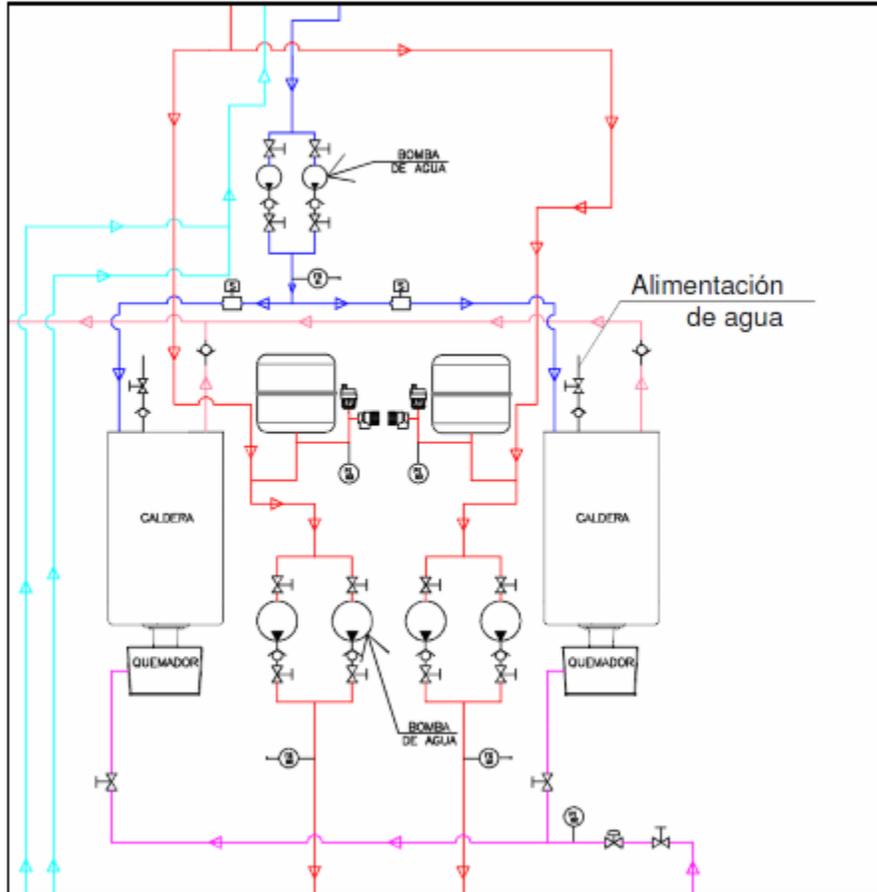


Ilustración 15. Diagrama de proceso e instrumentación (P&ID) del sistema de calentamiento

#### Sistema de Venteo

Este sistema es usado cuando se quiere realizar un mantenimiento en la máquina, por ejemplo un cambio de una válvula o la necesidad de aliviar la línea de gas de la RCU. Se dispone de siete válvulas de venteo:

- Tres en las mesas de descarga a la entrada de la RCU 2000
- Dos en los filtros de alta y baja presión respectivamente
- Una en la primera etapa de descompresión
- Una en la segunda etapa de descompresión

Los desfuegos de los canales de venteo estarán orientados a un área de descarga segura, tomando en cuenta los vientos dominantes de la zona. Cuidando que el flujo de gas no esté dirigido hacia edificios, equipos o áreas que puedan estar ocupadas por el público.

*Sistema Neumático o de aire comprimido.*

El sistema está compuesto por dos compresores de 3hp. Los dos compresores pueden funcionar simultáneamente, pero no parten juntos. Ellos están interconectados en la misma línea y entran en etapas. El primer compresor entra con 7.5 bares (se debe ajustar en el compresor), el segundo con 7 bares. Si el primero es suficiente para suplir los requerimientos de la RCU, el segundo no entrará en operación. Los mismos deberán ser regulados individualmente en sus interruptores antes de iniciar la operación conforme a los parámetros antes señalados.

**I.2.4. Pruebas de verificación.**

Para determinar que la estación descompresora cumple con los requisitos establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM - 010 – SECRE -2002, se realizará prueba hidrostática o neumática, con base al siguiente procedimiento:

*Prueba Hidrostática.*

Esta prueba verificar la hermeticidad de las líneas de alta presión y de sus componentes. Los recipientes de GNC deben contar con el certificado de pruebas que haya realizado el fabricante.

Esta prueba se aplica para confirmar que las conexiones y materiales empleados en la fabricación de las líneas y componentes utilizados en la estación, resisten sin fuga, el esfuerzo homogéneo producido por el agua a presión.

Equipos y materiales para realizar la prueba:

- a) Bomba hidráulica capaz de alcanzar la presión de prueba;
- b) Manómetros con escala graduada no mayor a 2 (dos) veces la presión de prueba;
- c) Registrador con gráfica tiempo-presión;
- d) Válvulas capaces de soportar la presión de prueba;
- e) Tubería, mangueras y conectores adecuadas para conectar el sistema, y
- f) Agua suficiente para llenar el sistema o elemento a probar.

Procedimiento:

- a) Se debe llenar completamente con agua la parte del sistema y elementos que van a ser probados, eliminando el aire que pueda estar dentro de ellos;
- b) Se debe elevar gradualmente la presión del agua hasta alcanzar aproximadamente la mitad de la presión de prueba;
- c) Se debe incrementar la presión del agua a intervalos de 0,1 (cero coma uno) veces cada diez minutos, hasta que ésta alcance 1,5 (uno coma cinco) veces la presión de operación, se aísla

la parte del sistema bajo prueba y se verifica mediante la gráfica tiempo o presión, que la presión se mantiene por lo menos treinta minutos, y

- d) Se debe reducir la presión del agua de 1,5 (uno coma cinco) a la presión de operación y se verifica con el registro gráfico que la presión se mantiene durante 24 horas, para permitir la inspección en todos los puntos de la línea y conexiones

Resultados.

Se debe verificar que no existan fugas, corroborando esto mediante la gráfica del registrador de presión.

En el caso de presentarse alguna fuga debe ser reparada, y se debe probar nuevamente la sección hasta comprobar su hermeticidad.

*Prueba neumática.*

Se debe realizar la prueba neumática para verificar la hermeticidad de las instalaciones y componentes de la estación mediante la aplicación de presión neumática.

Esta prueba se aplica para confirmar que las conexiones de las líneas y componentes de la estación resisten sin fuga el esfuerzo homogéneo producido por gas inerte a presión.

Equipos y materiales para realizar la prueba neumática:

- a) Equipo neumático capaz de alcanzar la presión de prueba;
- b) Manómetros con escala graduada no mayor a 2 (dos) veces la presión de prueba;
- c) Registrador con gráfica tiempo-presión;
- d) Válvulas capaces de soportar la presión de prueba;
- e) Tubería, mangueras y conexiones adecuadas para conectar el sistema, y
- f) Gas inerte suficiente para poder presurizar la parte del sistema y elementos a probar.

Preparación y acondicionamiento de la prueba.

Se debe instalar el equipo neumático con manómetro, registrador, válvulas, tubería, mangueras y conexiones en forma tal que el gas sea inyectado a través de toda la parte del sistema o componentes que se van a probar.

Procedimiento:

- a) Se debe elevar gradualmente la presión del gas hasta alcanzar aproximadamente la mitad de la presión de prueba;
- b) Se debe incrementar la presión del gas a intervalos de 0,1 (cero coma uno) la presión de operación cada 10 minutos, hasta que alcance 1,5 (uno coma cinco) la presión de operación; se aísla el sistema y se verifica mediante la gráfica tiempo-presión que la presión se mantiene al menos durante 30 minutos, y

c) Se debe reducir la presión del gas a 1,1 (uno coma uno) la presión de operación y se verifica mediante el registro gráfico que la presión se mantiene durante ocho horas, para permitir la inspección en todos los puntos y conexiones de la línea.

### I.3. CONDICIONES DE OPERACIÓN

Dentro de la Instalación se consideran las siguientes condiciones de operación.

Tabla 1. Sustancia a operar.

Estado de la sustancia principal:	Gas Natural No. CA: 74-82-8 Gas incoloro, insípido y con ligero olor por la adición de mercaptanos para detectar su presencia en caso de fugas de acuerdo a Norma Pemex No 07.3.13
-----------------------------------	---

Tabla 2. Condiciones de Operación

Flujo de Gas Natural	1700 Sm <sup>3</sup> /h.
Presión de diseño de los Tanques de Almacenamiento Tipo Semirremolque Vehicular	25,000 KPa.
Presión de operación de los cilindros de almacenamiento temporal	25,000 KPa.
Presión de suministro	25,000 KPa.
Temperatura de diseño en condiciones de operación de Red Interna	20 °C.

Tabla 3. Condiciones ambientales de operación.

Temperatura media anual en sitio en condiciones de operación	18 °C Establecida de acuerdo a las normales climatológicas de la estación 15030, como se detalla en el capítulo IV de la MIA correspondiente
Velocidad máxima del viento	2.06 m/s Lo anterior como se detalla en el capítulo IV de la MIA correspondiente, la dirección dominante provienen del NE

#### I.3.1. Especificación tablero de control.

Todo el sistema es controlado y monitoreado por un sistema de automatización (CLP). En la RCU 2000 el CLP usado es modelo FBs - 40MC de Altus. En algunos puntos estratégicos, esta central lógica, lee todas las informaciones de los instrumentos contenidos en el equipo, como temperatura y presión (agua y gas). Toda la operación del sistema de descompresión de GNC también puede ser monitoreada y controlada por acceso remoto en Internet, a través de la NEOsat. Eso significa más seguridad y agilidad en casos de mantenimiento y mejor soporte logístico en la operación.

El sistema dispondrá de un panel (monitoreado de manera permanente) con indicación de presión de entrada del gas, y presiones y temperaturas para cada etapa de descompresión y a la salida de la RCU. Cada indicador contará con su interruptor para accionar dispositivos de seguridad por alta

o baja presión, según corresponda. Poseerá además comandos para arranque y detención del equipo, siendo al igual que el resto de los elementos integrantes del panel de seguridad intrínseca.

Así mismo contara con un Medidor de control Másico con el fin de controlar el volumen de gas que va hacia el Parque Toluca 2000 Ac.

Cabe mencionar que la estación cuenta con un sistema de detectores de Gases, tanto en la RCU como en el sistema de calentamiento. Dichos dispositivos son:

**Alarma Visual y Sonora:** Dispositivo o función que indica la existencia de una condición anormal en el centro de trabajo por medio de una señal visible y audible, con el propósito de alertar al personal. (Este sistema esta interconectado con la central detectora de Mezclas explosivas y con el sistema de control de los equipos)

**Central detectora de Mezclas:** Dispositivo que se conecta a un circuito que contiene un sensor, el cual responde a un estímulo físico como concentración de gases entre otros.

**Tablero de seguridad.** Equipo formado por dispositivos, circuitos, interruptores y otros elementos eléctricos, electrónicos y electromecánicos, donde interaccionan las señales de entrada provenientes de los detectores y estaciones manuales de alarmas, generando señales que activan las alarmas.

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

El predio está protegido mediante un cerramiento con malla Ciclónica y un muro de concreto, el cual solo permite el ingreso de Personal Autorizado, con el fin de minimizar las posibilidades de daños personal, material y de vandalismo. (NOM-010- SECRE-2002). Además, toda tubería será debidamente sujeta, donde se prevé el aislamiento físico de contacto entre la tubería y el soporte de sujeción, para ello se revestirá la zona de contacto con un material inerte a la corrosión y no inflamable o auto extingible, la forma de instalación se indica en los detalles mecánicos de soporte.

La ubicación y especificaciones técnicas se desarrollaran de acuerdo a lo especificado en el PLANO GENERAL y en el PLANO DE SEÑALÉTICA Y EXTINTORES anexos a este Estudio.

## **I.4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS**

### **I.4.1 Introducción.**

El análisis y la evaluación de riesgos son instrumentos preventivos que la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LEGEEPA) y su Reglamento introducen con el fin de proteger y preservar el medio ambiente. Ellos deben efectuarse de manera previa en cualquier proyecto que represente un daño potencial para la población, sus bienes y el ambiente. Por otra parte, en las últimas modificaciones a la LEGEEPA (Título Cuarto Protección al Ambiente, del Capítulo V Actividades Consideradas como Altamente Riesgosas) se establece que, en las actividades industriales, comerciales o de servicios altamente peligrosas, deberán realizarse estudios de

riesgo para identificar el nivel de riesgo que tienen sus instalaciones, así como el radio de afectación que pudieran cubrir en caso de ocurrir un accidente lamentable.

Por lo anterior es importante definir de manera precisa la magnitud y probabilidad de riesgo que posee la Estación de Descompresión RCU 2000, con el propósito de controlar y mantener el riesgo dentro de niveles aceptables para la seguridad de la población y el medio ambiente, o si es posible disminuirlo. El presente análisis de riesgo se apoya en la descripción de todos los procesos operacionales llevados a cabo en la estación.

Para la determinación de riesgos se ha empleado la metodología denominada WHAT IF, que consiste en cuestionarse el resultado de la presencia de sucesos indeseados que pueden provocar consecuencias adversas. Para facilitar la aplicación de esta metodología la Estación ha sido dividida en 4 subsistemas o nodos. Las preguntas respecto a las desviaciones que pudieran ocurrir han sido formuladas para los procesos que ocurren en cada subsistema. La respuesta a cada pregunta se ha evaluado con base a una serie de variables que pudieran ser observadas y/o medidas de manera explícita o al menos implícitamente. Posteriormente a los riesgos determinados se les ha calculado su valor de riesgo ambiental con base a sus valores de frecuencia y severidad de manera semicuantitativa.

De acuerdo al análisis se detectaron 21 desviaciones, 33 causas, 25 consecuencias, 41 salvaguardas y 2 recomendaciones. Del total de desviaciones 19 fueron jerarquizadas como riesgos tolerables, y 2 como Riesgo ALARP (As low as reasonably practicable) por lo que se generaron dos recomendaciones adicionales a las medidas de salvaguarda establecidas en la ingeniería del proyecto.

Posteriormente se determinaron los radios afectación potencial (zona de alto riesgo y amortiguamiento), para los eventos: fuga de gas, incendio y explosión. El escenario asumido para la ocurrencia de fuga/explosión/incendio consiste básicamente en la DESVIACION (QUE PASA SI) número 10 del subsistema o nódulo RCU, el cual se define como “Si la válvula by pass sigue accionada durante un cambio de contenedor con una presión de 250 bar” lo cual generará una fuga de gas en la tubería dentro de la RCU que va desde la conexión al semirremolque hasta el desfogue de la válvula PSV02.

Estos radios potenciales de afectación en este escenario fueron simulados con ayuda del Sistema de Evaluación de Consecuencias para la elaboración de un estudio de riesgo ambiental, desarrollado por la SEMARNAT, y complementados con la ayuda del software ALOHA®5.4.4 (Areal Locations of Hazardous Atmospheres), desarrollado por la EPA (U.S. Environmental Protection Agency) y NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

Con base en la zona de alto riesgo, generada por los modelos para la ocurrencia de cualquiera de los eventos de fuga, explosión e incendio en la Estación, se procedió a realizar un análisis de Interacción de Riesgo, con base a cuantas personas, estructuras e instalaciones podrían resultar afectadas en caso de que efectivamente cualquiera de estos eventos ocurriese. Para ello se hizo un inventario de:

- Cantidad de Personas operando en la Estación
- Cantidad de Personas que habitan en los alrededores, incluyendo las que ocupan el tránsito vehicular en la zona, con base a la capacidad de carga de la vialidad adyacente
- Instalaciones adyacentes

De acuerdo a los radios potenciales de afectación obtenidos, cualquier evento de fuga, incendio o explosión, tendría consecuencias adversas directas sobre el personal que para ese momento pudiera estar en el predio de la estación descompresora RCU 2000, así como sobre la propia instalación en cuanto a un incendio o explosión se refiere.

Por último, se proponen una serie de medidas de prevención y control de riesgos, las cuales han sido divididas en dos grupos: específicas, aplicadas a cada subsistema en particular o genéricas, para toda la estación de descompresión.

#### I.4.2 Antecedentes de accidentes e incidentes.

En el análisis de datos históricos de accidentes e incidentes considerando accidentes en estaciones similares que por el tipo de operación, tecnología y servicio a implementar, coincidan con las de la estación proyectada. Sin embargo se puede considerar el análisis de los siguientes eventos que para el diseño de la instalación y que de acuerdo a las características que pudieran compartir, resultan significativos en el análisis.

De acuerdo a la PROFEPA a nivel internacional se reportaron los siguientes accidentes con gas natural (Mora Garcia, 2007)<sup>1</sup>:

- o En la salida de una estación de compresión de gas, se presentó la ruptura de una línea de 36 pulg en el ensamblado de una válvula de compuerta. El ducto se torció y se originó un pequeño orificio, exponiendo una línea de 34 pulg de diámetro de la descarga de la turbina. La tubería de 36 pulg de diámetro se dobló alrededor de la línea de 34 pulg, debido a la fuerza de la presión de 950 psi a la cual escapaba el gas natural. El chorro de gas se incendió y alcanzó un edificio de compresión que estaba a 75 metros de distancia: dos turbinas de 20,000 hp fueron destruidas y una resultó con daños, los edificios de control y medición que estaban a 183 m fueron destruidos, así como también el edificio de compresores y el taller. El flujo en el ducto se suspendió automáticamente por medio del cierre de las válvulas que se encontraban a 24 km de distancia, sin embargo el gas remanente en el ducto continuó quemándose por 3 horas aproximadamente.
- o Una casa fue dañada debido a una explosión resultante de la separación de la conexión entre la línea de servicios de plástico y el accesorio de compresión instalado en la línea antes del medidor. Algunas excavaciones se habían llevado a cabo semanas antes del

---

<sup>1</sup> Mora Garcia, A. V. (2007). *Tesis EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS INVOLUCRADOS EN EL ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DEL GAS NATURAL*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

incidente para instalación de drenajes, el terreno no fue rellenado con seguridad. El accidente se reportó en 1988.

- Una tubería de hierro fundido de 4 pulg se fracturó tangencialmente resultando en una explosión seguido de un incendio en una residencia en Nueva Jersey. La pipa se había debilitado debido a la corrosión, la falla fue originada por fuerzas externas, el cabezal de hierro fundido fue remplazado por tubería aprobada de plástico. Enero, 1987.
- Una tubería de gas de 30 pulg que operaba a una presión de 987 psi, se rompió en Kentucky, la causa probable fue debido a la corrosión en la tubería que tenía 29 años de haber sido instalada. La ruptura se extendió hasta 145 m y expuso la tubería fuera del subsuelo y otra tubería paralela adyacente de 12 m.

#### *Accidentes nacionales.*

Los eventos registrados por la PROFEPA que involucran gas natural durante el periodo de 1993 a 1998, y que resultan relevantes para el proyectos, se describen a continuación:

- Fuga de gas natural en un gasoducto en Villahermosa, Tabasco. No hubo daños al ambiente, y las acciones llevadas a cabo, consistieron en: Reparación de la fuga, sustituyendo un tramo de 195 m de tubería en el gasoducto. (1993).
- Fuga de gas natural en un gasoducto en Villahermosa, Tab. El volumen de la fuga fue de aproximadamente 10 m<sup>3</sup>, con afectación de un área de 3,200 m. Se bloqueo la tubería mediante el cierre de la válvula y el remanente se desfogó. (1993).
- Fuga de gas natural con un volumen despreciable, no hubo área afectada. Se bloqueo la línea de gas y desfogó el remanente, posteriormente se cambiaron los carretes dañados. (Villahermosa, 1993).
- Explosión en la red de distribución de gas natural en Coahuila, derivado de varias fugas en la línea de gas en la explosión hubo dos heridos. Las medidas llevadas a cabo fueron: Renovación de la tubería de gas, reparación de fugas en medidores y un estudio de evaluación del área afectada.(1994).
- Fuga de gas natural en el centro de regulación de gas, la fuga se produjo durante el mantenimiento al purgar la válvula de salida del gas. Se acordonó el área, evacuación de familias en un radio de 100 m a la redonda y suspensión de tráfico. No hubo daños al medio ambiente, ni pérdidas humanas; sin embargo se reubicó el centro de regulación del ducto. (Nvo. León, 1994).
- Flamazo en un gasoducto de 36 pulg de diámetro en Villahermosa seguido de una explosión, debido a un corto circuito del cable de suministro de energía eléctrica, cuando se realizaba el cambio de la válvula de 36 pulg. El personal de contraincendio sofocó el siniestro, hubo 11 lesionados con quemaduras. (1994).
- Fuga de gas natural en el sistema de transportación por ducto de Monclova, Coah. derivado de una sobrepresión en la estación de regulación, por lo que se activó la válvula de seguridad, provocando una emisión de 50 m<sup>3</sup> de gas. No se registraron afectaciones al ser humano. Se realizó la recalibración de la válvula de seguridad, con el fin de que se encontrara en óptimas condiciones en caso de ocurrir otra sobrepresión en el sistema. (1995).

- Fuga de gas en un gasoducto, derivado del mal estado de la válvula de salida del gas, en la cual se originó la fuga. Se acordonó el área y se realizó la reposición de la válvula inmediatamente. No hubo lesionados. (Jalisco, 1995).
- Explosión de gas natural en un ducto, originado al momento de seccionar con un soplete una línea abandonada que contenía remanentes de gas, hubo dos personas lesionadas a las que se les proporcionó atención médica inmediata. Posteriormente, se realizó la verificación de que los tramos de tubería que se iban a retirar no contuvieran residuos de gas, para evitar algún evento subsecuente. (Tabasco, 1995).

Según la PROFEPA, en un análisis realizado por parte de la Subprocuraduría de Auditoría ambiental, las rupturas en los gasoductos se deben a tres causas:

- Ruptura debido a equipo de movimiento de tierra (trascabos)
- Debilitamiento de las paredes del gasoducto por corrosión
- Soldaduras defectuosas o puntos débiles en el gasoducto

La extensión del daño producido por la explosión generalmente ha sido menor a 300 m desde el punto de ruptura. Explosiones de nubes de vapor no han ocurrido ni han sido 24 reportadas con gas natural. La excavación es la principal causa de accidentes en ductos.

Sin embargo los accidentes e incidentes arriba reportados resultan de baja importancia para el análisis de riesgo en este proyecto, ya que, **en las anteriores no se realizaba el servicio de descompresión de Gas Natural Comprimido.**

Consultando bases datos de diversas fuentes, se ha detectado que es muy poca la información disponible respecto a accidentes ocurridos durante operaciones de suministro y/o manipulación de gas natural en Estaciones de Servicio. De acuerdo a ello, se presenta a continuación el detalle de un accidente ocurrido en una estación de llenado de contenedores, el cual, a pesar de no haber ocurrido en una estación de servicio, guarda cierta relación con el proyecto en evaluación. De igual manera se reafirma el compromiso por parte del promovente de reportar y asentar en bitácora de operación, la ocurrencia de estos eventos.

Año	Ciudad o País	Instalación	Sustancias involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales dañados)	Acciones realizadas para su atención
2012	San Miguel Xoxtla.	Contenedores con Cilindros de GNC	Gas Natural	Estallido/e Incendio	Falla en sistema de carga de tanques para transporte.	Emisión de partículas derivadas de la combustión de los contenedores.	Cierre de Válvulas de control, Extinción de Incendio, Evacuación y ventilación.

Fuente: (Sánchez, Andrés; Agencia Reforma, 2012) Sánchez, Andrés; Agencia Reforma. (13 de Noviembre de 2012). Explota Gasera en Puebla y deja 3 personas heridas. . El Sur. Periodico de Guerrero. Recuperado el 05 de Septiembre de 2017, de <http://suracapulco.mx/6/explota-gasera-en-puebla-y-deja-tres-personas-heridas/>

El análisis de este accidente ha sido tomado como referencia para el diseño del proyecto en evaluación, especialmente la adopción de sistemas de control y detección de desviaciones en el suministro de gas natural.

#### I.4.3 Metodología de identificación y jerarquización de riesgos.

Para el Análisis de riesgos de la Estación de Descompresión de GNC se ha empleado la metodología denominada WHAT IF. Este es un método de análisis que no es tan estructurado como otros (HAZOP-*Hazard Operability Study* o FMEA-*Failure Mode Effects Analysis*), y necesita la adaptación por parte del usuario al caso particular que se pretende analizar. Como su nombre sugiere, consiste en cuestionarse el resultado de la presencia de sucesos indeseados que pueden provocar consecuencias adversas. El método exige el planteamiento de las posibles desviaciones desde el diseño, construcción y modificaciones de operación de la instalación. Existen dos alcances básicos en un análisis What If: las condiciones físicas del sistema investigado y la categoría de las consecuencias derivadas de la operación mismo.

La aplicación de esta metodología es soportada por la descripción operacional de la estación de descompresión y las propiedades físico químicas del GNC expuestas en su Hoja de Seguridad o MSDS.

Para implementar esta metodología primeramente se elaboró un cuestionario formulado en base a la descripción del proceso, focalizándose en los siguientes subsistemas o nodos de manejo del GNC en la estación. Los subsistemas empleados fueron los siguientes:

- Unidad de Trasvase: consiste en tres semirremolques, cada uno con 12 cilindros de GNC a 250 bar.
- Estación de Descompresión RCU 2000: encargada de descomprimir el gas natural de 250 bar a 4 bar a un flujo de 1700 m<sup>3</sup>/h bar y a una temperatura de 20 °C.
- Sistema de calentamiento.
- Red de tubería interna: tubería de 4 pulgadas de diámetro, encargada de transportar el gas desde la RCU hasta el patín de medición y de este a la conexión con la tubería de suministro de Parque Toluca 2000 AC

A continuación, se presenta una tabla donde se describen desde el punto de vista operacional cada uno de estos subsistemas y los planos y memorias descriptivas asociadas, las cuales se pueden ver en la sección de anexos.

Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgos

Instalación, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión de GNC con capacidad de 2000 m3/h

SUBSISTEMA	PLANOS/MEMORIAS/FICHAS																										
	CODIGO	NOMBRE	VER ANEXO																								
<p>Unidad de trasvase: 12 cilindros montados sobre semirremolque con las siguientes características operacionales.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tipo de contenedor</td> <td>LUXI 40" (industrial)</td> </tr> <tr> <td>Numero de Cilindros por cada semirremolque</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Material de fabricación</td> <td>30CRM0lx (Cromo-Molibdeno)</td> </tr> <tr> <td>Capacidad nominal de transporte (m3)</td> <td>7500</td> </tr> <tr> <td>Capacidad nominal de transporte (kg)</td> <td>5,082</td> </tr> <tr> <td>Volumen hidráulico total (litros)</td> <td>27,840</td> </tr> <tr> <td>Capacidad total del gas (m3)</td> <td>7,700</td> </tr> <tr> <td>Presión de la Prueba Hidrostática</td> <td>375 bar</td> </tr> <tr> <td>Presión de Ajuste (PSV)</td> <td>300 bar</td> </tr> <tr> <td>Presión de trabajo</td> <td>250 bar</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de trabajo (rango)</td> <td>-40 ~ 65 °C</td> </tr> </tbody> </table>	Descripción	Valor	Tipo de contenedor	LUXI 40" (industrial)	Numero de Cilindros por cada semirremolque	12	Material de fabricación	30CRM0lx (Cromo-Molibdeno)	Capacidad nominal de transporte (m3)	7500	Capacidad nominal de transporte (kg)	5,082	Volumen hidráulico total (litros)	27,840	Capacidad total del gas (m3)	7,700	Presión de la Prueba Hidrostática	375 bar	Presión de Ajuste (PSV)	300 bar	Presión de trabajo	250 bar	Temperatura de trabajo (rango)	-40 ~ 65 °C	S/C	Plano Parque Industrial Toluca 2000-Obra Civil	.2
Descripción	Valor																										
Tipo de contenedor	LUXI 40" (industrial)																										
Numero de Cilindros por cada semirremolque	12																										
Material de fabricación	30CRM0lx (Cromo-Molibdeno)																										
Capacidad nominal de transporte (m3)	7500																										
Capacidad nominal de transporte (kg)	5,082																										
Volumen hidráulico total (litros)	27,840																										
Capacidad total del gas (m3)	7,700																										
Presión de la Prueba Hidrostática	375 bar																										
Presión de Ajuste (PSV)	300 bar																										
Presión de trabajo	250 bar																										
Temperatura de trabajo (rango)	-40 ~ 65 °C																										
<p>RCU 2000: es un equipo industrial que reduce presión y controla el suministro de Gas Natural Comprimido a una presión dada ajustada en el equipo. El conjunto está compuesto por la RCU (con 3 mesas de descarga integradas en el equipo), tablero de control y un skid con unidad de calentamiento y aire comprimido. Este conjunto forma un sistema modular para uso sin edificación. El equipo está construido en acero estructural (perfil y enchapado).. Tiene las siguientes características:</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Flujo</td> <td>2000 m3/h *</td> </tr> <tr> <td>Presión de entrada de GNC</td> <td>250 – 15 bar</td> </tr> <tr> <td>Presión de salida de GNC</td> <td>4 - 10 bar</td> </tr> <tr> <td>Fases de reducción de presión</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Grado de filtración (coalescente y de partículas)</td> <td>≤ 3 micras</td> </tr> </tbody> </table>	Flujo	2000 m3/h *	Presión de entrada de GNC	250 – 15 bar	Presión de salida de GNC	4 - 10 bar	Fases de reducción de presión	2	Grado de filtración (coalescente y de partículas)	≤ 3 micras	S/C	Memorial Técnico Obra Electromecánica	9														
Flujo	2000 m3/h *																										
Presión de entrada de GNC	250 – 15 bar																										
Presión de salida de GNC	4 - 10 bar																										
Fases de reducción de presión	2																										
Grado de filtración (coalescente y de partículas)	≤ 3 micras																										
	S/C	Plano Obra Electromecánica Parque Toluca 2000	8																								
	S/C	Ficha Técnica RCU	13																								

Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgos

Instalación, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión de GNC con capacidad de 2000 m3/h

SUBSISTEMA		PLANOS/MEMORIAS/FICHAS		
		CODIGO	NOMBRE	VER ANEXO
Alimentación neumática	6 - 8 bar **		Salvaguardas de una RCU 2000 Memorial Técnico de Obra Civil Eléctrica	11
Consumo de aire máximo (por accionamiento)	89 litros			7
Alimentación eléctrica	220 VCA / 60 Hz			
Consumo eléctrico	5.6 KWh ***			
Capacidad del tanque de agua	1000 litros			
Peso RCU	3200 Kg			
Peso Skid (unidad de calentamiento y compresores)	2050 Kg			
Peso Tablero de control	580 Kg			
Peso tanque (sin agua)	530			
Red Interna: está constituida por tubería de acero al carbono clase # 150 de Ø4" que lleva gas natural descomprimido, desde la RCU 2000 hasta el patín de medición, y de éste a la conexión con la tubería de suministro de Parque Toluca 2000 AC. Esta tubería contará con un patín de medición con el fin de contabilizar el volumen de gas que va hacia Parque Toluca 2000 AC. Debido a que la tubería cuenta con protección catódica se instalará conectores en los extremos de la tubería para separarlos de los equipos. Las tuberías y accesorios aéreos tendrán aplicación de pintura base epóxica y acabado poliuretano.		S/C	Memorial Técnico Obra Red Interna Parque Toluca 2000	6
		S/C		Patín de Medición
		S/C		Plano Obra Red Interna Parque Toluca 2000.

Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgos

Instalación, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión de GNC con capacidad de 2000 m3/h

SUBSISTEMA	PLANOS/MEMORIAS/FICHAS		
	CODIGO	NOMBRE	VER ANEXO
<p>Sistema de Calentamiento: Esta unidad consiste en dos calentadores, modelo Ferroli Atlas 95 con capacidad de 103KW donde uno siempre está en operación y otro es back-up. Ellos calientan el agua del tanque con capacidad de 1000 litros. A través de un sistema de bombas hidráulicas, el agua caliente es bombeada desde el tanque de almacenamiento hasta los vasos de expansión en el interior de los intercambiadores de calor, que están ubicados dentro de la RCU. Los intercambiadores de calor son responsables por hacer el cambio de calor entre el agua caliente y el gas frío, así dejando el gas en la temperatura registrada en el CLP. El control de temperatura es realizado por sensores y un tablero automatizado que lee la temperatura y compara la temperatura ajustada en el programa del CLP. Con eso, cuando la temperatura esté inferior a la temperatura definida, una señal eléctrica es enviado para activar el calentador</p>	S/C	Memorial Técnico Obra Electromecánica	9
	S/C	Plano Obra Electromecánica Toluca 2000	8
	S/C	Ficha Técnica RCU	13

Sobre estos subsistemas de la operación se determinaron variables que pudieran ser observadas y/o medidas de manera explícita o al menos implícitamente, tales como:

- Presión de trabajo para cada equipo en particular.
- Dispositivos de Control de presión dentro de la RCU (alta presión y baja presión).
- Flujo y/o caudal de transferencia del gas.
- Disponibilidad de mecanismos de control e Instrumentación, especialmente sistemas de control de exceso de flujo, parada o bloqueo de la RCU, transmisores de presión y temperatura, sondas detectoras de gas, etc.

Con el uso de estas variables y para cada subsistema antes indicado se identificaron posibles desviaciones operacionales que pudieran representar un peligro y ocasionar como consecuencia daños al personal de la planta, al equipo y al medio ambiente.

Para calcular el valor de riesgo ambiental se determinaron los valores de frecuencia y severidad de manera semicuantitativa, con base a:

A. Probabilidad de liberación de gas

B. Severidad de las consecuencias en caso de liberarse gas

Al multiplicar estas dos variables se obtiene un valor que además de representar el riesgo permite determinar las situaciones de mayor severidad, al simular los efectos que ocasionaría la liberación del gas; así,

$$(A \times B) = \text{Valor de riesgo como factor de análisis de liberación.}$$

Los valores de probabilidad de liberación de alguna sustancia altamente peligrosa (A) y la severidad de las consecuencias (B) se representan para varios niveles mediante los valores dados en el siguiente cuadro:

Nivel	Probabilidad de fuga de gas	Severidad de las consecuencias debido a fuga de gas
Bajo	1	1
Medio	2	2
Alto	3	3
Muy Alto	4	4

*Tabla 4. Determinación de Nivel de Riesgo en Función de Probabilidad y severidad de Fuga de GNC.*

Utilizando como base la Matriz de Riesgo de 3x3, tomada de la Guía para la Preparación de un Programa Preventivo y Administración del Riesgo, desarrollada por la oficina de Servicios de Emergencia del Estado de California, USA. Esta matriz se modificó a una matriz de 4x4 con el objetivo de manejar un intervalo de mayor amplitud que permitiera valorar en forma más gradual cada situación de riesgo identificada, como se describe esquemáticamente en la siguiente matriz:

**Severidad de las consecuencias debido a fuga de GNV**

→

		Bajo (1)	Medio (2)	Alto (3)	Muy Alto (4)
Probabilidad de fuga de GNV	Bajo (1)	1	2	3	4
	Medio (2)	2	4	6	8
	Alto (3)	3	6	9	12
	Muy Alto (4)	4	8	12	16

Ilustración 16. Matriz de Riesgo 4 x 4.

Probabilidad de escape o fuga (A):

- Bajo (1): Se espera que ocurra una vez durante la vida de la planta.
- Medio (2): Entre 5 - 10 años de estar operando la planta.
- Alto (3): Entre 1 - 5 años de estar operando la planta.
- Muy Alto (4): Entre 0 - 1 año de estar instalada la planta.

**Severidad de las consecuencias (B):**

Bajo (1). Que resulta en problemas operacionales o daños sencillos, sin paralización de la operación, sin daños a la propiedad o a la salud de los trabajadores.

Medio (2). Que resulta en problemas operacionales con interrupción temporal del trabajo, y/o con pérdidas de la propiedad menores a \$100 000 pesos.

Alto (3). Que resulta en daños múltiples, con interrupción operacional significativa o con pérdidas en las propiedades entre \$100 000 y \$1 000 000 pesos, con daños a la salud del trabajador.

Muy Alto (4). Que resulta en muerte del trabajador o pérdidas por afectación al medio ambiente y daños a la propiedad, o producción, mayores que \$1 000 000 pesos.

Para que una situación de alto riesgo suceda debe cumplirse que el producto de la Probabilidad de liberación de Gas (A) multiplicado por la Severidad de las consecuencias en caso de liberarse Gas (B), sea mayor o igual a 8, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$A \times B \geq 8$$

De acuerdo a este criterio la jerarquización de riesgos es la siguiente:

Índice de riesgo	Jerarquización / Aceptación	Descripción
≥ 8	Riesgo No tolerable/Indeseable (Región Roja)	Este tipo de riesgo requiere se implementen acciones inmediatas durante el diseño, construcción y operación de la Estación de descompresión. Una focalización exhaustiva en la procura de los materiales debe ser realizada, a fin de que cumplan los estándares de ingeniería adecuados a las propiedades del GNC y los criterios operacionales (presión, caudal de flujo, etc.). Deben cumplirse a cabalidad los planes de mantenimiento y de entrenamiento del personal. "D".
≥ 4 y < 8	Riesgo ALARP (As low as reasonably practicable)	Este tipo de riesgo permite que se implementen acciones correctivas y preventivas, pero se puede administrar dichas acciones durante las siguientes etapas del proyecto. Un riesgo de este tipo representa una situación de riesgo aceptable siempre y cuando se establezca controles permanentes. La administración de un riesgo tipo deberá enfocarse en la Disciplina Operativa, Integridad Mecánica y en la Confiabilidad de las diferentes Capas de Seguridad y/o Sistemas de protección de la instalación y/o Equipos.
< 4	Riesgo Tolerable (Región verde)	Para este nivel de riesgo no se requieren acciones inmediatas, es de bajo impacto y puede programarse su atención y reducción conjuntamente con otras actividades durante el diseño y/o construcción. La atención de las recomendaciones emitidas para la administración de los riesgos identificados serán consideradas como áreas de oportunidad las cuales quedaran a consideración de la gerencia del proyecto.

*Tabla 5. Jerarquización de Riesgos.*

#### Personal participante en el Análisis de Riesgos

El personal involucrado en el Análisis de Riesgos, se reunió en una sesión de trabajo que se celebró el día 2 de Mayo de 2018, en las instalaciones de Neomexicana en San Miguel Xoxtla. La lista de personal de personal asistente a dichas sesiones fue el siguiente:

Nombre	Cargo	Área
Ing. Rubén Barrientos Beltrán	Supervisor de Operaciones Neomexicana	Operaciones Neomexicana
Ing. Alejandra González Pérez.	Responsable y facilitador de Elaboración del Análisis de Riesgos	Análisis de riesgo
Ing. Luis Idelso Mora Mora	Asesor análisis de riesgos	Análisis de riesgo

#### I.4.4. Resultados del análisis de Riesgos

En las Tablas que se muestran en las páginas siguientes, se presenta la evaluación de cada una de las preguntas formuladas de acuerdo al cuestionario WHAT IF en cada subsistema de la Estación de Descompresión, a fin para determinar los riesgos y su valor asociado.

La siguiente información corresponde a los resultados obtenidos de las sesiones de trabajo del grupo multidisciplinario de trabajo para la identificación de riesgos referente al proyecto.

En la tabla siguiente se puede observar un resumen general del análisis desarrollado para el proyecto.

Subsistema	Cantidad de estudios				
	Desviaciones	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones
Unidad de trasvase	3	3	4	5	0
RCU	15	25	18	29	2
Red interna	2	4	2	5	0
Sistema de Calentamiento	1	1	1	2	0
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>33</b>	<b>25</b>	<b>41</b>	<b>2</b>

La nomenclatura empleada en las hojas de trabajo es la siguiente:

- P: Probabilidad
- DP: Daño al personal y a la población
- IA: Impacto Ambiental;
- DI: Pérdida de producción y/o daño a la Instalación
- DT: Daños a estructuras y/o bienes fuera del predio
- MR: Magnitud de Riesgo.
- $\geq 8$ : Riesgo Intolerable
- $\geq 4 < 8$ : Riesgo ALARP
- $< 4$ : Riesgo Tolerable

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

### II. 1 Radios Potenciales de Afectación

#### II.1.1 Metodología

La determinación del radio potencial de afectación fue determinada para los siguientes casos:

- Fuga de GNC con daños a la salud por exposición a dicho gas (metano).
- Ocurrencia de Incendio con niveles de radiación térmica de 5 kW /m<sup>2</sup> y 1.4 kW/m<sup>2</sup>
- Ocurrencia de explosión considerando la sobrepresión a 1.0 psi y 0.5 psi

*Modelos de simulación usados para determinar zonas de riesgo y amortiguamiento en caso de incendio y explosión*

La determinación del radio potencial de afectación considerando los eventos de explosión e incendio, se ha realizado aplicando el modelo de Sistema de Ayuda Evaluación de Consecuencias para la elaboración de un estudio de riesgo ambiental, desarrollado por la SEMARNAT. Adicionalmente, en el caso de que efectivamente ocurra un incendio, se ha usado el simulador ALOHA desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, para determinar las distancias a las cuales ocurren radiaciones térmicas equivalentes a 5 kW /m<sup>2</sup> y 1.4 kW/m<sup>2</sup> a partir de la zona de ocurrencia del incendio, delimitada por concentraciones de metano entre los 50,000 ppm (LEL) y 150,000 ppm (UEL).

*Modelos de simulación usados para determinar zonas de riesgo y amortiguamiento en caso de riesgo a la salud ante una fuga de GNC*

En vista de que la NOM-010-STPS-1999 no define límites máximos permisibles para daños a la salud por exposición a gas natural (metano), la determinación del radio potencial de afectación para daños a la salud por exposición a la nube de gas ha sido realizada con ayuda del software ALOHA. Este simulador permite entre otros modelar el comportamiento de la nube de gas, y con base a concentraciones establecidas, determinar sus distancias de ocurrencia. Esto es muy importante pues permite delimitar un área donde se pueda mantener de manera segura el personal con niveles de exposición bajos y que no causen ningún daño.

*Escenarios de ocurrencia de fuga/explosión/incendio*

Con base en el análisis de riesgo realizado anteriormente, el escenario asumido para la ocurrencia de fuga/explosión/incendio consiste básicamente en la DESVIACION (QUE PASA SI) número 10 del subsistema o nódulo RCU, el cual se define como “Si la válvula by pass sigue accionada durante un cambio de contenedor con una presión de 250 bar” lo cual generará una fuga de gas en la tubería dentro de la RCU que va desde la conexión al semirremolque hasta el desfogue de la válvula PSV02.

Escenario	Fuga de gas debido a accionamiento de válvula by pass durante inicio de descarga de semirremolque a 250 bar de presión.	Ø de descarga: 31.75 mm (desfogue válvula PS02) Longitud de Tubería: 7 m
-----------	---	---

*Límites de inflamabilidad/explosividad:*

Para el modelo del SEMARNAT, los límites isopléticos para el análisis fueron:

- Límite Superior de Inflamabilidad/Explosividad (LSE) = 150,000 ppm (15% ).
- Límite Inferior de Inflamabilidad/Explosividad (LIE) = 50,000 ppm (5%).

*Límites de exposición para daños a la salud por fuga de gas natural (metano)*

Consultando la literatura respecto a los límites de daños a la salud por exposición a metano, el Acute Exposure Guidelines Levels (AEGs) de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, no reporta valores de exposición a gas metano, por lo se han empleado los lineamientos que al respecto reporta el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de España, el cual, publica en sus Límites de exposición profesional para agentes químicos en España (2015) que el valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED) para Hidrocarburos alifáticos alcanos (C1 – C4 ) y sus mezclas es de 1000 ppm. Este valor representa la concentración media del agente

químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de ocho horas diarias. Por otra parte, este mismo autor señala que en el caso de exposiciones cortas (hasta un máximo de 30 minutos) a este agente químico, el valor límite de exposición no debe ser mayor a 5 veces el VLD-ED, es decir 5000 ppm.

Con base a este criterio para el modelo ALOHA se establecieron 3 zonas para determinar la concentración de metano: 5000 ppm (VLD-EC), 2500 ppm y 1000 ppm (VLD-ED). La zona correspondiente a 1000 ppm (VLD-ED) se asume como zona de amortiguamiento donde puede refugiarse el personal en caso de ocurrir una fuga.

### *Impactos de ocurrencia de fuga/ explosión / Incendio en las zonas de alto riesgo*

Con base en la zona de alto riesgo, generada por los modelos para la ocurrencia de cualquiera de los eventos (fuga, explosión e incendio en la Estación), se procedió a realizar un análisis de cuantas personas, estructuras e instalaciones podrían resultar afectadas en caso de que efectivamente cualquiera de estos eventos ocurriese. Para ello se hizo un inventario de:

- Cantidad de Personas operando en la Estación (no de manera permanente): 2 personas cada dos días
- Cantidad de Personas que habitan en los alrededores (200 personas que trabajan permanentemente en las industrias adyacentes al predio donde está la estación de descompresión)
- Planta Descompresora RCU 2000

## II.1.2 Resultados

### *Fuga de gas (metano) con daños a la salud por exposición*

A continuación, se presentan los resultados para la determinación del área de riesgo y amortiguamiento por daños a la salud ante una fuga de GNC (metano) empleando el modelo ALOHA.

```

SITE DATA:
Location: TOLUCA, MEXICO
Building Air Exchanges Per Hour: 0.49 (unsheltered single storied)
Time: May 12, 2018 1540 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: METHANE
CAS Number: 74-82-8
Molecular Weight: 16.04 g/mol
PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm
Ambient Boiling Point: -165.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 2.05 meters/second from NE at 3 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 14° C Stability Class: B
No Inversion Height Relative Humidity: 25%

```

**SOURCE STRENGTH:**

Flammable gas escaping from pipe (not burning)  
 Pipe Diameter: 1.25 inches                      Pipe Length: 7 meters  
 Unbroken end of the pipe is closed off  
 Pipe Roughness: smooth                      Hole Area: 1.23 sq in  
 Pipe Press: 246.73 atmospheres              Pipe Temperature: 20° C  
 Release Duration: 1 minute  
 Max Average Sustained Release Rate: 15.2 grams/sec  
 (averaged over a minute or more)  
 Total Amount Released: 909 grams

**THREAT ZONE:**

Model Run: Gaussian  
 Red : less than 10 meters (10.9 yards) --- (5000 ppm)  
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness  
 make dispersion predictions less reliable for short distances.  
 Orange: less than 10 meters (10.9 yards) --- (2500 ppm)  
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness  
 make dispersion predictions less reliable for short distances.  
 Yellow: 13 meters --- (1000 ppm)  
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness  
 make dispersion predictions less reliable for short distances.

**THREAT AT POINT:**

Concentration Estimates at the point:  
 Downwind: 5 meters                      Off Centerline: 5 meters  
 Note: Concentration not drawn because  
 there is no significant concentration at the point selected.

Como puede observarse en dichos resultados, la fuga de gas es relativamente pequeña, unos 909 gramos aproximadamente, debido a que solo se descargaría el gas empacado en la línea que va desde la mesa de descarga hasta el desfogue de la válvula PSV02 (7 m de longitud por 1.25 pulgadas de diámetro). Al abrirse el desfogue de la válvula PSV02 la presión cae aguas abajo el sistema y bloquea la RCU.

Debido a la reducida cantidad de gas fugado, el modelo no permite detectar concentraciones significativas con base a los niveles de exposición indicados (5000 ppm, 2500 ppm y 1000 ppm) y genera un radio general de 13 m como zona de amortiguamiento en caso de fuga. En vista de esta limitante se ha asumido como zona segura o de amortiguamiento (VLA-ED) un radio de 20 m a partir del punto de fuga.

En Anexo 14 Plano de Radios de Afectación por Fuga de gas (metano) con daños a la salud por exposición, se ha ploteado sobre un plano del predio la ubicación de la zona de amortiguamiento. Es recomendable que en caso de un evento, medir las concentraciones de oxígeno en el aire y tratar de mantener el personal en el sitio donde la concentración de oxígeno alcance los valores atmosféricos normales ( 21 % de oxígeno).

*Interacciones de riesgo ante una fuga de Gas*

De acuerdo con los resultados del modelaje, el impacto más grave de una fuga de gas, sería sobre las personas presentes en el predio donde está la RCU, esto es, sobre los operadores y/o personal de inspección rutinaria y mantenimiento (máximo 2 personas).

*Incendio por Fuga de Gas (metano)*

En la siguiente tabla se muestran los resultados considerando la formación de una nube inflamable, haciendo uso del modelo de SEMARNAT.

**NUBE INFLAMABLE****INFORMACION DE LA SUSTANCIA**

<b>Metano</b>	
Peso molecular	[g/gmol] = 16.04
Densidad de gas	[kg/m <sup>3</sup> ] = 0.72
Calor de combustión	[kJ/kg] = 50,049.00
Límite inferior de inflamabilidad [%]	= 5.00
Límite superior de inflamabilidad [%]	= 15.00

**CONDICIONES AMBIENTALES**

Altura sobre el nivel del mar	[m] = 2,579.00
Temperatura ambiente	[K] = 287.00
Presión atmosférica	[kPa] = 75.00
Velocidad del viento	[m/s] = 2.06
Estabilidad atmosférica	= B

**CONDICIONES DE OPERACION**

Temperatura de operación	[K] = 293.15
Presión de operación	[kPa] = 25,000.00

**CONDICIONES DE DESCARGA**

Velocidad de descarga	[kg/s] = 0.02
-----------------------	---------------

**RESULTADOS**

<b>Zona de riesgo entre los límites de inflamabilidad</b>	
Límite Inferior de Inflamabilidad [m]	= 0.52
Límite Superior de Inflamabilidad [m]	= 0.98
Zona de amortiguamiento [m]	> 0.98

De acuerdo con los resultados para nube inflamable modelados con SEMARNAT, se observa que los radios donde la concentración de metano es de entre 50,000 a 150,000 ppm se ubicaría a partir de los 0.52 m y hasta los 1 m de radio, medidos desde el punto de fuga. En el punto de fuga la concentración de metano es muy alta ( $\geq 15\%$ ), por tanto, estequiométricamente las proporciones de metano y oxígeno no serían adecuadas para desarrollar un proceso de inflamabilidad; posteriormente a partir de 1 m la concentración de metano se hace muy baja ( $\leq 5\%$ ), resultando inadecuada para causar un incendio. Por tanto, es muy importante que cualquier elemento que genere puntos de ignición se ubique en un radio superior a 1 m del punto de fuga de gas (concentración menor a 50,000 ppm).

Por otra parte, debido al volumen de gas presente en la tubería ( 0.9 kg) y la presión a la cual está sometido (250 bar), en caso de ocurrir un desfogue, todo este gas sería liberado de manera muy violenta. Sin embargo, al ocurrir un evento de esta magnitud, la presión en la línea cae abruptamente haciendo que la RCU active el transductor de presión cortando el flujo.

Con base a la ocurrencia de un incendio y empleando el software ALOHA®5.4.4 a continuación se presentan los resultados del modelaje para niveles de radiación térmica 5 kw/m<sup>2</sup> y 1.4 kW/m<sup>2</sup> emitidas por dicho evento:

```

SITE DATA:
  Location: TOLUCA, MEXICO
  Building Air Exchanges Per Hour: 0.49 (unsheltered single storied)
  Time: May 12, 2018 1552 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
  Chemical Name: METHANE
  CAS Number: 74-82-8
  Molecular Weight: 16.04 g/mol
  PAC-1: 65000 ppm   PAC-2: 230000 ppm   PAC-3: 400000 ppm
  LEL: 50000 ppm   UEL: 150000 ppm
  Ambient Boiling Point: -165.2° C
  Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
  Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
  Wind: 2.05 meters/second from NE at 3 meters
  Ground Roughness: open country   Cloud Cover: 5 tenths
  Air Temperature: 14° C   Stability Class: B
  No Inversion Height   Relative Humidity: 25%

SOURCE STRENGTH:
  Flammable gas is burning as it escapes from pipe
  Pipe Diameter: 1.25 inches   Pipe Length: 7 meters
  Unbroken end of the pipe is closed off
  Pipe Roughness: smooth   Hole Area: 1.23 sq in
  Pipe Press: 246.73 atmospheres   Pipe Temperature: 20° C
  Flame Length: 2 meters   Burn Duration: 20 seconds
  Burn Rate: 33.3 kilograms/sec
  Total Amount Burned: 909 grams

THREAT ZONE:
  Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
  Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (5.0 kW/(sq m))
  Orange: less than 10 meters(10.9 yards) --- (2.5 kW/(sq m))
  Yellow: less than 10 meters(10.9 yards) --- (1.4 kW/(sq m))

```

De acuerdo con estos resultados, la zona de amortiguamiento debe ubicarse a una distancia superior a los 10 m del incendio. A partir de esta distancia los niveles de radiación térmica emitidos por el incendio son tolerables por cualquier persona. De acuerdo a la literatura revisada el nivel de radiación térmica a nivel del mar de un día de verano es de 1 kW/m<sup>2</sup>.

En conclusión, en caso de ocurrir un incendio, la zona de amortiguamiento debe estar al menos a 20 m del punto de fuga de gas (10 m de radio para ocurrencia de incendio y 10 m adicionales para tolerancia a radiación térmica (1.4 kW/m<sup>2</sup>). En el Anexo 15 Plano de Radios de Afectación por Incendio por Fuga de Gas (Metano), se presenta la delimitación de dicha área.

*Interacciones de riesgo ante un incendio*

De acuerdo a los resultados del modelaje, la ocurrencia de un incendio acontecería en un radio de 10 m del punto de fuga de gas en la Estación, más 10 m adicionales hasta la zona donde las radiaciones térmicas son superiores a 1.4 kw/m<sup>2</sup>. Con base a esta distancia el impacto más grave en caso de un incendio, sería sobre las personas presentes en el predio donde está la RCU, esto es, sobre los operadores y/o personal de inspección rutinaria y mantenimiento (máximo 2 personas) y sobre la propia instalación de descompresión.

*Explosión por Fuga de Gas (metano)*

En la siguiente tabla se muestran los resultados considerando la ocurrencia de una explosión ante la presencia de una fuga de Gas, haciendo uso del modelo de SEMARNAT.

**NUBE EXPLOSIVA****INFORMACION DE LA SUSTANCIA**

Metano		
Peso molecular	[g/gmol]	= 16.04
Densidad de gas	[kg/m <sup>3</sup> ]	= 0.72
Calor de combustión	[kJ/kg]	= 50,049.00
Límite inferior de inflamabilidad	[%]	= 5.00

**CONDICIONES AMBIENTALES**

Altura sobre el nivel del mar	[m]	= 2,579.00
Temperatura ambiente	[K]	= 287.15
Presión atmosférica	[kPa]	= 75.00
Velocidad del viento	[m/s]	= 2.05
Estabilidad atmosférica		= B

**CONDICIONES DE OPERACION**

Temperatura de operación	[K]	= 293.15
Presión de operación	[kPa]	= 25,000.00

**CONDICIONES DE DESCARGA**

Velocidad de descarga	[kg/s]	= 0.02
-----------------------	--------	--------

**RESULTADOS**

Onda de sobrepresión a 0.5 psi	[m]	= 13.77
Onda de sobrepresión a 1.0 psi	[m]	= 9.20

La onda de sobrepresión se determina a partir del centro de la explosión

De acuerdo con estos resultados, la onda expansiva en caso de una explosión por fuga de Gas (metano) tendría un impacto de 1 psi que es equivalente a 0.07 kg/cm<sup>2</sup> en un radio de 9.2 m, es decir a esta distancia el impacto de la onda expansiva puede romper fácilmente vidrios y dejar aturvida y con ciertas molestias y/o daños leves en el sistema auditivo a cualquier persona, que se ubique a esa distancia. A los 14 m, la sobrepresión de la onda se reduciría hasta 0.5 psi que son equivalentes a 0.035 kg/cm<sup>2</sup> que correspondería al área donde el impacto de dicha onda no causa ningún daño. Por tanto, el área de amortiguamiento en caso de explosión debe ubicarse al menos a 20 m a partir del punto de fuga. En el Anexo 16 Plano de Radios de Afectación por explosión por Fuga de Gas (Metano) se muestra la ubicación del área de amortiguamiento y riesgo en caso de explosión.

A continuación, en la tabla siguiente se presenta un resumen de los radios de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento para eventos de fuga de GNC (metano) con daños a la salud, incendio y explosión.

Zona de Riesgo	Daño a la salud		Incendio		Explosión	
	Concentración (ppm)	Radio (m)	Radiación térmica (kw/m <sup>2</sup> )	Radio (m)*	Sobrepresión (psi)	Radio (m)
Alto riesgo	> 5000	≤ 10	5	≤ 10	> 1	≤ 10
Zona de amortiguamiento	< 1000	> 20	1.4	> 20 m	< 0.5	> 20

\* A este radio se le ha adicionado el radio donde efectivamente puede ocurrir un incendio con base a los límites de inflamabilidad del metano (LEL: 50000 ppm y ULEL 150000 ppm)

Tabla 6. Resumen de los radios de las zonas de alto riesgo y amortiguamiento para eventos de fuga de Gas (metano) con daños a la salud, incendio y explosión.

## II.2 Efectos sobre el Sistema Ambiental..

Derivado de la determinación de radios potenciales de afectación previamente descritos, se puede identificar de manera clara los efectos sobre el sistema ambiental por la ocurrencia de Fuga/Explosión/incendio en tubería de 1.25 pulgada con Longitud de 7 m a una presión de operación 250 Bar (límite superior de presión de operación normal) con un diámetro de descarga: 31.75 mm (desfogue).

Una fuga procedente de las tuberías, deriva en el traslado de una masa de gas a través de la atmósfera en forma de una nube limitada geoméricamente 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. La fuga está sometida 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.

De acuerdo al análisis realizado, el volumen de gas que podría emitirse a la atmosfera ante una desviación operacional de la RCU no sobrepasa los 1000 gramos, por lo que puede asumirse que la asimilación de la atmosfera por dilución de este volumen de gas es relativamente rápido y sin consecuencias adversas sobre la calidad del aire en el entorno.

### III. Señalamiento de las medidas de seguridad y preventivas en materia ambiental.

#### III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

El diseño de una instalación nunca puede ser absolutamente seguro, completamente a prueba de errores humanos. La complejidad de las operaciones a llevar a cabo, la variedad de condiciones de trabajo, la adaptación a las condiciones de las materias primas y el siempre posible acontecimiento de un fallo no previsto son factores que hacen de la correcta operación un factor tan importante como el diseño inicial.

No se puede asegurar que una instalación bien diseñada con la mejor tecnología existente no pueda sufrir un accidente grave debido a un fallo de comunicación, a una operación de arranque realizada de manera incorrecta, a un control insuficiente sobre las modificaciones o procedimientos de mantenimientos inadecuados, etc.

Como parte de lo anterior y con el objetivo de mantener el grado de riesgo en niveles de aceptabilidad, como alcance de este documento es necesario el llevar a cabo la aplicación de recomendaciones emitidas ya sea durante la etapa de operación o mantenimiento y con esto poder administrar el nivel de riesgo identificado para la operación de las instalaciones de la estación de descompresión RCU 2000, mismas que se enuncian a continuación:

Etapa	Recomendaciones	Responsable
Construcción.	Asegurar que todos los materiales y equipos a procurar cumplan con los estándares y normas indicadas en este análisis, especialmente las tuberías y sistemas de válvulas dentro de la RCU	Gerencia de Ingeniería de Neomexicana Supervisor de HSE de Neomexicana
Operación	<p>Asegurar que el mantenimiento y reemplazo de todo el sistema de válvulas se realiza según las especificaciones del fabricante, especialmente para los tipos de válvulas PSV (válvula de alivio), ANV (válvula accionada neumáticamente), SV (válvula solenoide - bloqueo) y válvula de corte.</p> <p>Asegurar que todo el personal cumple con las capacitaciones en materia de: operación de la estación de descompresión, manejo de los dispositivos de control en caso de emergencia, control de incendio – uso de extintores, etc.</p> <p>Realizar periódicamente (al mínimo una vez al año) una re-inducción a todo el personal de operación de la estación en materia de: procedimientos operacionales de los, sistemas de emergencia y control de contingencias, control de incendios, entre otros.</p>	Gerencia de operaciones de Neomexicana Supervisor de HSE de Neomexicana

### III.1.1 Sistemas de seguridad.

Además de los sistemas propios de control de la RCU 2000, el presente proyecto contempla la instalación de los siguientes sistemas de seguridad:

- Paros de emergencia (3)
- Sondas detectora de Gas (5).
- Extintores (8).

De acuerdo a las siguientes características.

#### *Paros de emergencia.*

Los paros de emergencia son indispensables para todo el sistema, estos accesorios son a prueba de explosión y tienen que ser golpe de puño para mayor seguridad, estos cumplen con la norma IRAM-IAP-IEC-79 y a fin de contar con un accionamiento de desconexión instantáneo del suministro eléctrico. Se instalarán 3 paros de emergencia, 2 en la RCU y uno en el tablero de control. Estos paros cortarían la energía de las instalaciones en forma manual con solo presionarlos. Cada pulsador tiene grado de protección IP 65 de acuerdo a la norma IEC 529 y DIN 40050. Todo componente debe incluir el código Exd II C., así mismo cumplen con lo indicado en la NOM-010-SECRE-2002.

Los paros serán de tamaño grande, golpe de puño, instalado a 1,50 m de altura respecto del suelo y estarán debidamente identificados.

#### *Sonda detectora de Gas*

La estación cuenta con 5 circuitos derivados. Estos circuitos alimentan a la sirena de gas, a los 3 detectores de gas de la RCU y al detector de gas del sistema de calentamiento.

Se instalarán según lo indicado en los planos con sus respectivos sellos y tubería Conduit a prueba de explosión. Las sondas detectoras de gas son a prueba de explosión, enviando una señal eléctrica proporcional a la concentración de gas en la atmósfera circundante a ellos, las cuales serán recibidas por los indicadores digitales que deben accionar la alarma luminosa y sonora al alcanzar una mezcla de 0,5% en volumen de gas natural en aire.

En caso de detectar una mezcla de 3% se debe activar un sistema de bloqueo, el cual debe interrumpir la energía eléctrica en toda la estación y cerrar los sistemas de alimentación de gas en las mesas de descarga. Estos detectores deben contar con un indicador luminoso y sonoro.

#### *Extintores*

El sistema de protección contra incendio será cumpliendo con los requisitos de la norma NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad – Prevención y protección contra Incendio en los centros de trabajo, y los señalamientos de seguridad serán en cumplimiento con los requisitos de la norma NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

Se dispondrá de los siguientes tipos de extintores:

- 3 extintores de PQS triclase ABC de 12 Kg ubicados en la RCU y tablero de control.
- 2 extintores de PQS triclase ABC de 75 kg ubicados cerca de la RCU y alrededor de los semirremolques.
- 3 extintores de CO<sub>2</sub> de 6 kg ubicados en la RCU – tablero de control – sistema de calentamiento.

#### *Sistemas de válvulas*

Las válvulas deberán ser fabricadas de acuerdo a API 6D, API 607, ASTM A216 WCB, ANSI B16.1 y ANSI B16.5. Las características de las válvulas deberán ser marcadas de acuerdo a la norma técnica MSS SP-25 o equivalente.

#### *Sistema eléctrico:*

La Estación contará con sistema eléctrico a prueba de explosión e iluminación clase 1 división 1 de acuerdo a la norma vigente, así como parada de emergencia, detectores de gases y un interruptor de encendido de luces con las mismas características; la tubería se hará en conduit tipo pesado y contará con pozos a tierra. La instalación eléctrica será cumpliendo con los requisitos de la norma NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas

La ubicación y especificaciones técnicas se desarrollarán de acuerdo a lo especificado en el PLANO GENERAL y en el PLANO DE SEÑALITICA Y EXTINTORES anexos a este Estudio.

### **III.1.2 Medidas preventivas generales**

#### *Documentación*

Debe contar con procedimientos escritos para manejar documentos de ingeniería, entre los que se incluyen planos, croquis, diagramas y especificaciones con su respectivo código de identificación, lista de revisión, aprobación y fechados.

Cualquier construcción adicional o modificación que se requiera hacer, será sólo mediante planos y especificaciones que hayan sido aprobados y controlados mediante procedimientos escritos.

Deberá asegurarse de que las construcciones de sus ampliaciones queden registradas en planos o diagramas “as built”, que consignen todos los cambios o diferencias que se dieran en el proceso de construcción.

#### *Entrenamiento y capacitación del personal:*

A todo el personal que participe en la operación, inspección y mantenimiento de la estación de descompresión deberá tomar de manera obligatoria la siguiente Inducción: generalidades sobre el GNC con base a su hoja de información técnica (PEMEX), fundamentos básicos de seguridad, primeros auxilios, equipo de protección para el trabajo, programa de contingencias y respuesta a emergencia dentro de la estación, procedimientos operacionales, combate de incendios, etc.

Curso básico de protección civil / curso de primeros auxilios / curso de manejo de extintores portátiles. Estos cursos deben ser dictados por personal debidamente autorizado por el Gobierno Municipal de Toluca de Lerdo, como Asesor y/o Capacitador en materia de Protección Civil en las

modalidades de Asesoría y/o Capacitación para la elaboración de Planes de Contingencia de Protección Civil, Programas Internos de Protección Civil y Programas especiales dentro el Municipio Puebla con Número de Registro UOMPC – RAC -038/2016

*Sistema eléctrico:*

La Estación contará con sistema eléctrico a prueba de explosión e iluminación clase 1 división 1 de acuerdo a la norma vigente, así como parada de emergencia, detectores de gases y un interruptor de encendido de luces con las mismas características; la tubería se hará en conduit tipo pesado y contará con pozos a tierra. La instalación eléctrica será cumpliendo con los requisitos de la norma NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas

*Inspección y mantenimiento:*

Se efectuará un monitoreo y seguimiento de acuerdo a la normatividad vigente, a los extintores, instalaciones eléctricas, paros de emergencia, sondas detectoras de gas, sistema de desfogue de exceso de flujo, válvulas neumáticas, de alivio y de corte o bloqueo.

El mantenimiento lo integran actividades como: la revisión ocular de instalaciones del área, medidores-transmisores de presión y temperatura, reemplazo de manómetros, de coplees flexibles, mantenimiento a válvulas (PSV, ANV, SV, de corte, etc.) reemplazo de mangueras, reemplazo de espárragos y empaques en bridas y cambio de aceite en medidores y bombas según el fabricante.

#### **IV. Resumen**

##### **IV.1 Conclusiones del estudio de riesgo ambiental y resumen de la situación general que presenta el proyecto en materia de riesgo ambiental.**

En el presente Análisis se presentaron los fundamentos de la identificación y jerarquización de riesgos del proyecto “Instalación, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión de GNC con capacidad de 2000 m<sup>3</sup>/h” con fundamento en:

- Las propiedades físico-químicas del GNC
- Los diagramas de tubería e instrumentación
- Los diagramas de flujo de proceso y arreglos de equipo
- Las especificaciones técnicas de materiales y equipos con base en la ingeniería de detalle

Se obtuvieron resultados como la identificación de los riesgos potenciales a los que podría enfrentarse durante alguna desviación en el proceso en la vida de operación de la instalación, estos riesgos fueron analizados y jerarquizados por el grupo multidisciplinario de trabajo, por medio de la metodología What if.

Para facilitar la aplicación de esta metodología la Estación ha sido dividida en 4 subsistemas o nodos. Las preguntas respecto a las desviaciones que pudieran ocurrir han sido formuladas para los procesos que ocurren en cada subsistema. La respuesta a cada pregunta se ha evaluado con base a una serie de variables que pudieran ser observadas y/o medidas de manera explícita o al menos implícitamente. Posteriormente a los riesgos determinados se les ha calculado su valor de riesgo ambiental con base a sus valores de frecuencia y severidad de manera semicuantitativa.

De acuerdo al análisis se detectaron 21 desviaciones, 33 causas, 25 consecuencias, 41 salvaguardas y 2 recomendaciones. Del total de desviaciones 19 fueron jerarquizadas como riesgos tolerables, y 2 como Riesgo ALARP (As low as reasonably practicable) por lo que se generaron dos recomendaciones adicionales a las medidas de salvaguarda establecidas en la ingeniería del proyecto. El escenario asumido para la ocurrencia de fuga/explosión/incendio consiste básicamente en la DESVIACION (QUE PASA SI) número 10 del subsistema o nódulo RCU, el cual se define como “Si la válvula by pass sigue accionada durante un cambio de contenedor con una presión de 250 bar” lo cual generará una fuga de gas en la tubería dentro de la RCU que va desde la conexión al semirremolque hasta el desfogue de la válvula PSV02.

De presentarse el escenario descrito la fuga de gas es relativamente pequeña, unos 909 gramos aproximadamente, debido a que solo se descargaría el gas empacado en la línea que va desde la mesa de descarga hasta el desfogue de la válvula PSV02 (7 m de longitud por 1.25 pulgadas de diámetro). Al abrirse el desfogue de la válvula PSV02 la presión cae aguas abajo el sistema y bloquea la RCU.

Debido a la reducida cantidad de gas fugado, el modelo para la determinación de zona de riesgo con daños a la salud por exposición, no permite detectar concentraciones significativas con base a los niveles de exposición indicados (5000 ppm, 2500 ppm y 1000 ppm) y genera un radio general de 13 m como zona de amortiguamiento en caso de fuga. En vista de esta limitante se ha asumido como zona segura o de amortiguamiento (VLA-ED) un radio de 20 m a partir del punto de fuga.

En relación al modelo para la determinación de zona de riesgo de Incendio por Fuga de Gas Metano, los resultados para nube inflamable modelados con SEMARNAT, se observa que los radios donde la concentración de metano es de entre 50,000 a 150,000 ppm se ubicaría a partir de los 0.26 m y hasta los 0.50 m de radio, medidos desde el punto de fuga. En el punto de fuga la concentración de metano es muy alta ( $\geq 15\%$ ), por tanto, estequiométricamente las proporciones de metano y oxígeno no serían adecuadas para desarrollar un proceso de inflamabilidad; posteriormente a partir de 1.0 m la concentración de metano se hace muy baja ( $\leq 5\%$ ), resultando inadecuada para causar un incendio. Por tanto, es muy importante que cualquier elemento que genere puntos de ignición se ubique en un radio superior a 1.0 m del punto de fuga de gas (concentración menor a 50,000 ppm). Ahora con base a la ocurrencia de un incendio y empleando el software ALOHA®5.4.4, la zona de amortiguamiento debe estar al menos a 20 m del punto de fuga de gas (10 m de radio para ocurrencia de incendio y 10 m adicionales para tolerancia a radiación térmica (1.4 kW/m<sup>2</sup>).

Por ultimo en relación para la determinación de zona de riesgo de Explosión por Fuga de Gas (metano), la onda expansiva en caso de una explosión por fuga de Gas (metano) tendría un impacto de 1 psi que es equivalente a 0.07 kg/cm<sup>2</sup> en un radio de 9.2 m, es decir a esta distancia el impacto de la onda expansiva puede romper fácilmente vidrios y dejar aturdida y con ciertas molestias y/o daños leves en el sistema auditivo a cualquier persona, que se ubique a esa distancia. A los 14 m, la sobrepresión de la onda se reduciría hasta 0.5 psi que son equivalentes a 0.035 kg/cm<sup>2</sup> que correspondería al área donde el impacto de dicha onda no causa ningún daño. Por tanto, el área de amortiguamiento en caso de explosión debe ubicarse al menos a 20 m a partir del punto de fuga.

Es importante señalar que una fuga procedente de las tuberías, 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. La fuga está sometida 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.

Por lo que de acuerdo al análisis realizado, el volumen de gas que podría emitirse a la atmosfera ante una desviación operacional de la RCU no sobrepasa los 1000 gramos, por lo que puede asumirse que la asimilación de la atmosfera por dilución de este volumen de gas es relativamente rápido y sin consecuencias adversas sobre la calidad del aire en el entorno.

Con el objetivo de mantener el grado de riesgo en niveles de aceptabilidad, como alcance de este documento es necesario el llevar a cabo la aplicación de las recomendaciones emitidas ya sea durante la etapa de operación o mantenimiento y con esto poder administrar el nivel de riesgo identificado para la operación de las instalaciones de la estación de descompresión RCU 2000. Lo anterior a pesar de que la RCU 2000, cuenta con sistemas propios de control y que además se instalaran paros de emergencia, sondas detectoras de gas y extintores; y de que se ejecuten las medidas preventivas generales detalladas .

## IV.2 Informe Técnico.



*Criterios Utilizados para la Estimación De Consecuencias.*

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)	No. CAS	Densidad Relativa al aire	Flujo (Sm <sup>3</sup> /h)	Longitud (Km)	Diámetro de la tubería (plg)	Presión (kg/m <sup>2</sup> )		Espesor (mm)	Descripción de la Trayectoria
						Operación	Diseño		
Gas Natural (Metano)	74-82-8	0.61	1700	0.007	1.25"	203.94	203.94	6.35	NE

*Antecedentes de Accidentes e Incidentes.*

Año	Ciudad o País	Instalación	Sustancias involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
2012	San Miguel Xoxtla.	Contenedores con Cilindros de GNC	Gas Natura	Estallido y Incendio	Falla en sistema de carga de tanques para transporte.	Emisión de partículas derivadas de la combustión de los contenedores.	Cierre de Válvulas de control, Extinción de Incendio, Evacuación y ventilación.

*Identificación y jerarquización de riesgos ambientales.*

No. de Falla	No. de Evento	Falla	Accidente hipotético				Ubicación Unidad o equipo de proceso	Metodología empleada para la id. de riesgo	Componente Ambiental Afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
1	1	La válvula by pass sigue accionada durante un cambio de contenedor con una presión de 250 bar, lo cual generará una fuga de gas en la tubería dentro de la RCU que va desde la conexión al semirremolque hasta el desfogue de la válvula PSV02. Ø de descarga: 25.4 mm (desfogue válvula PS02) Longitud de Tubería: 6 m	x				Estación de Descompresión RCU 2000	WHAT IF	Calidad del Aire
1	2	La válvula by pass sigue accionada durante un			x		Estación de Descompresión RCU 2000	WHAT IF	Calidad del Aire y Paisaje

No. de Falla	No. de Evento	Falla	Accidente hipotético				Ubicación	Metodología empleada para la id. de riesgo	Componente Ambiental Afectado
			Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			
		cambio de contenedor con una presión de 250 bar, lo cual generará una fuga de gas en la tubería dentro de la RCU que va desde la conexión al semirremolque hasta el desfogue de la válvula PSV02. Ø de descarga: 25.4 mm (desfogue válvula PS02) Longitud de Tubería: 6 m							(Inmuebles cercanos)
1	3	La válvula by pass sigue accionada durante un cambio de contenedor con una presión de 250 bar, lo cual generará una fuga de gas en la tubería dentro de la RCU que va desde la conexión al semirremolque hasta el desfogue de la válvula PSV02. Ø de descarga: 25.4 mm (desfogue válvula PS02) Longitud de Tubería: 6 m				x	Estación de Descompresión RCU 2000	WHAT IF	Calidad del Aire y Paisaje (Inmuebles cercanos)

*Estimación de Consecuencias.*

No. De Falla	No. De Evento	Tipo de Liberación		Cantidad hipotética liberada		Estado Físico	Efectos Potenciales					Programa de Simulación Empleado	Zona	
		Masiva	Continua	Cantidad	Unidad		C	G	S	R	N		Alto Riesgo Distancia (m)	Amortiguamiento Distancia (m)
1	1	x		0.9096	kg	Gaseoso	x					ALOHA®5.4.3	≤ 10	> 20

No. De Falla	No. De Evento	Tipo de Liberación		Cantidad hipotética liberada		Estado Físico	Efectos Potenciales					Programa de Simulación Empleado	Zona	
		Masiva	Continua	Cantidad	Unidad		C	G	S	R	N		Alto Riesgo Distancia (m)	Amortiguamiento Distancia (m)
1	2	x		0.909	kg	Gaseoso	x					SEMARNAT SISTEMA DE AYUDA para la Evaluación de Consecuencias/ ALOHA®5.4.4	≤ 10	> 20
1	3	x		0.909	kg	Gaseoso	x					SEMARNAT SISTEMA DE AYUDA para la Evaluación de Consecuencias/ ALOHA®5.4.5	≤ 10	> 20

*Criterios Utilizados para la Estimación De Consecuencias.*

No. De Falla	No. De Evento	Toxicidad						Explosividad		Radiación Térmica	
		IDHL	TLV <sub>8</sub>	TLV <sub>15</sub>	Velocidad del Viento (m/s)	Estabilidad Atmosférica	Otros (ppm)	Amortiguamiento	Alto Riesgo	Amortiguamiento	Alto Riesgo
1	1	-	-	-	1.6	A	< 1000, > 5000.	-	-	-	-
1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1.4 KW/m <sup>2</sup>	5 KW/m <sup>2</sup>
1	3	-	-	-	-	-	-	<0.5 psi	> 1.0 psi	-	-

V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.

V.1.1 Planos de localización

*Anexo 1. Croquis de localización.*

*Anexo 14 Plano de Radios de Afectación por Fuga de gas (metano) con daños a la salud por exposición.*

*Anexo 15 Plano de Radios de Afectación por Incendio por Fuga de Gas (Metano)*

*Anexo 16 Plano de Radios de Afectación por explosión por Fuga de Gas (Metano)*

V.2 Otros Anexos.

a). Documentos Legales.

*Anexo 17. Acta Constitutiva de la Empresa.*

**c) Memorias descriptivas de la (s) metodología(s) utilizada(s).**

*Anexo 21. Hojas de Trabajo para identificación de peligros y evaluación de riesgos.*

En las Tablas que se muestran a continuación se presenta la evaluación de cada una de las preguntas formuladas de acuerdo al cuestionario WHAT IF en cada subsistema de la Estación de Descompresión, para determinar los riesgos y su valor asociado. Esta información corresponde a los resultados obtenidos de las sesiones de trabajo del grupo multidisciplinario de trabajo para la identificación de riesgos referente al proyecto.

El personal involucrado en el Análisis de Riesgos, se reunió en una sesión de trabajo que se celebró el día 2 de Mayo de 2018, en las instalaciones de Neomexicana en San Miguel Xoxtla. La lista de personal asistente a dichas sesiones fue el siguiente:

Nombre	Cargo	Área
Ing. Rubén Barrientos Beltrán	Supervisor de Operaciones Neomexicana	Operaciones Neomexicana
Ing. Alejandra González Pérez.	Responsable y facilitador de Elaboración del Análisis de Riesgos	Análisis de riesgo
Ing. Luis Idelso Mora Mora	Asesor análisis de riesgos	Análisis de riesgo

La nomenclatura empleada en las hojas de trabajo es la siguiente:

- P: Probabilidad
- DP: Daño al personal y a la población
- IA: Impacto Ambiental;
- DI: Pérdida de producción y/o daño a la Instalación
- DT: Daños a estructuras y/o bienes fuera del predio
- MR: Magnitud de Riesgo.
- $\geq 8$ : Riesgo Intolerable
- $\geq 4 < 8$ : Riesgo ALARP
- $< 4$ : Riesgo Tolerable

Subsistema: unidad de trasvase (cilindros de GNC en semirremolque)																
Desviación (que pasa si)	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	P	DP	MR	P	IA	MR	P	DI	MR	P	DT	MR	Recomendación
1. Colisión con estructura al momento de estacionar semirremolque que porta los cilindros de GNC	1. Maniobra errada del operador del vehículo que transporta los cilindros de GNC en el semirremolque, al momento de estacionarlo	1. Daños a estructuras	1. Los cilindros vienen contenidos o soportados por una estructura (marco) de metal reforzado, que evita cualquier golpe.	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	
			2. Radios de giro adecuados de acuerdo al tamaño de la unidad de transporte (ver plano general)													
2. Ruptura o deformación en el o-ring o empaque de conexión	1. Deterioro del equipo	1. Fuga de gas en conexiones del contenedor (cilindros en remolque)  2. Parada de emergencia de RCU	1. Activación de alarmas de concentración de GNC por sondas detectoras con base a su concentración (ver Filosofía de Sistema de Seguridad de la Estación de Descompresión). Si la concentración de gas está dentro de los límites de inflamabilidad se dispara la válvula SV de la mesa que	1	2	2	1	1	1	1	3	3	1	1	1	

Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgos

Instalación, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión de GNC con capacidad de 2000 m3/h

			esta descargando en ese momento y se bloquea la descarga													
			2. Plan de mantenimiento para la inspección y revisión del contenedor													
3. Si la presión en el contenedor es menor a 15 Bar	1. El semirremolque no se llenó completamente – error en el llenado	1.Si el set point de recepción de carga está por debajo de 15 bar la RCU no lo descarga.	1. El transmisor de presión de la mesa de descarga se activa al detectar valores de presión por debajo de 15 bar y bloquea el sistema. El sistema pasa a descargar el siguiente semirremolque ( ver Filosofía de Sistema de Seguridad de la Estación de Descompresión)	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1		

Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgos

Instalación, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión de GNC con capacidad de 2000 m3/h

Subsistema: RCU																
Desviación (que pasa si)	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	P	DP	MR	P	IA	MR	P	DI	MR	P	DT	MR	Recomendación
1. El transmisor de temperatura a la entrada de la primera fase de descompresión no funciona	1. Falso contacto en el transmisor 2. Que la hermeticidad del transmisor falle	1. Se genera alarma preventiva de defecto en transmisor. El gas figue fluyendo hacia la primera fase o etapa de descompresión	1. Los transmisores son conectados en un circuito cerrado, y si hay un defecto, el sistema envía una alarma vía SCADA. 2. Plan rutinario de inspección	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2. El transmisor de presión a la entrada de la primera fase de descompresión no funciona o falla	1.Falso contacto en el transmisor 2. Que la hermeticidad del transmisor falle	1.Bloqueo completo de la RCU	1. Los transmisores son conectados en un circuito cerrado, y si genera un defecto envía una alarma vía SCADA y se bloquea la RCU 2. Plan rutinario de inspección	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	
3. La válvula PSV01 no sella	1.Desgaste interno de la Válvula	1.Se genera una fuga de gas, cuya magnitud depende	1. Si la fuga de gas en la válvula dañada es muy	1	1	1	1	3	3	1	3	3	1	2	1	

Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgos

Instalación, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión de GNC con capacidad de 2000 m3/h

completamente el flujo de gas		del nivel de desgaste de la válvula PSV	grande, la instrumentación de la RCU detectará baja presión aguas abajo del sistema, bloqueando todo el equipo.  2. Programa rutinario de inspección													
4.El transmisor de temperatura a la entrada de la segunda fase de descompresión no funciona	1. Falso contacto en el transmisor  2. Que la hermeticidad del transmisor falle	1. Se genera alarma preventiva de defecto en transmisor. El gas figue fluyendo hacia la segunda etapa de descompresión	1. Los transmisores son conectados en un circuito cerrado, y si se genera un defecto envía una alarma vía SCADA.  2. Programa rutinario de inspección	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5. El transmisor de presión a la entrada de la primera fase de descompresión no funciona o falla	1.Falso contacto en el transmisor  2.Que la hermeticidad del transmisor falle	1.Bloque completo de la RCU	1.Los transmisores son conectados en un circuito cerrado, y si genera un defecto envía una alarma vía SCADA y se bloquea la RCU	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1		

Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgos

Instalación, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión de GNC con capacidad de 2000 m3/h

			2. Programa rutinario de inspección													
6. La válvula PSV02 no sella completamente el flujo de gas	1. Desgaste interno de la válvula	1. Se genera una fuga, cuya magnitud depende del nivel de desgaste de la válvula PSV	1. Si la fuga de gas en la válvula dañada es muy grande, la instrumentación de la RCU detectara baja presión aguas abajo del sistema, bloqueando todo el equipo.  2. Programa rutinario de inspección	1	2	2	2	2	4	2	2	4	2	1	2	1 Cada vez se conecta un semirremolque o contenedor para la descarga de gas, el operador debe asegurarse que la presión de suministro de aire comprimido al sistema de válvulas PSV es adecuada. En caso contrario debe reportarlo y parar temporalmente la descarga del contenedor. También debe verificar energía eléctrica en el sistema neumático
7. El transmisor de temperatura a la salida de la 2da fase de descompresión no funciona	1. Falso contacto en el transmisor  2. Que la hermeticidad del transmisor falle	1. Baja temperatura del gas a la salida lo que ocasionaría bloqueo de la RCU y corte del suministro de gas	1. Se genera alarma de baja temperatura por parte del PLC y bloquea el equipo	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	

Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgos

Instalación, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión de GNC con capacidad de 2000 m3/h

<p>8. El transmisor de presión a la salida 2da fase de descompresión no funciona o falla</p>	<p>1. Falso contacto en el transmisor 2. Que la hermeticidad del transmisor falle</p>	<p>1. Bloque completo de la RCU</p>	<p>1. Los transmisores son conectados en un circuito cerrado, y si se genera un defecto, el sistema envía una alarma vida SCADA y se bloquea la RCU  2. Programa rutinario de inspección</p>	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	
<p>9. La válvula PSV03 no sella completamente el flujo de gas</p>	<p>1. Desgaste interno de la válvula</p>	<p>1. Se genera una fuga, cuya magnitud depende del nivel de desgaste de la válvula PSV03</p>	<p>1. Si la fuga de gas en la válvula dañada es muy grande, la instrumentación de la RCU detectará baja presión aguas abajo del sistema, bloqueando todo el equipo.  2. Programa rutinario de inspección</p>	1	1	1	1	3	3	1	3	3	1	2	1	
<p>10. Si la válvula by pass sigue</p>	<p>1. Que la electroválvula falle</p>	<p>1. Apertura de válvula PSV02 y</p>	<p>1. Revisión rutinaria del</p>	2	2	4	2	3	6	2	3	6	2	2	4	1 Cada vez se conecta un

Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgos

Instalación, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión de GNC con capacidad de 2000 m3/h

accionada durante un cambio de contenedor con una presión de 250 bar	2. Que el transmisor de presión falle (al comienzo de la descompresión)	consecuente Fuga de gas	equipo: inspección de electroválvulas e instrumentación, revisión de filtros de aire  2. Plan de Mantenimiento													semirremolque o contenedor para la descarga de gas, el operador debe asegurarse que la presión de suministro de aire comprimido a la válvula by pass es adecuada. En caso contrario debe reportarlo y parar temporalmente la descarga del contenedor. También debe verificar energía eléctrica en el sistema neumático
11. Sobrepresión en la entrada de la primera fase de descompresión (más de 275 bar)	1. Sobrepresión en los contenedores  2. Falla en el transmisor de presión que esta junto a la válvula PSV01	1. Desfogue de gas – válvula PSV01  2. Bloqueo RCU	1. Se activa la válvula de alivio PSV01 hasta regular la presión en el sistema  2. En caso que esta válvula falle, la válvula neumática ANV01/01 al detectar la sobrepresión cambia al	1	1	1	1	3	3	1	2	2	1	1	1	

Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgos

Instalación, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión de GNC con capacidad de 2000 m3/h

			<p>sistema de respaldo de descompresión de la primera etapa (backup). Si este detecta la sobrepresión (válvula ANV01/02) bloquea por completo la RCU</p> <p>3.. Programa rutinario de inspección</p>													
12. Sobrepresión en la entrada de la segunda fase de descompresión (más de 110 bar)	<p>1. Falla en la válvula neumática ANV01/ 03 que están en la salida de la primera etapa de descompresión</p> <p>2. Falla en el transmisor de presión que esta junto a la válvula PSV02 (al comienzo de la segunda etapa de descompresión)</p>	<p>1. Desfogue de gas – válvula PSV02</p> <p>2. Bloqueo RCU</p>	<p>1. Se activa la válvula de alivio PSV02 hasta regular la presión en el sistema</p> <p>En caso que esta válvula falle, la válvula neumática ANV02/02 al detectar la sobrepresión cambia al sistema de respaldo de descompresión de la segunda etapa (backup). Si este detecta la</p>	1	1	1	1	3	3	1	2	2	1	1	1	

Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgos

Instalación, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión de GNC con capacidad de 2000 m3/h

			sobrepresión bloquea por completo la RCU  3.. Programa rutinario de inspección													
13. Sobrepresión en la salida de la RCU (más de 10 bar)	1.Falla en la válvula neumática ANV02/03 a la salida de la segunda etapa de descompresión  2. Falla en el transmisor de presión que esta junto a la válvula PSV03 (al final de la segunda etapa de descompresión)	1. Desfogue de gas – Válvula PSV03  2. Bloqueo RCU	1. Se activa la válvula de alivio PSV03 hasta regular la presión en el sistema  2. En caso que esta válvula falle, la tubería que va de la RCU hasta el patín de medición tiene una válvula de corte antes del patín, la cual se activa bloqueando el flujo de gas.  3.. Programa rutinario de inspección	1	1	1	1	3	3	1	2	2	1	1	1	
14. El actuador neumático de la primera etapa de descompresión falla	1. Falla en electroválvula	1.Cambio de línea de regulación a backup (primera etapa de descompresión)	1. Se activa el backup de descompresión de la primera etapa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgos

Instalación, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión de GNC con capacidad de 2000 m3/h

15. El actuador neumático de la segunda etapa de descompresión falla	1. Falla en electroválvula	1.Cambio de línea de regulación a backup (segunda etapa de descompresión)	1. Se activa el backup de descompresión de la segunda etapa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
--	----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--

Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgos

Instalación, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión de GNC con capacidad de 2000 m3/h

Subsistema: Red Interna																
Desviación (que pasa si)	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	P	DP	MR	P	IA	MR	P	DI	MR	P	DT	MR	Recomendación
1. Sobrepresión en la red interna	<p>1. Falla en la válvula neumática ANV 02/03 a la salida de la segunda etapa de descompresión</p> <p>2. Falla en la válvula PSV03 ubicada a la salida de la segunda etapa de descompresión</p> <p>3. Falla en el transmisor de presión junto a la válvula PSV03</p>	1. Se genera una sobrepresión en la línea del patín de medición, la cual puede dañar dicho patín y los equipos de las empresas a las que se le suministra gas, en el Parque Industrial Toluca 2000 AC.	<p>1. Se activa la válvula de corte ubicada en el patín de medición</p> <p>2. Programa rutinario de inspección</p>	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	
2. Hay una fuga de gas en las uniones roçadas – específicamente en las conexiones al patín de medición	1. fallas diversas en las uniones roçadas debido a desgaste de los materiales por uso	1. Fuga de gas en las conexiones del patín a la tubería	<p>1. El patín de medición tiene un transmisor de flujo y presión. Si hay una fuga ese transmisor envía una señal al sistema por baja presión y activan la válvula de corte del patín de medición</p> <p>2. Se activan las alarmas de</p>	2	1	2	3	1	3	2	1	2	1	1	1	

Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgos

Instalación, Operación y Mantenimiento de la Estación de Descompresión de GNC con capacidad de 2000 m3/h

			<p>concentración de Gas por sondas detectoras ubicadas en la RCU y bloquean la RCU</p> <p>Estas sondas envían una señal proporcional a la concentración de Gas existente en la atmósfera circundante, las cuales serán recibidas por los indicadores digitales que están calibrados en 3 niveles de alarma: 10 % del límite inferior de explosividad(LIE) : pre-alarma; 20% LIE: alarma y 100% LIE.</p> <p>3.Plan rutinario de inspección de red interna</p>												
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Subsistema: Sistema de Calentamiento																
Desviación (que pasa si)	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	P	DP	MR	P	IA	MR	P	DI	MR	P	DT	MR	Recomendación
1. Desgaste en la línea de suministro de gas a la caldera (esta línea es de 1 pulgada y a 1.5 bar)	1. Corrosión por factores del clima	1. Posible fuga en la línea de suministro de gas a la caldera (esta línea es de 1 pulgada y a 1.5 bar)	1. Sonda detectora de metano ubicada arriba de la caldera  2. La caldera está contenida dentro de un módulo cerrado	1	1	1	1	3	3	1	2	2	1	1	1	

**d) Memoria técnica de la(s) modelación(es).**

La determinación del radio potencial de afectación fue determinada para los siguientes casos:

- Fuga de GNC con daños a la salud por exposición a dicho gas (metano).
- Ocurrencia de Incendio con niveles de radiación térmica de 5 kW /m<sup>2</sup> y 1.4 kW/m<sup>2</sup>
- Ocurrencia de explosión considerando la sobrepresión a 1.0 psi y 0.5 psi

*Modelos de simulación usados para determinar zonas de riesgo y amortiguamiento en caso de incendio y explosión*

La determinación del radio potencial de afectación considerando los eventos de explosión e incendio, se ha realizado aplicando el modelo de Sistema de Ayuda Evaluación de Consecuencias para la elaboración de un estudio de riesgo ambiental, desarrollado por la SEMARNAT. Adicionalmente, en el caso de que efectivamente ocurra un incendio, se ha usado el simulador ALOHA desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, para determinar las distancias a las cuales ocurren radiaciones térmicas equivalentes a 5 kW /m<sup>2</sup> y 1.4 kW/m<sup>2</sup> a partir de la zona de ocurrencia del incendio, delimitada por concentraciones de metano entre los 50,000 ppm (LEL) y 150,000 ppm (UEL).

*Modelos de simulación usados para determinar zonas de riesgo y amortiguamiento en caso de fuga a la salud ante una fuga de GNC*

En vista de que la NOM-010-STPS-1999 no define límites máximos permisibles para daños a la salud por exposición a gas natural (metano), la determinación del radio potencial de afectación para daños a la salud por exposición a la nube de gas ha sido realizada con ayuda del software ALOHA. Este simulador permite entre otros modelar el comportamiento de la nube de gas, y con base a concentraciones establecidas, determinar sus distancias de ocurrencia. Esto es muy importante pues permite delimitar un área donde se pueda mantener de manera segura el personal con niveles de exposición bajos y que no causen ningún daño.

*Escenarios de ocurrencia de fuga/explosión/incendio*

Con base en el análisis de riesgo realizado, el escenario asumido para la ocurrencia de fuga/explosión/incendio consiste básicamente en la DESVIACIÓN (QUE PASA SI) número 10 del subsistema o nódulo RCU, el cual se define como “Si la válvula by pass sigue accionada durante un cambio de contenedor con una presión de 250 bar” lo cual generará una fuga de gas en la tubería dentro de la RCU que va desde la conexión al semirremolque hasta el desfogue de la válvula PSV02.

Escenario	Fuga de gas debido a accionamiento de válvula by pass durante inicio de descarga de semirremolque a 250 bar de presión.	Ø de descarga: 31.75 mm (desfogue válvula PS02) Longitud de Tubería: 7 m
-----------	---	---

*Límites de inflamabilidad/explosividad*

Para el modelo del SEMARNAT, los límites isopléticos para el análisis fueron:

- Límite Superior de Inflamabilidad/Explosividad (LSE) = 150,000 ppm (15%).
- Límite Inferior de Inflamabilidad/Explosividad (LIE) = 50,000 ppm (5%).

*Límites de exposición para daños a la salud por fuga de gas natural (metano)*

Consultando la literatura respecto a los límites de daños a la salud por exposición a metano, el Acute Exposure Guidelines Levels (AEGs) de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, no reporta valores de exposición a gas metano, por lo se han empleado los lineamientos que al respecto reporta el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de España, el cual, publica en sus Límites de exposición profesional para agentes químicos en España (2015) que el valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED) para Hidrocarburos alifáticos alcanos (C1 – C4) y sus mezclas es de 1000 ppm. Este valor representa la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de ocho horas diarias. Por otra parte, este mismo autor señala que en el caso de exposiciones cortas (hasta un máximo de 30 minutos) a este agente químico, el valor límite de exposición no debe ser mayor a 5 veces el VLD-ED, es decir 5000 ppm.

Con base a este criterio para el modelo AOLHA se establecieron 3 zonas para determinar la concentración de metano: 5000 ppm (VLD-EC), 2500 ppm y 1000 ppm (VLD-ED). La zona correspondiente a 1000 ppm (VLD-ED) se asume como zona de amortiguamiento donde puede refugiarse el personal en caso de ocurrir una fuga.

*Impactos de ocurrencia de fuga/ explosión / Incendio en las zonas de alto riesgo*

Con base en la zona de alto riesgo, generada por los modelos para la ocurrencia de cualquiera de los eventos (fuga, explosión e incendio en la Estación), se procedió a realizar un análisis de cuantas personas, estructuras e instalaciones podrían resultar afectadas en caso de que efectivamente cualquiera de estos eventos ocurriesen. Para ello se hizo un inventario de:

- Cantidad de Personas operando en la Estación (no de manera permanente): 2 personas cada dos días
- Cantidad de Personas que habitan en los alrededores (200 personas que trabajan permanentemente en las industrias adyacentes al predio donde está la estación de descompresión)
- Planta Descompresora RCU 2000

e) Memoria técnico descriptiva y justificativa del proyecto civil, mecánico, eléctrico, y sistema contra incendio.

Planos y memorias de cálculo para el desarrollo del Proyecto.

Para el desarrollo de la Instalación se presentan los siguientes planos:

*Anexo 2. Plano Parque Industrial Toluca 2000-Obra Civil*

*Anexo 3. Plano Obra Red Interna Parque Toluca 2000.*

*Anexo 4. Anteproyecto Asociación de Propietarios del Parque Industrial Toluca 2000 AC.*



**PROYECTO:**  
**ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DEL**  
**PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000 A.C.**  
**(ANTEPROYECTO)**

**Sistema de descompresión de Gas Natural.**  
**NEOmexicana de GNC S.A.P.I de C.V.**

**Para:**

**ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DEL PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000 A.C.**

**Carretera Toluca-Naucalpan km. 52.8, Parque Industrial, Toluca de Lerdo,**  
**Méx. C.P. 50233.**

**Elaboró:**

**Aprobó:**

**Aurelio Lopez**

**Carlos Gouvea**

**Ingeniero de Proyectos**

**Gerente de Ingeniería**

## Ubicación del Sistema de Descompresión y Distribución de Gas Natural

### Referencia Latitud Longitud

ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DEL PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000 A.C.  
(Latitud: 19.371928, Longitud: -99.572767)

# Sistema de Descompresión PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000

## Sistema de Descompresión y Transporte de Gas Natural.

### Sección en la Descompresión.

#### FASE I

El cual estará comprendido por una Unidad de Control y Reducción (R.C.U.) la cual recibirá Gas Natural transportado en dos contenedores cada uno con capacidades a una presión de 250Bar (3,625.94 psi) Dentro de la R.C.U., sin embargo en la planta solo se tendrá un camión descargando y el segundo en espera, de ahí se transportará el gas comprimido en una Manguera flexible fija de 1" x 5 a 9 mts, a la entrada de la Descompresión y recorrerá un trayecto a través de un sistema de filtración, sistema de intercambio de calor y dos etapas de reducción, todo esto en el tren principal .(Figura 1).

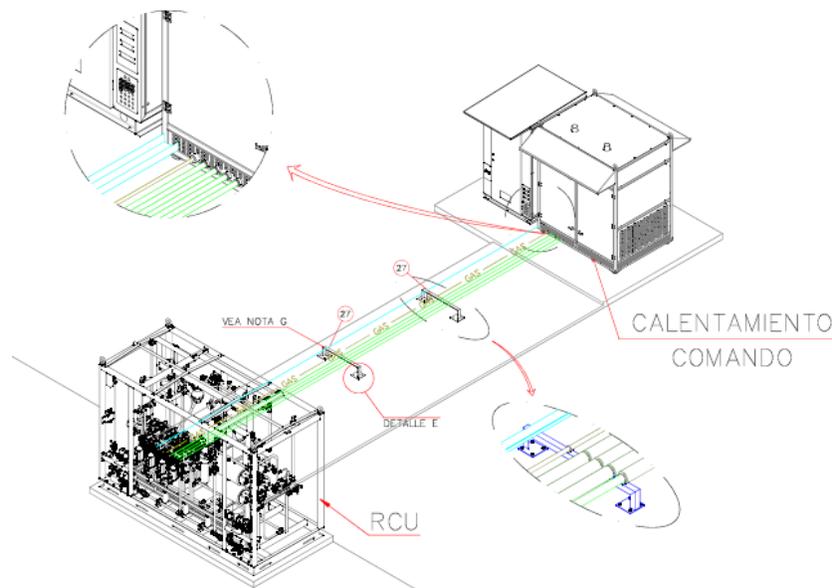


Figura 1. Estación de Descompresión (RCU 1000)

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN RCU 1000 ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DEL PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000 A.C.

efecto y mantener la temperatura requerida del gas en la salida del sistema de descompresión, la RCU posee un sistema de calentamiento de gas. Este sistema consiste en 01 calentador, que calienta a agua y a través de un sistema de bombas, fuerza la circulación de agua caliente por intercambiadores de calor situados dentro de la RCU. En los intercambiadores de calor ocurre el cambio de calor entre el agua caliente y el gas.

Todo el sistema es controlado y monitoreado por un sistema de automatización (CLP). En algunos puntos estratégicos, la central lógica, lee informaciones de temperatura, presión, del gas y del agua, y también la temperatura local. La información más importante es la temperatura de salida del gas de la RCU. Otro elemento que es parte del sistema de seguridad, es el sensor de gas, que se activa si la concentración de gas es superior al límite especificado.

Toda la operación del sistema de descompresión de GNC también puede ser monitoreada y controlada por acceso remoto en Internet, a través de NEOsat, si es contratado por el cliente. Esto significa más seguridad y agilidad en los casos de mantenimiento.

La RCU posee los siguientes equipos de apoyo que garantizan el proceso de descompresión de GNC: mesas de descompresión integrada, sistema de calentamiento de agua y tablero de control. La Figura 2 muestra la RCU con mesas integradas en el sistema, y el filtro interno.

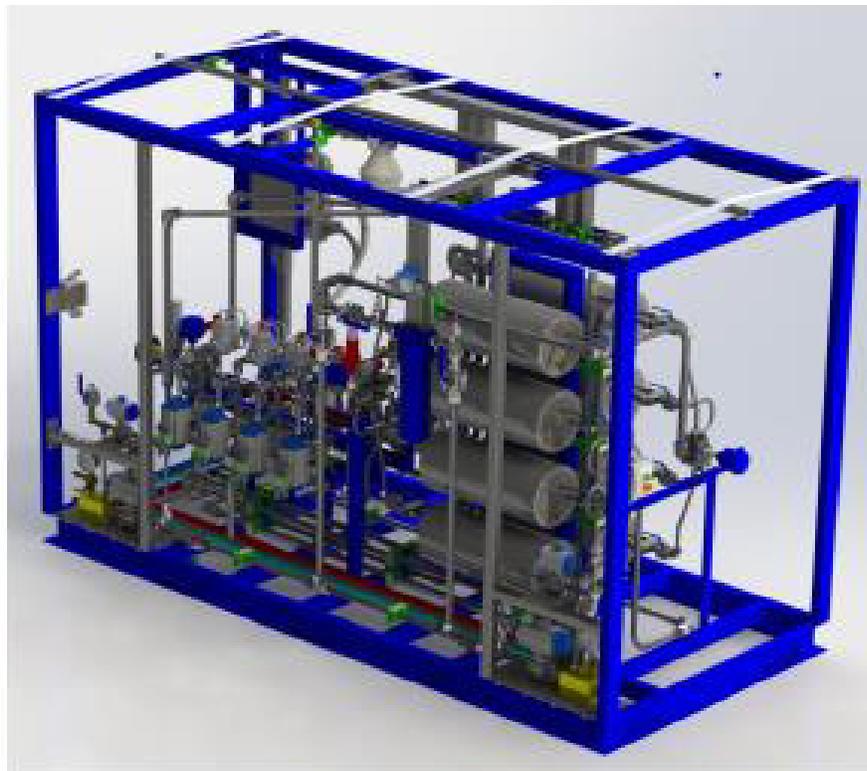


Figura 2. RCU 1000

## FASE II

El cual estará comprendido por una Unidad de Control y Reducción (R.C.U. 2000) la cual recibirá Gas Natural transportado en tres contenedores cada uno con capacidades a una presión de 250Bar (3,625.94 psi) Dentro de la R.C.U., sin embargo en la planta solo se tendrá dos camiones descargando y el tercero en espera, de ahí se transportará el gas comprimido en una Manguera flexible fija de 1" x 5 a 9 mts, a la entrada de la Descompresión y recorrerá un trayecto a través de un sistema de filtración, sistema de intercambio de calor y dos etapas de reducción, todo esto en el tren principal (Figura 3).

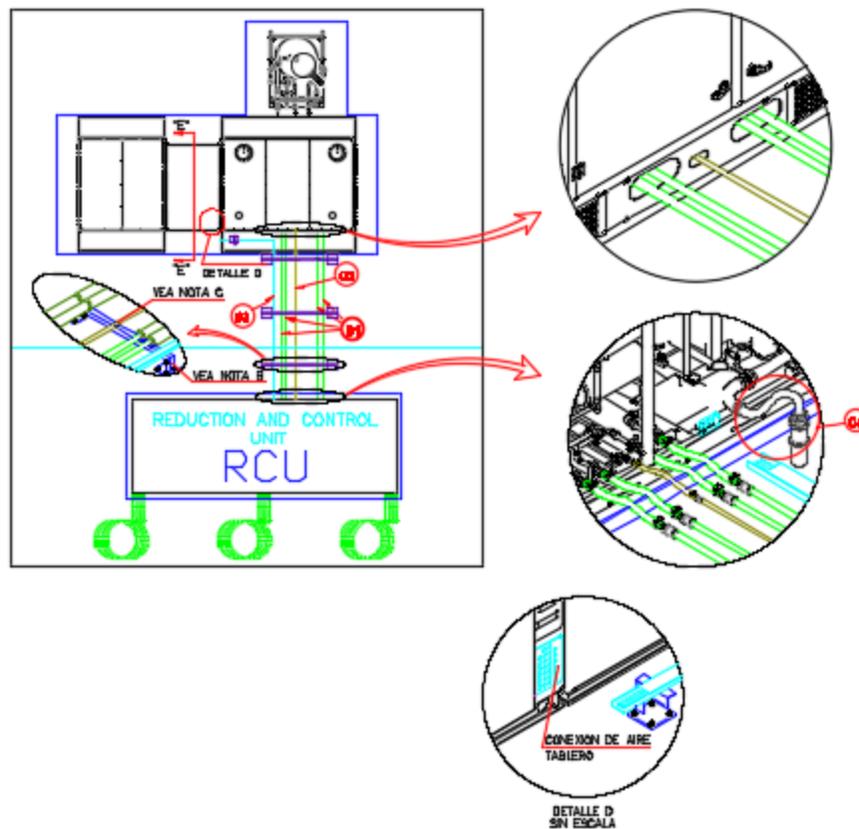


Figura 3. Estación de Descompresión (RCU 2000)

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN RCU 2000 ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DEL PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000 A.C.

La alimentación de la estación de descompresión es realizada a través de vehículos que transportan GNC hasta 250 bares. Estos vehículos son conectados al Sistema de Descompresión, el cual realiza la reducción de presión hasta 4 bares a partir de ese punto, el gas natural es transferido a la estación de medición del cliente. La Figura 1 ilustra un diagrama simplificado de la estación. El diagrama detallado de la RCU puede verse en el Anexo 9.

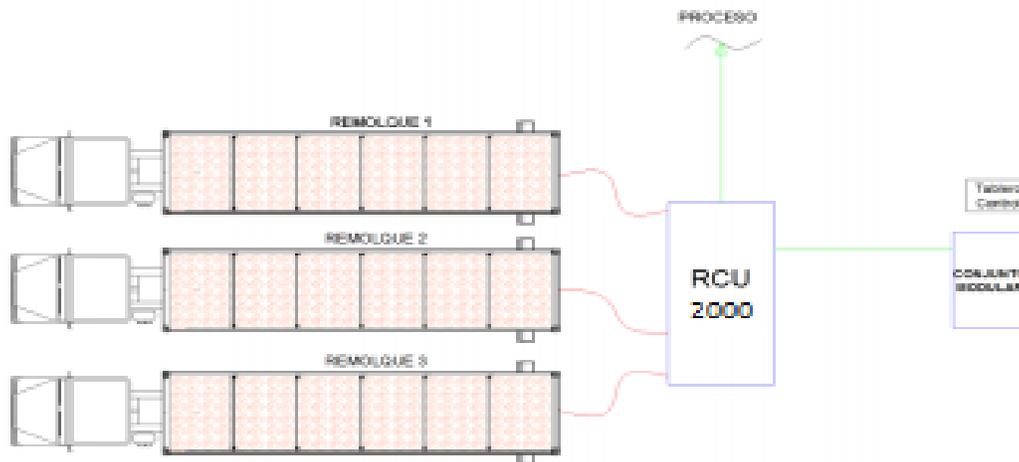


Figura 1. Diagrama Simplificado de la Estación de Descompresión

El proceso de suministro de gas se inicia cuando un contenedor es conectado en una mesa de descompresión. Siempre habrá una mesa de descompresión en operación y otra en modo *stand-by*. El rango de presión de trabajo que los contenedores operan es de 250 bares hasta 15 bares. Cuando la presión de un contenedor está abajo de 15 bares (vea Anexo 13 - Setup), el sistema cambia automáticamente para la otro contenedor (completamente lleno). En esta manera, el suministro de gas nunca es interrumpido. Si sólo hay un contenedor conectado, el sistema sólo abrirá su respectiva mesa de descompresión.

Después de la mesa de descompresión, el gas pasa por el filtro interno en la RCU (Figura 2), donde las partículas sólidas son separadas.

El rango de presión de entrada en la RCU es la misma de los contenedores, de 250 bares a 15 bares. Dentro de la RCU existen dos etapas de reducción de presión. En la primera, la reducción de presión es desde los 250 bares hasta 90 bares (vea Anexo 13 - Setup). En la segunda, la reducción es desde los 90 bares hasta el mínimo de 4 bares. La presión de salida de la segunda etapa corresponde a la presión requerida por el proceso y aplicación del cliente.

Cuando la presión de entrada en la primera etapa de reducción está abajo de 90 bares, el flujo de gas pasa directamente para la segunda etapa de reducción (*by-pass*).

Cuando el descenso de presión ocurre (tanto en la primera como en la segunda etapa de reducción), la temperatura del gas cae debido al efecto *Joule-Thompson*. Para compensar este efecto y mantener la temperatura requerida del gas en la salida del sistema de descompresión, la RCU posee un sistema de calentamiento de gas. Este sistema consiste en dos calentadores, que calientan el agua y a través de un sistema de bombas, se hace circular el agua caliente en

los intercambiadores de calor situados dentro de la RCU. En este intercambiador de calor acontece el cambio de calor entre el agua caliente y el gas.

Todo el sistema es controlado y monitoreado por un sistema de automatización (CLP). En algunos puntos estratégicos, esta central lógica, lee informaciones de temperatura y presión, tanto del gas como del agua y también la temperatura local. La información más importante es la temperatura de salida del gas de la RCU. Otro elemento que es parte del sistema de seguridad es el detector de gas, que se activa si el nivel de gas es superior que el especificado.

Toda la operación del sistema de descompresión de GNC también puede ser monitoreada y controlada por acceso remoto en Internet, a través de la NEOSat, si es contratado por el cliente. Eso significa más seguridad y agilidad en los casos de mantenimiento.

La RCU posee los siguientes equipos de apoyo que garantizan el proceso de descompresión de GNC: mesas de descompresión integradas, sistema de calentamiento de agua, tablero de control y compresores de aire. La Figura 2 muestra la RCU con mesas integradas en el sistema.

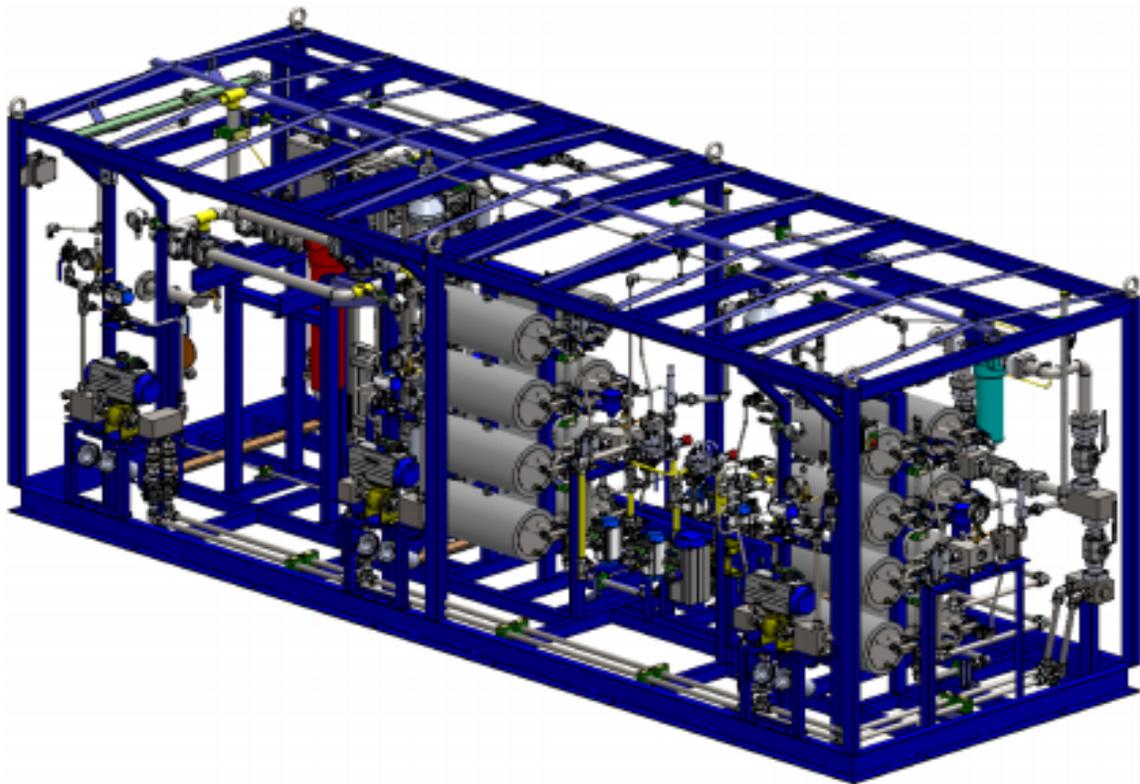


Figura 2. RCU 2000 m<sup>3</sup>/h

---

# ANÁLISIS DE SISTEMA DE DESCOMPRESIÓN

## FASE I

Dimensionado un equipo RCU 1000 para proyecto ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DEL PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000 A.C. el cual cumple con las características requeridas para proveer de Gas Natural con un flujo nominal de 1000 m<sup>3</sup>/h; el cual cuenta con los siguientes elementos:

1. Tableros de comando. Todos los tableros eléctricos de la Unidad de Descompresión RCU se instalarán en un cuarto de tableros de comando a fin de contar con un control de distribución de la energía centralizado a las diversas áreas de trabajo.
2. Patios de carga. El patio de carga está proyectado para acceder y salir por la entrada principal de la Planta. En el camino interno se hará el tránsito para los camiones con contenedores de carga y su desplazamiento hacia la zona de descarga y su posterior salida por la carretera.
3. Se contará con iluminación perimetral para las operaciones nocturnas.

## **FASE II**

Dimensionado un equipo RCU 2000 para proyecto de la ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DEL PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000 A.C. el cual cumple con las características requeridas para proveer de Gas Natural con un flujo nominal de 2000 m<sup>3</sup>/h; el cual cuenta con los siguientes elementos:

1. Tableros de comando. Todos los tableros eléctricos de la Unidad de Descompresión RCU se instalarán en un cuarto de tableros de comando a fin de contar con un control de distribución de la energía centralizado a las diversas áreas de trabajo.
2. Patios de carga. El patio de carga está proyectado para acceder y salir por la entrada principal de la Planta. En el camino interno se hará el tránsito para los camiones con contenedores de carga y su desplazamiento hacia la zona de descarga y su posterior salida por la carretera.
3. Se contará con iluminación perimetral para las operaciones nocturnas.
4. Para ver la distribución exacta de los equipos ver en la siguiente página “LAYOUT BASE DE DESCOMPRESIÓN ”

**PARA VER A DETALLE LAYOUT E INGENIERÍA IR A INFORMACIÓN DE LAY OUT APROBADOS; ANEXOS A ESTE ANTEPROYECTO.**



*Anexo 5. Plano Sistema de Tierras Parque Industrial Toluca 2000*

*Anexo 6. Memorial Técnico Obra Red Interna Parque Toluca 2000*



## MEMORIAL TÉCNICO DE RED INTERNA

NEOmexicana de GNC S.A.P.I. de C.V.	<b>DATOS DE FIRMA CONTRATISTA:</b>
ÁREA: INGENIERÍA	
DETALLE DE INGENIERÍA	

	PROYECTO: PARQUE TOLUCA 2000	
	LOCALIZACIÓN: TOLUCA DE LERDO, ESTADO DE MEXICO	
	FECHA DE SOLICITUD: 06/06/2017	FECHA DE ACTUALIZACIÓN: 27/09/2017

### 1.0 PRESENTACIÓN

NOMBRE Y FIRMA DE PERSONA FÍSICA, ART.  
116 PRIMER PÁRRAFO DE LA LGTAIP Y ART.  
113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Construcción de la Red Interna de Parque TOLUCA 2000, Ubicada en Toluca de Lerdo, Estado de México.

Este documento es para la instalación de la tubería de gas natural de las RCU's al Patín de Medición y del Patín de Medición a la interconexión con gasoducto de GN. Esta deberá pasar las pruebas de hermeticidad, así mismo **el contratista se encargará de proporcionar y pagar la Unidad Verificadora** que determinará la tubería, teniendo que entregar los documentos pertinentes a NEOmexicana y cumpliendo con la NOM-003-SECRE-2011.

### 2.0 TUBERÍA

La tubería para la red interna de Gas Natural de parque TOLUCA 2000 deber ser calculada por personal calificado basado en la especificación de los equipos, todo deberá cumplir los requerimientos de la NOM-003-SECRE-2011 y serán sustentados con las memorias de cálculo, acta circunstanciada y dictamen emitido por Unidad Verificadora acreditada. Se debe tomar en cuenta tubería, codos, bridas ANSI 150, soldaduras, válvulas ANSI 150, pintura, soportes, **dictamen de la Unidad Verificadora**.

#### 2.1 LONGITUD DE TUBERÍA.

- La longitud de la tubería es aproximadamente de 15 metros, en acero al carbón de 4"Ø para su instalación aérea:

Es necesario considerar tubería, codos, bridas, válvulas, pintura y soporte en la cotización.

- Considerar las salidas de la RCU a una altura de conexión de 98.40 centímetros sobre el NPT, nota: la salida del equipo es 2" Ø bridada, 150#.

#### 2.2 TRAYECTORIA DE LA RED INTERNA.

- Se debe colocar brida ciega para su interconexión como lo muestra el plano RED INTERNA TOLUCA 2000.
- Se deberá construir un By-Pass a la salida de la RCU, dejando el espacio de **2.21** metros de válvula de bola a válvula de bola (Fig.1). Este espacio es para que posteriormente se



instale el PATÍN DE MEDICIÓN DE GAS NATURAL que mide exactamente 2.20 metros, el centímetro restante es para colocar las juntas FLEXITALIC.

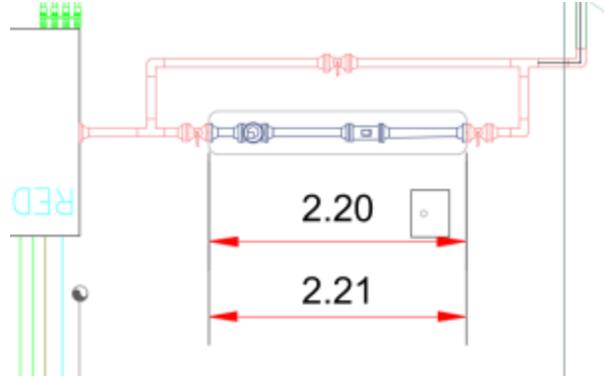


Fig. 1 Espacio para patín de medición

- El BY-PASS se debe construir antes de la llegada del arreglo del PATÍN DE MEDICIÓN DE GAS NATURAL para las pruebas preliminares.
- A la llegada del arreglo del PATÍN DE MEDICIÓN DE GAS NATURAL, se deben prever los trabajos de adaptación del arreglo a la red interna con tubería.
- Después del arreglo de By-Pass la tubería seguirá en acero por aproximadamente 2.00 mt para interconectarse con la obra de gasoducto, la tubería deberá cumplir con los lineamientos establecidos en la NOM-003-SECRE-2011.

#### Detalle de Interconexión con red externa

- La interconexión con la obra de red externa se realizará por medio de brida de 4"Ø -150# (Fig. 2). Es necesario realizar prueba de hermeticidad de acuerdo a numeral 11.5.5 y 11.9 de la NOM-003-SECRE-2011.

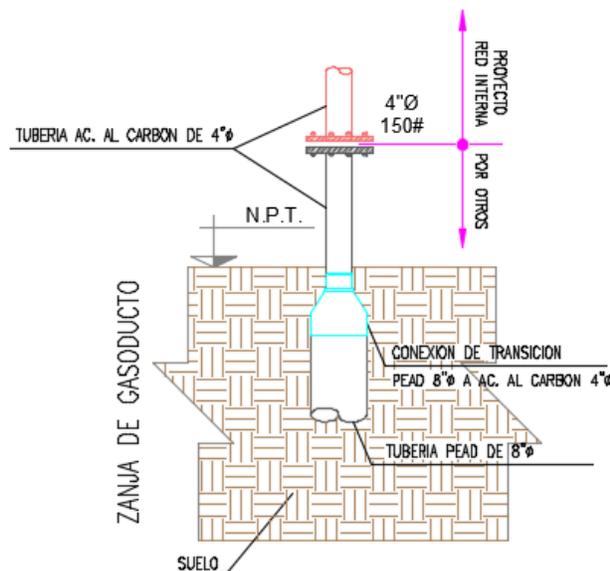


Fig. 2 Interconexión con red externa



- La trayectoria propuesta se muestra en el adjunto (PLANO RED INTERNA TOLUCA 2000).

### 2.3 SOPORTES

- Se deberán instalar soportes para la tubería superficial respetando la NOM-003-SECRE-2011 punto 9.8, inciso e. Espacio Máximo entre soportes para tubería de diámetro nominal  $>1''$  de 2.4 metros MÁXIMO.
- La tubería deberá ir soportada en la pared del cliente y paredes metálicas.
- La soportaría no puede tener contacto metal con metal de la tubería, se deberá de colocar espaciadores de neopreno.

### 2.4 PRUEBAS

- **La prueba de hermeticidad debe realizarse con una presión 10.5 bar** por un periodo de 8 horas, esto de acuerdo a la NOM-003-SECRE-2011 punto 11.5 PRUEBA DE HERMETICIDAD La prueba es acompañada por un graficador que se conecta a la red y recopila variables de presión-temperatura durante 8 horas mostrando si existe algún tipo de pérdida de presión.
- Antes de cualquiera prueba se deberán hacer como mínimo 5 o aún más si fuese necesario barridos a la red para eliminar escorias y humedad.
- El responsable de la construcción de la red deberá estar presente en las pruebas para corregir fugas en las conexiones de manómetros, válvulas, bridas, o cualquiera otro elemento en el que pudiese presentarse.

*Anexo 7. Memorial Técnico de Obra Civil Electrica Parque Industrial Toluca 2000*



## MEMORIAL TÉCNICO DE OBRA CIVIL-ELÉCTRICA

NEOmexicana de GNC S.A.P.I. de C.V.	ÁREA: INGENIERÍA	DETALLE DE INGENIERÍA
-------------------------------------	------------------	-----------------------

	PROYECTO: PARQUE TOLUCA 2000
	LOCALIZACIÓN: TOLUCA DE LERDO, ESTADO DE MÉXICO
	FECHA DE SOLICITUD: 04/08/2017

El presente memorial define los alcances de un nuevo proyecto como apoyo en su ejecución.

### 1.0 LOCALIZACIÓN

NOMBRE Y FIRMA DE PERSONA FÍSICA, ART.  
116 PRIMER PÁRRAFO DE LA LGTAIP Y ART.  
113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

La ubicación del terreno donde está proyectado la construcción de la instalación de aprovechamiento de gas natural para el PARQUE TOLUCA 2000, tiene las Coordenadas (19.368896,-99.572902). En la ciudad de Toluca, Estado de México.

Es un área acondicionada para la instalación de la estación de aprovechamiento de gas natural en la parte exterior del límite del parque industrial (muro). Se encuentra entre el límite del parque industrial y la AVENIDA DE LAS PARTIDAS y a un costado por la parte exterior de la nave industrial de la empresa KUKA SYSTEMS DE MEXICO S. DE R.L. DE C.V. Ver croquis como referencia.



Localización de la instalación de aprovechamiento de gas natural, PARQUE TOLUCA 2000



## 2.0 OBJETIVO

Instalación de Aprovechamiento de gas natural, para el PARQUE TOLUCA 2000, Ubicada en Toluca, Estado de México. Incluyendo la ejecución de Obra Civil y Obra Eléctrica. Para este proyecto de **OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA**, se cuenta con un área acondicionada con losa de concreto. En esta área se instalará la estación de descompresión, para más información consultar el Plano **OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA TOLUCA 2000 NOTA 1 Y 2** que se anexa al descriptivo.



*Terreno en donde se instalarán los equipos*

## 3.0 ALCANCES

Los alcances específicos para la elaboración del proyecto son:

### 3.1 OBRA CIVIL.

El alcance de la obra civil es la ubicación de equipos para la instalación de aprovechamiento de gas natural.

- **LOSA PIES SEMI REMOLQUES**
  - Losa existente para soporte de semirremolques
  - Cemento armado
  - Peso de los semirremolques hasta 60 Toneladas.
  - Para más información consultar el Plano **OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA TOLUCA 2000 NOTA 4**
- **LOSA EQUIPOS DESCOMPRESIÓN**
  - Losa existente para los Equipos de Descompresión
  - Concreto armado
  - Para más información consultar el Plano **OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA TOLUCA 2000 NOTA 5.**
- **LOSA EQUIPOS AUXILIARES**
  - Losa existente para los Equipos auxiliares



- o Concreto armado para resistir cargas de 2,500 kg
- o Para más información consultar el Plano **OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA TOLUCA 2000 NOTA 6.**
- **LOSA PEATONAL DE TRÁNSITO LIVIANO**
  - o Piso para uso peatonal de tránsito liviano.
  - o Concreto ligero.
  - o Para más información consultar el Plano **OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA TOLUCA 2000 NOTA 7.**
- **CAJA DE PASAJE**
  - o El tablero de control de la RCU debe quedar ubicado encima de la caja de pasaje, para más información revisar el **DETALLE “A”** y **DETALLE “B”** en Plano **OBRA CIVIL-ELÉCTRICA TOLUCA 2000 NOTA 17.**
- **TOPELLANTAS**
  - o Los topellantas son existentes pintados de color amarillo con negro.
  - o Preparado para el impacto de las llantas.
  - o Se cuenta con disparos existentes de tierra física detrás de los topellantas para aterrizar los contenedores
  - o Se deben pintar rayas amarillas de 10cm de ancho por 11 metros de largo para cajoneras de los contenedores.
  - o Para más información consultar el Plano **OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA TOLUCA 2000 NOTA 8.**
- **MALLA CICLÓNICA**
  - o Se cuenta con malla ciclónica para delimitación del área de aprovechamiento de gas natural.
  - o Para más información consultar el Plano **OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA TOLUCA 2000 NOTA 9.**
- **ENTRADA SEMIRREMOLQUES**
  - o Para más información consultar el Plano **OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA TOLUCA 2000 NOTA 10.**
- **TANQUE PARA SERVICIO DE AGUA SUAVIZADA**
  - o Se encuentra instalado un tanque de capacidad de 500L, y bomba hidroneumática, para el almacenamiento de agua suavizada.

### 3.2 OBRA ELÉCTRICA.

El alcance de la obra eléctrica de la instalación de aprovechamiento de gas natural, comprende lo siguiente:

- **Red de sistema de tierras.**
  - o El sistema de tierra físico es existente.
  - o Se cuenta con disparos para el aterramiento de equipos (RCU y equipos auxiliares).
  - o En el Plano **OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA TOLUCA 2000 SISTEMA DE TIERRAS** se



indican los equipos a aterrizar

- o Se cuenta con disparos de tierra en la parte posterior de los topellantas para aterrizar los contenedores (portaelectrodo y pinza).
- **CENTRO DE CARGA**
  - o Existe un CENTRO DE CARGA que cuenta con sección acometida principal y una sección para circuito derivados.
  - o Los circuitos derivados del CENTRO DE CARGA son:
    - Alimentación de Tablero de control de RCU 2000.
    - Alimentación el sistema de iluminación con foto celda para encendido automático.
    - Circuito de 127V para alimentar el hidroneumático.
  - o Para más información consultar el Plano **OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA TOLUCA 2000 NOTA 3.**
  - o Al CENTRO DE CARGA llega un punto de suministro eléctrico, con tensión de operación de 220v Trifásico a 60Hz:
    - 3 fases de 127V
      - Voltaje de Línea a Línea de 220v
      - Voltaje de Línea a Neutro de 127v
    - 1 neutro
    - 1 tierra
  - o El centro de carga cuenta con interruptor principal con protección termomagnética para el punto de suministro eléctrico, antes descrito.
- **ILUMINACIÓN PARA INTEMPERIE**
  - o El área donde se realizará la instalación de los equipos de descompresión de gas natural cuenta con x postes de iluminación y un total de y luminarias
  - o Para más información consultar el Plano **OBRA CIVIL Y ELÉCTRICA TOLUCA 2000 NOTA 12.**
- **PARARRAYOS**
  - o El área de la estación de descompresión se encuentra protegida contra descargas atmosféricas de por un pararrayos conforme a NOM-022-STPS-2015.

*Anexo 8. Plano Obra Electromecánica Parque Industrial Toluca 2000*

*Anexo 9 Memorial técnico de Obra Electromecánica Parque Toluca 2000*

## MEMORIAL TÉCNICO DE OBRA ELECTROMECAÁNICA

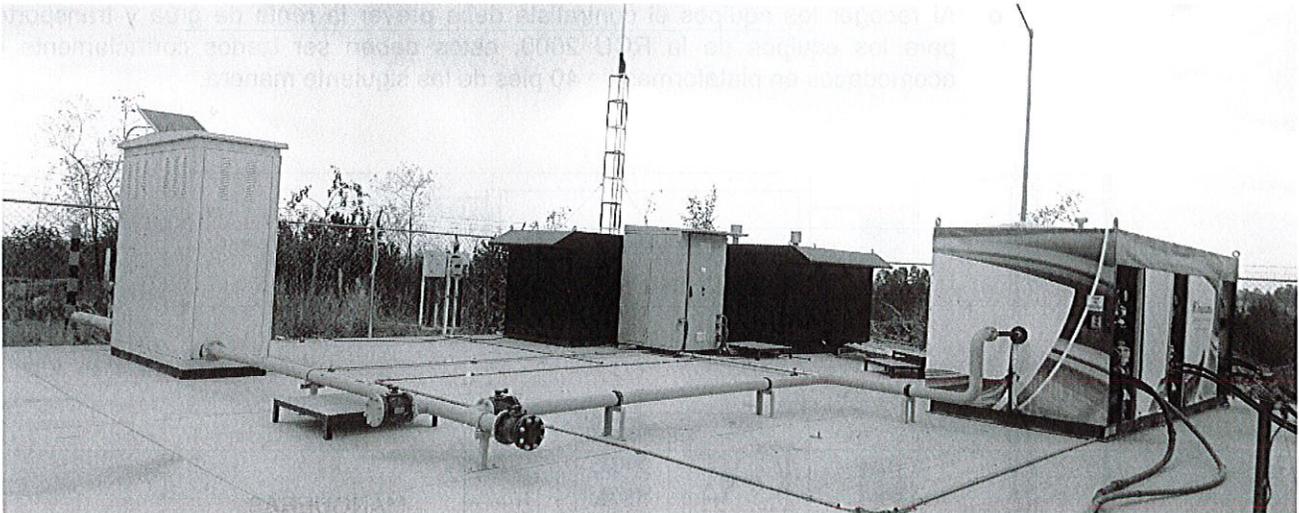
NEOMexicana de GNC S.A.P.I. de C.V.	<b>DATOS DE FIRMA CONTRATISTA:</b>
ÁREA: INGENIERÍA	
DETALLE DE INGENIERÍA	
[REDACTED]	PROYECTO: PARQUE TOLUCA 2000
	LOCALIZACIÓN: TOLUCA DE LERDO, ESTADO DE MEXICO
	FECHA DE SOLICITUD: 26/09/2017

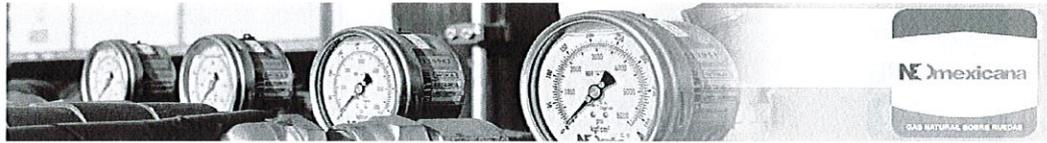
### 1.0 PRESENTACIÓN

NOMBRE Y FIRMA DE PERSONA FISICA, ART.  
116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART.  
113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Instalación de los equipos para el Aprovechamiento de gas natural, para PARQUE TOLUCA 2000, Ubicada en Toluca de Lerdo, Estado de México. Incluyendo la ejecución de OBRA ELECTROMECAÁNICA.

El equipo que será instalado en el cliente TOLUCA 2000 se encuentra operando actualmente en las instalaciones de Proan San Juan de los Lagos, por lo que será necesario primero realizar la desinstalación del equipo y traslado a la instalación del Parque Toluca 2000. Los equipos de la RCU 2000 deberán de ser desconectados para ser transportados al cliente, que incluye la RCU 2000, tablero de control, cabina de compresores, cabina de calentamiento y tanque de agua, la estación de medición es del cliente y no se deberá de desmontar.





## 2.0 ALCANCES

### 2.1 DESCONEXIÓN DE EQUIPOS

- o Los equipos de la RCU 2000 deben ser desenergizados y desconectados.
- o La RCU 2000 debe ser purgada y llenada con nitrógeno para garantizar que no contenga Gas Natural el equipo.
- o Los tanques de agua y calderas deben ser purgados, el agua debe ser confinada de manera adecuada cumpliendo la normativa de seguridad y medio ambiente.

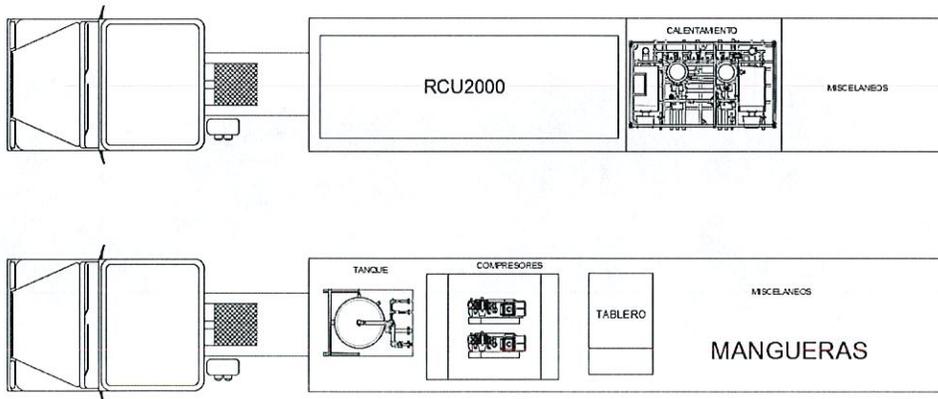
**NOTA: EL CONTRATISTA DEBERÁ DE RESGUARDAR TODAS LAS TUBERÍAS DE AGUA, GAS, CONEXIONES, MANGUERAS, ETC. YA QUE TODO ESTE MATERIAL SERÁ USADO PARA INSTALAR EL EQUIPO EN PARQUE TOLUCA 2000.**

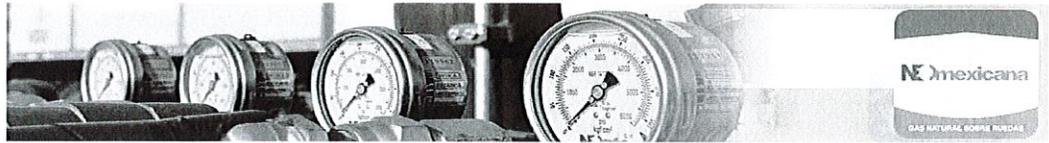
### 2.2 TRANSPORTE DE EQUIPOS

- o Los equipos que conforman la RCU 2000 son los siguientes:

Equipos	Peso (Kg)
RCU 2000	3.200
Unidad de Calentamiento	1000
Acumulador 1000L	530
Unidad de compresión de aire	750
Tablero de Control	480

- o Los equipos se encuentran actualmente en la planta de descompresión de Proan San Juan de los Lagos Jalisco, se adjunta ubicación de la planta. (archivo KMZ)
- o Al recoger los equipos el contratista debe prever la renta de grúa y transporte para los equipos de la RCU 2000, estos deben ser izados correctamente y acomodados en plataformas de 40 pies de la siguiente manera.



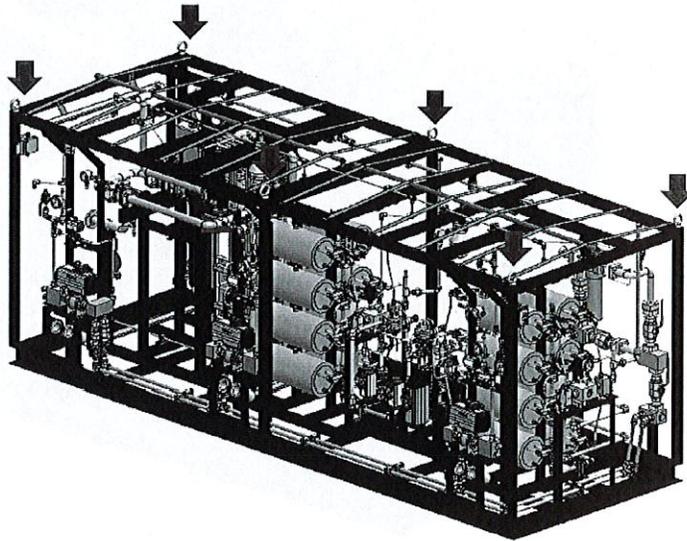


- Los equipos deben ser transportados a las instalaciones del Parque Toluca 2000 el Estado de México, se adjunta la ubicación de la planta. (archivo KMZ).
- A la llegada de los equipos estos deben ser izados de la manera correcta para su acomodo.

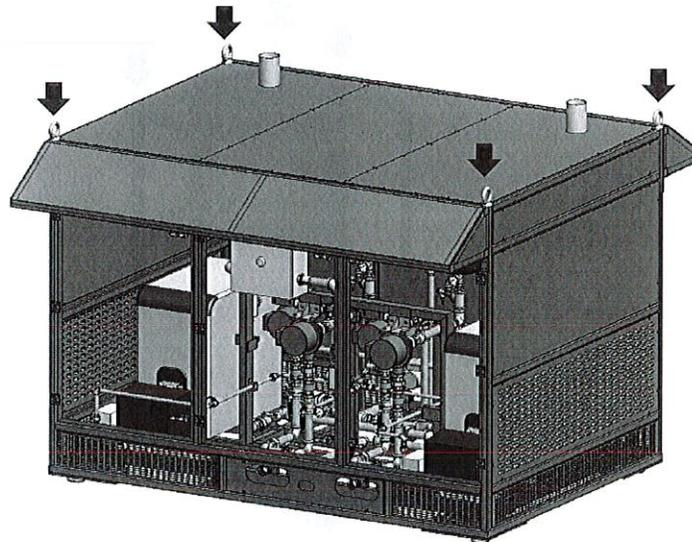
● **IZAJE DE EQUIPOS**

**RCU 2000**

- Izaje de RCU 2000, esta operación se debe realizar con grúa en los puntos de elevación indicados a continuación.



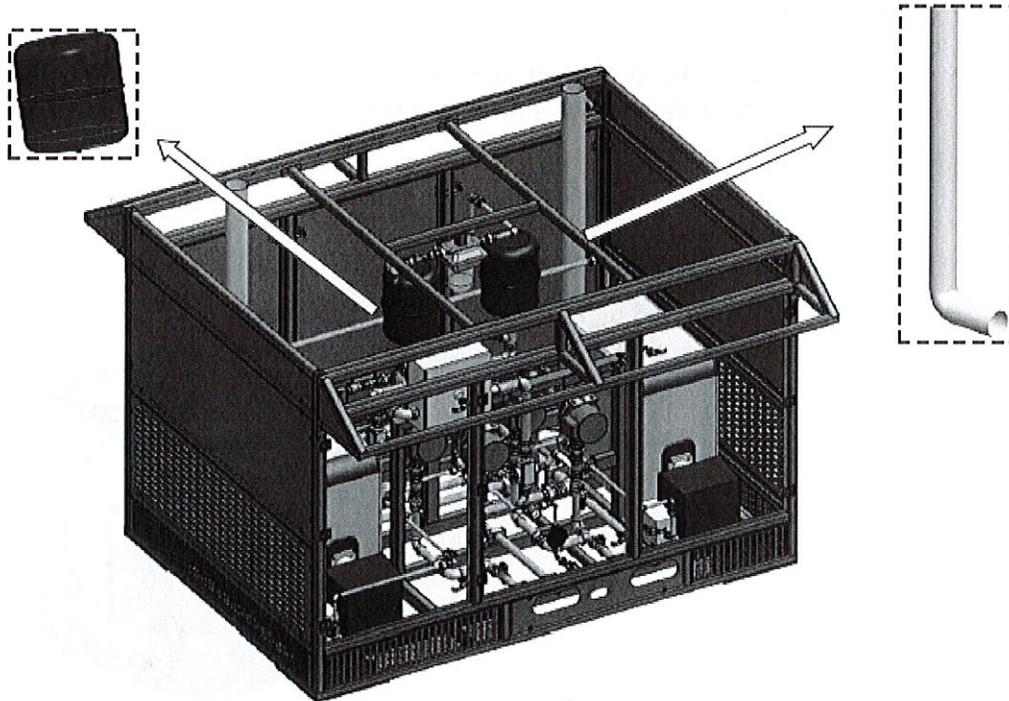
**UNIDAD DE CALENTAMIENTO**



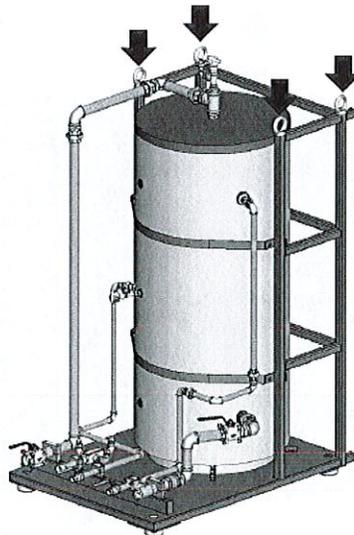


### ¡ATENCIÓN!

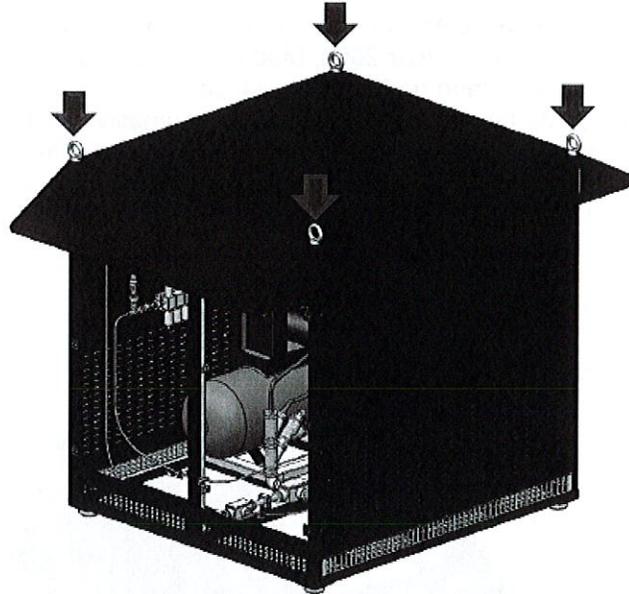
Antes de izar la unidad, se deberá comprobar si los vasos de expansión y la chimenea fueran retirados (Figura 11), evitando así posibles daños al equipo. Después de la instalación de los equipos, los vasos y la chimenea deben instalarse de nuevo. Las salidas de la chimenea deberán instalarse sobre el techo.



### ALMACENAMIENTO DE AGUA



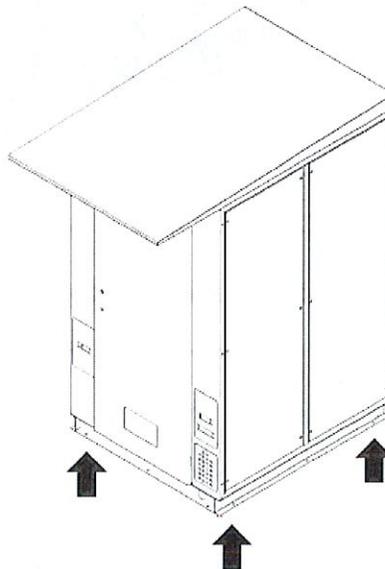
## UNIDAD DE COMPRESIÓN DE AIRE



**NOTA:** EL levantamiento debe llevarse a cabo en estos puntos a través de ganchos y correas.

## TABLERO DE CONTROL

Para mover el tablero se debe utilizar carretilla elevadora y suspender a través de la parte inferior como indicado, o suspender a través de los ojales, para esto tienes que retirar la cobertura.

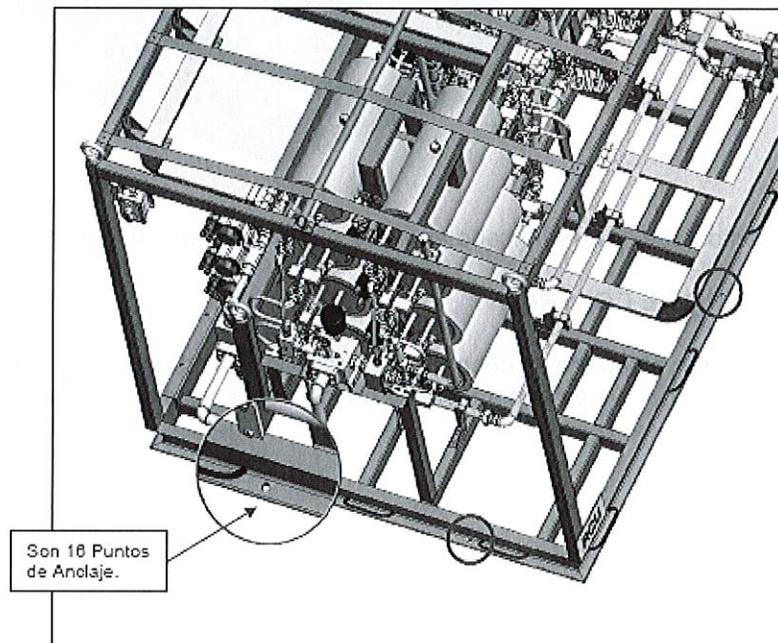


### 2.3 OBRA ELECTROMECÁNICA.

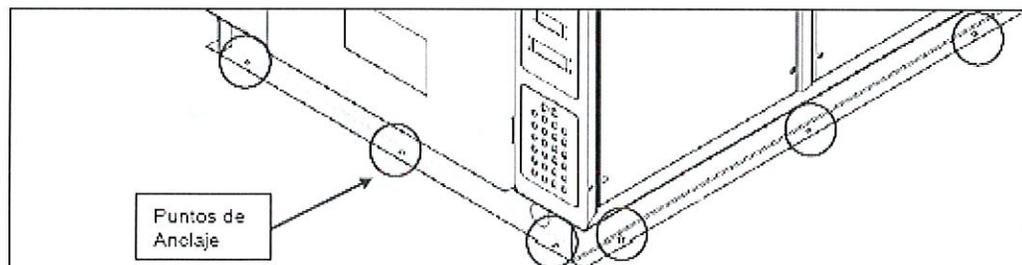
La OBRA ELECTROMECÁNICA es la instalación, fijación y conexión de los equipos de NEOmexicana los cuales consta de RCU 2000, Módulo de Calentamiento, almacenamiento de agua, tablero integrado, sistema neumático y Patín de Medición, así como la interconexión de calentamiento de agua y gas a la RCU, la interconexión de tablero a RCU eléctrica y neumática y la interconexión del patín de medición al tablero para envío de datos, la conexión del sistema de agua con el módulo de calentamiento. Es importante tomar en cuenta la utilización de una grúa para izaje y montaje de los equipos que será proporcionada por el contratista, personal de Ingeniería de NEOmexicana estará en contacto con el contratista para saber el día de la llegada de los equipos y coordinarse con la grúa.

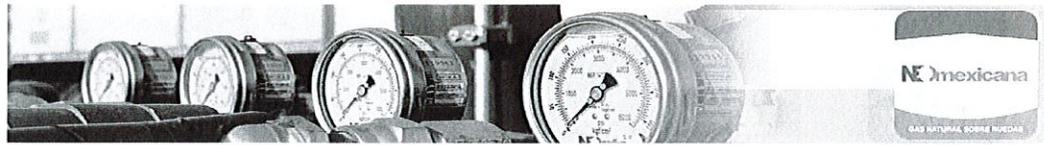
- **INSTALACIÓN DE EQUIPOS**

En la RCU, utilizando el tipo de tornillos  $\text{Ø}\frac{1}{2}\text{''}\times 4\text{''}$ .



En el Tablero de Control, mediante tornillos modelo  $\text{Ø}\frac{3}{8}\text{''}\times 3\text{''}$ .





- **OBRA MECÁNICA**

La tubería que se utilizará para realizar la conexión será la que se desinstalo del equipo de proan, realizando solo pequeñas modificaciones en la disposición de la tubería.

- **TUBERÍA DE AGUA:**

- 4 tubos de acero al carbono galvanizado schedule 80 de acuerdo con ASME B31.3. Extremos con rosca NPT de acuerdo con ASME B 1.20.1. Ø1"
- La longitud de cada tubería es de aproximadamente 5.10 metros, sobre soporte unicanal, los extremos de la tubería deberá estar separada a 50 cm de la RCU y del Módulo de Calentamiento para posteriormente conectar con tubería Flexible.
- Checar el plano **OBRA ELECTROMECHANICA TOLUCA 2000.**

**NOTA: Se deberá de cambiar el revestimiento que poseen por un aislamiento térmico en Polietileno Expandido para temperatura de 100°C montado en toda la longitud de la tubería de agua con la ayuda de abrazadera de nylon PA66 Ø1" No se permite aislante mineral.**

- **TUBERÍA DE GAS**

- 1 tubo de acero carbono API 5L Gr. B schedule 80 de acuerdo con ASME B31.3. Extremos con rosca NPT de acuerdo con ASME B 1.20.1. Ø1".
- La longitud del tubo es aproximadamente de 5.10 metros instalado sobre soporte unicanal, los extremos de la tubería deberá estar separada a 50 cm de la RCU y del Módulo de Calentamiento para posteriormente conectar con tubería Flexible.
- Checar el plano **OBRA ELECTROMECHANICA TOLUCA 2000.**

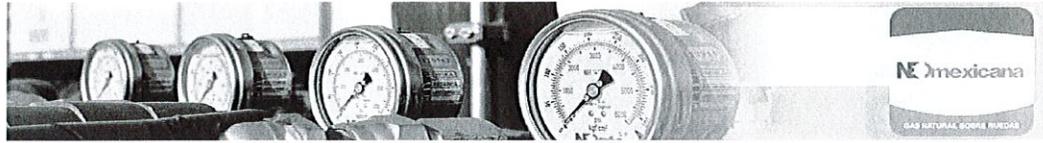
- **CONDUIT PARA MANGUERAS NEUMATICAS**

- Conduit de Ø2" de para protección de las mangueras neumaticas.
- La longitud del conduit es aproximadamente de 6.00 metros, este debe quedar a 30 cm de la RCU y del Módulo de Calentamiento. Para más información checar el Plano **OBRA ELECTROMECHANICA TOLUCA 2000 NOTA 5.**
- Debe ser fijado a los soportes unicanal de la NOTA 7 del Plano **PROYECTO OBRA ELECTROMECHANICA TOLUCA 2000.**

- **DUCTO PARA CONEXIONES ELÉCTRICAS**

- Conduit metálico de acuerdo con ASTM A197M en acero galvanizado roscado NPT de acuerdo con ASME B 1.20.1 SCHEDULE 40 a prueba de explosión de Ø2"
- La longitud ducto metálico es aproximadamente 5.00 metros más el codo o curva, este debe quedar a 30 cm de la RCU y del Tablero para posteriormente conectarse con tubería flexible metálica a prueba de explosión. Para más información checar el Plano **OBRA ELECTROMECHANICA TOLUCA 2000 NOTA 6, CHECAR DETALLE B Y DETALLE C.**

**\*ESTE MATERIAL SERÁ EL MISMO QUE SE ENCUENTRA EN PROAN.**



- **SOPORTES PARA TUBERÍA**

- Instalación de soportes UNICANAL para la tubería de agua, gas, conduit para mangueras neumáticas y conexiones eléctricas.
- La distancia entre soportes no debe exceder 2.4 metros, esto de acuerdo a la NOM-002-SECRE-2010.
- Debe ser pintado de color AZUL RAL 5005
- La altura máxima del nivel de piso terminado al lomo superior de la tubería incluyendo el revestimiento térmico, no debe exceder los 18cm para poder colocar sobre los soportes el paso de gato.
- Más información en Plano **OBRA ELECTROMECAÁNICA TOLUCA 2000 NOTA 7.**

- **PASO DE GATO**

- Construcción e instalación de Paso de Gato para protección de la tubería.
- La altura máxima o peralte del paso de Gato no debe de exceder los 23cm del nivel de piso terminado a la parte superior de la protección. por lo que se debe de considerar la altura del soporte para la tubería y la tubería que se debe instalar con el revestimiento térmico, esto de acuerdo a la NOM-001-STPS- 2008.
- Debe ser pintado en franjas de color amarillo con negro.
- Más información en Plano **OBRA ELECTROMECAÁNICA TOLUCA 2000 NOTA 9.**

- **SUMINISTRO DE SISTEMA DE RESPALDO UPS.**

- Suministro de sistema de respaldo UPS con capacidad de 1 KVA a 127V.

## 2.4 SISTEMA DE TIERRAS

El sistema de tierras se encuentra en sitio, pero será responsabilidad del contratista el conectar los equipos y sistemas metálicos a esta.

El conjunto de elementos a aterrizar son los siguientes:

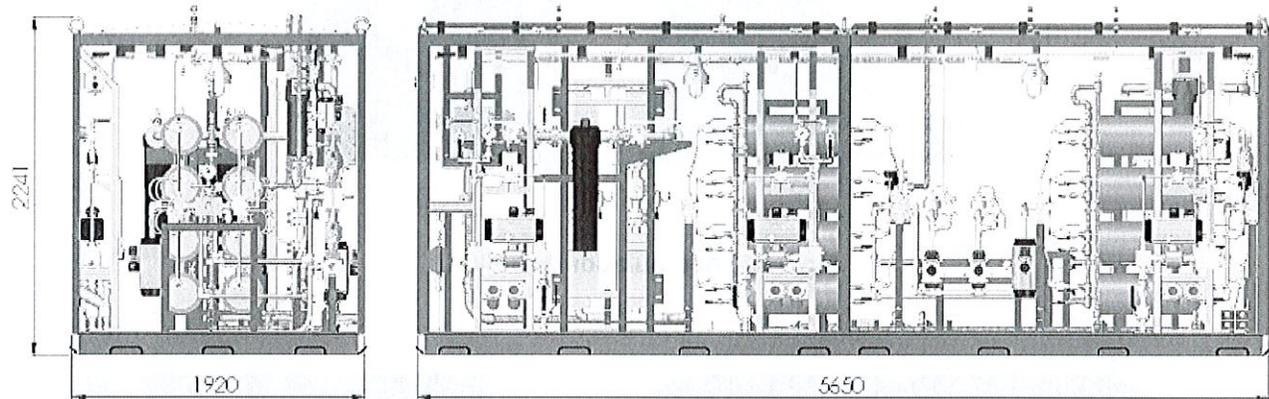
- *Equipo RCU.*
- *Unidad de Calentamiento.*
- *Almacenamiento de Agua.*
- *Unidad de Compresión de Aire.*
- *Tablero de control.*
- *Estación de Medición.*

# ANEXO A

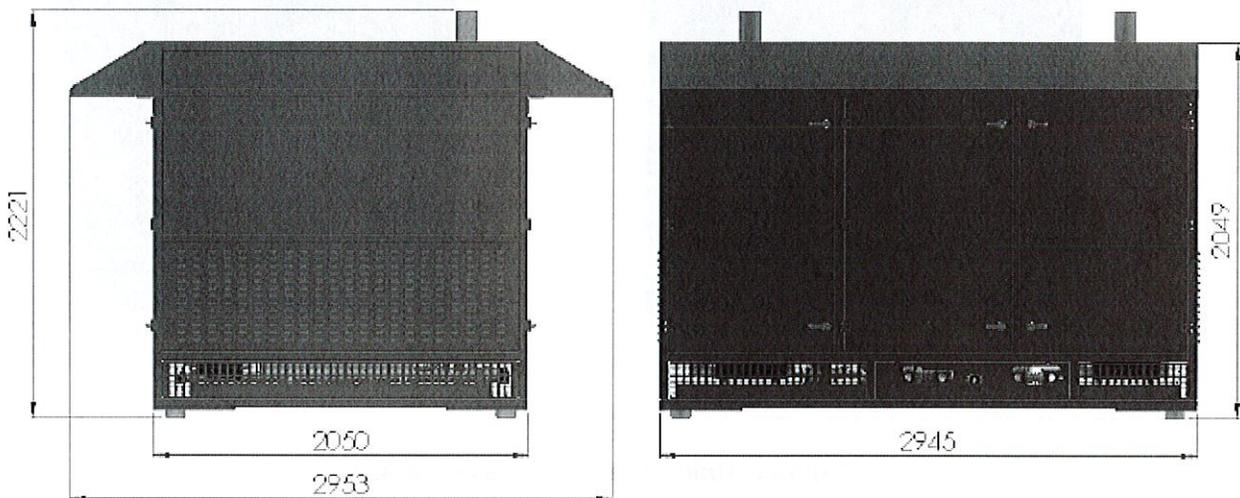
## PESOS Y DIMENSIONES

### Dimensiones Principales

A continuación, se ilustran las principales dimensiones de la RCU 2000 y sus accesorios (Figuras 3, 4, 5, 6 y 7).



**Figura 3. RCU 2000**



**Figura 4. Conjunto Modular**

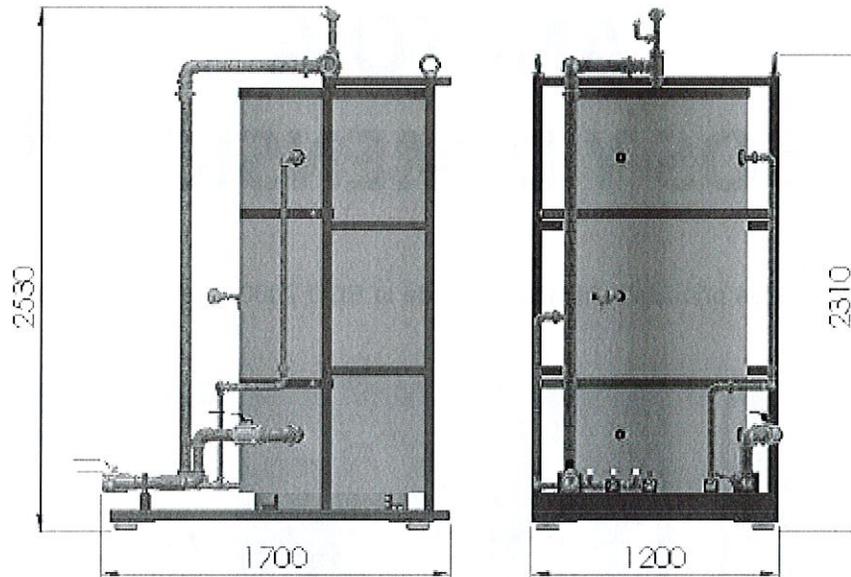


Figura 5. Acumulador de 1000 L

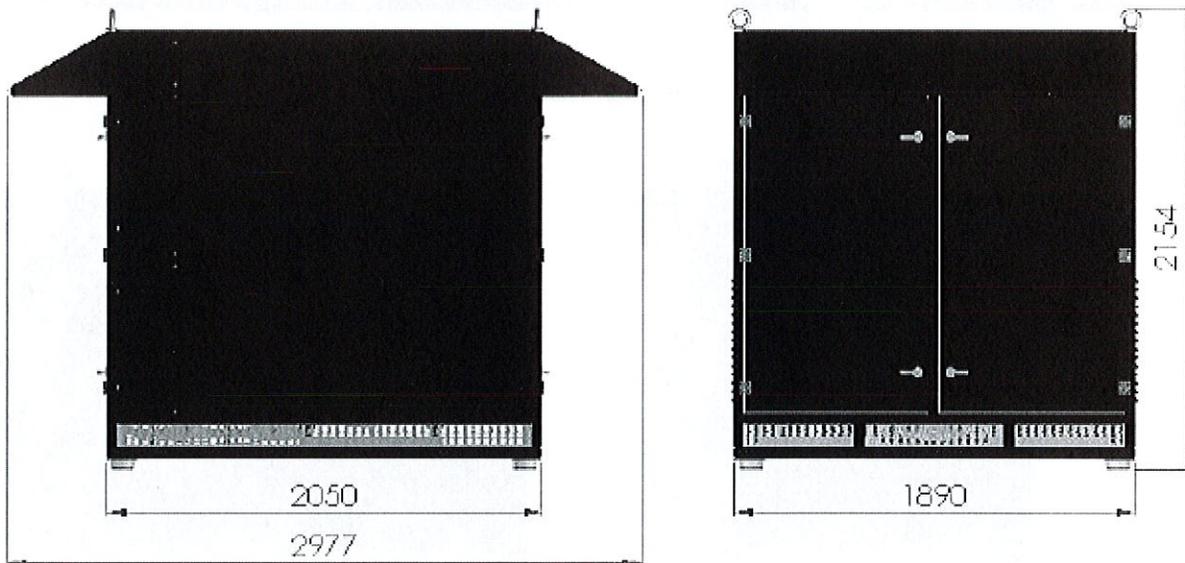
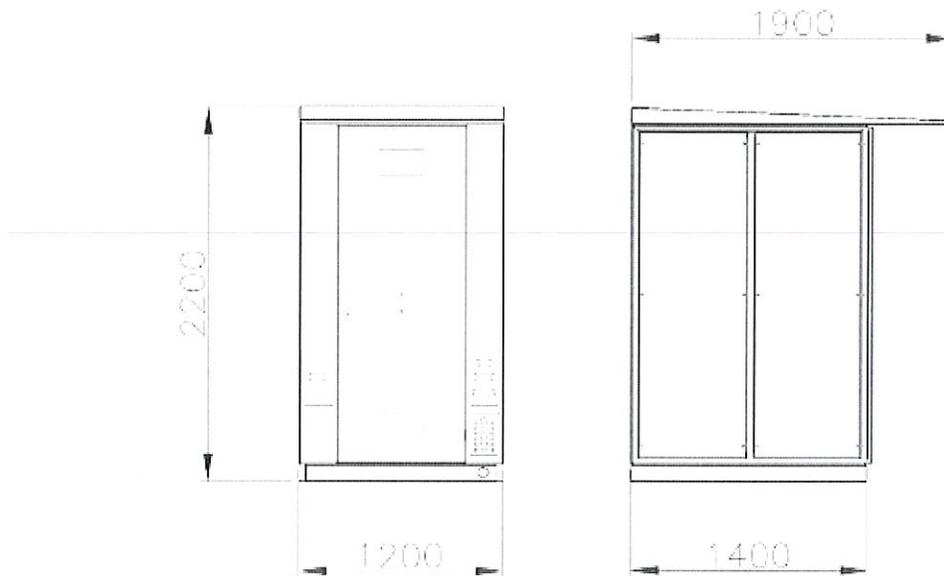
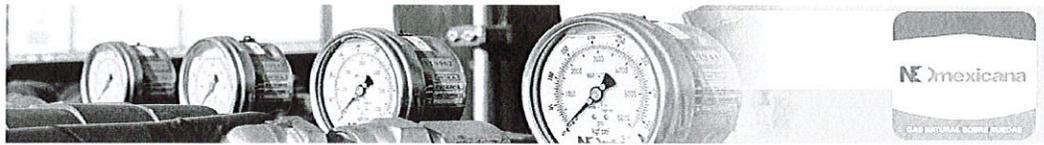


Figura 6. Unidad de Compresión de Aire



**Figura 7. Tablero de Control**

La tabla 1 contiene los pesos aproximados de la RCU y sus accesorios, información para hacer el levantamiento y transporte de los mismos de forma segura.

**TABLA 1**

Equipos	Peso (Kg)
RCU 2000	3.200
Unidad de Calentamiento	1000
Acumulador 1000L	530
Unidad de compresión de aire	750
Tablero de Control	480



*Anexo 10. Diagrama de Flujo Parque Toluca 2000*

*Anexo 11 Salvaguardas de una RCU 2000*

	<b>SALVAGUARDAS DE UNA RCU 2000</b>	Página 1
	ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DEL PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000	Rev. 0

## FILOSOFÍA DEL SISTEMA DE SEGURIDAD (SALVAGUARDAS) DE LA ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN RCU 2000

### “ ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DEL PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000 A.C.”

#### Generalidades

La estación está ubicada en:

*Carretera Toluca-Naucaipan km. 52.8, Parque Industrial, Toluca de Lerdo, Méx. C.P. 50233.*

#### SALVAGUARDAS PRINCIPALES DE LA ESTACIÓN

- La estación de descompresión y medición se ensambla en un patín y se encuentra alojada dentro de un gabinete de acero al carbón recubierto con pintura epóxica, por su resistencia al agua, a la intemperie y a los contaminantes químicos, está se usa como sistema de protección de larga duración.
- Se cuenta con dispositivos de seguridad para evitar cualquier sobrepresión en la salida de la estación de descompresión y medición. Como una adicional la descompresora cuenta con botones instalados de cierre de emergencia localizados: uno en el panel de control de la estación, y dos más a los costados de la estación. Los botones de cierre cortan el flujo de gas inmediatamente.

DEL RESPONSABLE TÉCNICO, ART. 116 PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

<b>Elaboró</b>	<b>Autorizó</b>
Carlos Aurelio López Grande 	Manuel Pineda Delgado 

	<b>SALVAGUARDAS DE UNA RCU 2000</b>	Página 2
	ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DEL PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000	Rev. 0

- En la entrada de la descompresora se cuenta con válvulas accionadas neumáticamente (ANV) que bloquearan la entrada de gas a la descompresora cuando se accione las botoneras de paro por emergencia y/o por alta concentración de gas
- En las etapa de regulación se cuenta con protecciones redundantes lo que significa que si ocurre una sobrepresión en primer lugar se abrirá la válvula de alivio de presión (PSV), después se disparará el corte por sobrepresión o baja presión(ANV) sólo en la línea donde presente el problema. La segunda etapa de regulación también está equipada con válvulas de corte y válvula de alivio de presión.
- Adicionalmente se cuenta con una válvula de alivio a la entrada de la estación con el objetivo de proteger el sistema de una sobrepresión en caso de incendio o incremento de presión por una temperatura excesivamente alta del gas.

FIRMA DEL RESPONSABLE TÉCNICO, ART. 116 PRIMER PARRAFO  
DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

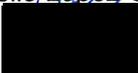
<b>Elaboró</b>	<b>Autorizó</b>
Carlos Aurelio López Grande 	Manuel Pineda Delgado 

	<b>SALVAGUARDAS DE UNA RCU 2000</b>	Página 3
	ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DEL PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000	Rev. 0

**El Sistema de Seguridad de la Estación de Descompresión de gas natural, cuenta con los siguientes elementos principales:**

- 3 - Válvulas accionadas neumáticamente en la entrada de gas
- 2 - Reguladores de presión primera etapa.
- 2 - Válvulas de corte por alta presión primera etapa
- 2 - Válvulas de corte por baja presión primera etapa.
- 2 - Reguladores de presión segunda etapa etapa.
- 2 - Válvulas de corte por alta presión segunda etapa
- 2 - Válvulas de corte por baja presión segunda etapa
- 3 - Válvulas de seguridad o alivio de descarga lateral.
- 2 - Transmisores de nivel de explosividad (LEL) Infrarrojos.
- 3 - Botoneras de paro por emergencia

DEL RESPONSABLE TÉCNICO, ART. 116  
PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113  
FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

<b>Elaboró</b>	<b>Autorizó</b>
Carlos Aurelio López Grande 	Manuel Pineda Delgado 

	<b>SALVAGUARDAS DE UNA RCU 2000</b>	Página 4
	ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DEL PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000	Rev. 0

## Filosofía de Operación

La descarga de los contenedores es conectada a la DESCOMPRESORA por medio de mangueras flexibles. La entrada de gas de la DESCOMPRESORA cuenta con válvulas accionadas neumáticamente **(ANV-01/02/03)** las cuales cortan el flujo de los contenedores si son activadas las botoneras de paro por emergencia y/o los transmisores que detectan alta concentración de gas.

Posteriormente se cuenta con una válvula de alivio **PSV 01**, con una presión ajustable a **275 bar**, con el objetivo de proteger el sistema de una sobrepresión.

La primer etapa de regulación cuenta con línea redundante. Cada línea de regulación consta de una válvula reguladora **(VR-01/02)** y dos válvulas de corte (una por alta presión y una por baja presión **ANV**), esta válvula estará precediendo a los reguladores de presión, contará con doble actuador neumático (equipada con indicador de estado operativo de la válvula y botón de seguridad de cierre rápido).

En la salida de la primer etapa de regulación se encuentra ubicada la valvula de alivio **PSV-02**, con una presión de ajuste de **110 bar**. Para proteger el sistema en caso de sobrepresiones en la línea.

DEL RESPONSABLE TÉCNICO, ART. 116 PRIMER  
PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE  
LA LFTAIP

<b>Elaboró</b>	<b>Autorizó</b>
Carlos Aurelio López Grande 	Man 

	<b>SALVAGUARDAS DE UNA RCU 2000</b>	Página 5
	ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DEL PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000	Rev. 0

La primer etapa de regulación cuenta con línea redundante. Cada línea de regulación consta de una válvula reguladora (**VR-03/04**) y dos válvulas de corte (una por alta presión y una por baja presión **ANV**), esta válvula estará precediendo a los reguladores de presión, contará con doble actuador neumático (equipada con indicador de estado operativo de la válvula y botón de seguridad de cierre rápido).

En la salida de la segunda etapa de regulación se encuentra ubicada la valvula de alivio **PSV-03**, con una presión de ajuste de **10 bar**. Para proteger el sistema en caso de sobrepresiones en la línea.

Posteriormente se conecta la salida de la RCU a la red interna de Gas natural del cliente.

DEL RESPONSABLE TÉCNICO, ART. 116  
PRIMER PARRAFO DE LA LGTAIP Y ART.  
113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

<b>Elaboró</b>	<b>Autorizó</b>
Carlos Auro [Redacted] Grande	[Redacted]

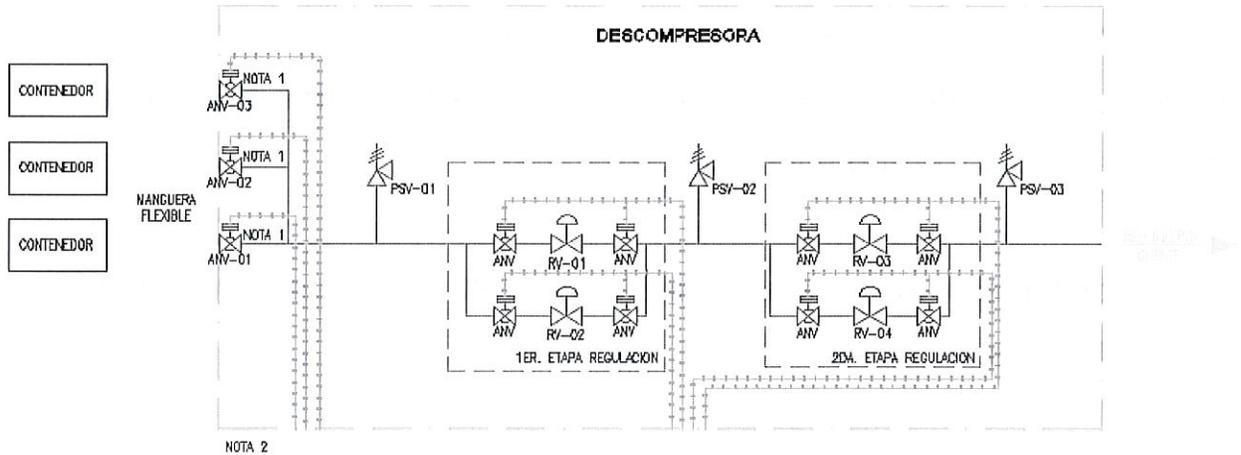
	<b>SALVAGUARDAS DE UNA RCU 2000</b>	Página 6
	ASOCIACIÓN DE PROPIETARIOS DEL PARQUE INDUSTRIAL TOLUCA 2000	Rev. 0

## DIAGRAMA SISTEMAS DE SEGURIDAD -RCU

DIAGRAMA SISTEMAS DE SEGURIDAD - RCU 2000

**NOMECLATURA**

PSV VALVULA DE ALIVIO  
RV VALVULA REGULADORA  
ANV VALVULA ADICIONADA EN MATRIASISTE



DEL RESPONSABLE TÉCNICO, ART. 116 PRIMER PARRAFO  
DE LA LGTAIP Y ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

	<b>Autorizó</b>
Carlos Auro [Redacted]	Man [Redacted]

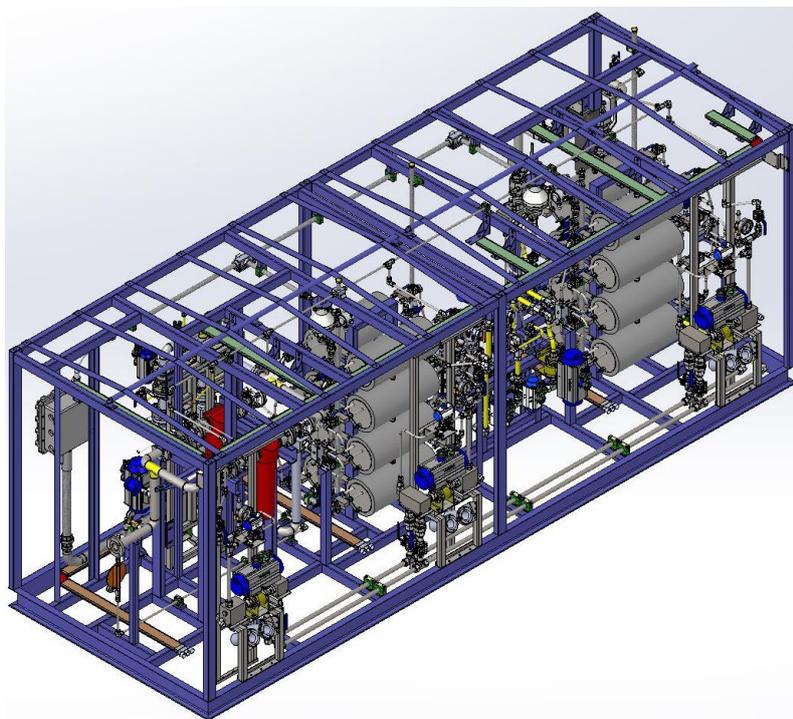
*Anexo 12 Plano de Señalética y Extintores.*

*Anexo 13 Ficha Técnica RCU 2000*



## RCU – REDUCTION AND CONTROL UNIT – 2000 m<sup>3</sup>/h MODULAR SYSTEM

### INDUSTRIAL LINE



NEOgás do Brasil S.A

I-FD-18-100-0000-0000-00-0003

REV: A000

07/28/2014

---

## 1. TECHNICAL FEATURES

### NEOgás SYSTEM

**Characteristics:** The RCU reduces and controls the pressure, temperature and flow of the Compressed Natural Gas (CNG) supply. The RCU system includes 3 decompression inlets, electric control panel and a skid with heating system and air compressors. This system is designed to be used outdoor.

**Structure:** The RCU is made of structural steel tubing and sheet metal. The side closure is made of canvas, facilitating ventilation.

**Surface protection:** The surface of the structure is sand blasted providing an excellent anchorage and a perfect adherence of the primer and final corrosion resistant paint.

**Safety system:** The equipment has two safety systems, one is the software that monitors continuously the equipment and identifies any change in the process and the other is a mechanical one, consistent of pressure relief valves for each reduction stage.

**Control system:** The equipment has PLC which controls and monitors the whole process making the necessary adjustments to the system automatically.

**Heating system:** It is composed by shell and tube type heat exchangers, using water as the heating fluid. A natural gas (CNG) fired boiler heats the water that circulates through the system.

**Pressure reduction system:** The pressure reduction is made in two stages. Before each reduction, the CNG is heated to prevent from freezing. Both first and second stages have a redundancy line with capacity for the nominal flow. The backup reduction line is automatically activated in the event of a failure in any stage.

2. EQUIPMENT DIMENSIONS (in millimeters)

RCU 2000

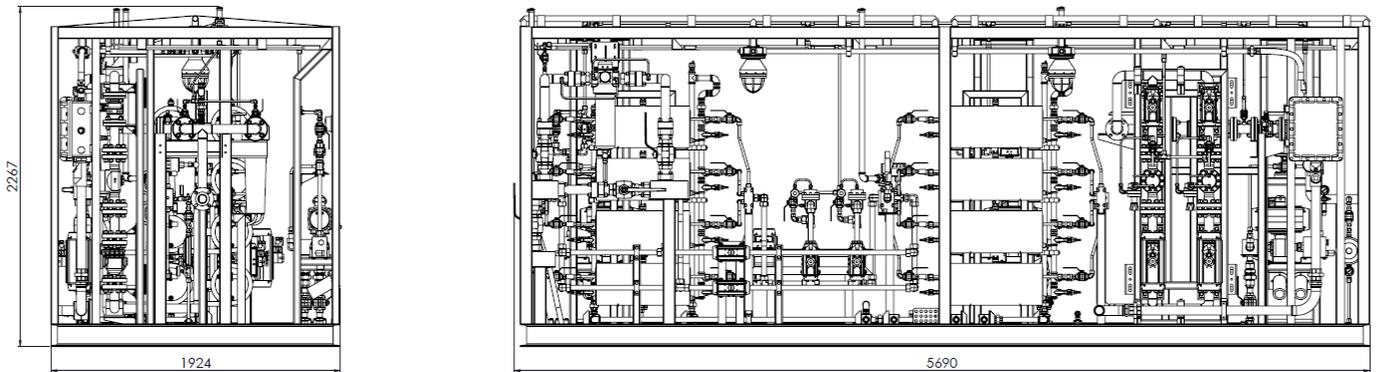


Figura 1 - RCU 2000

HEATING UNIT

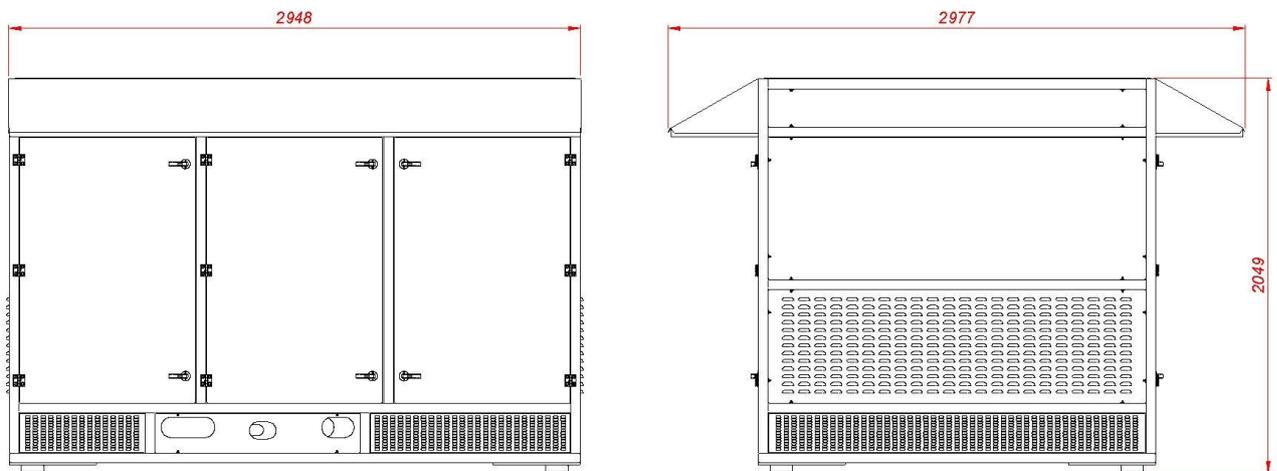


Figura 2 – Heating Unit - RCU 2000

**WATER TANK**

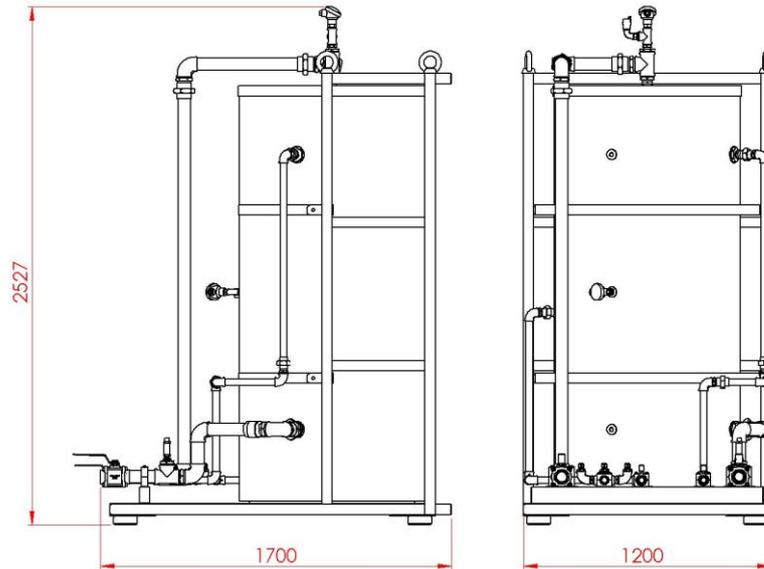


Figure 3 – Water Tank – RCU 2000

The RCU 2000 contains 1 water tank

**AIR COMPRESSOR SKID**

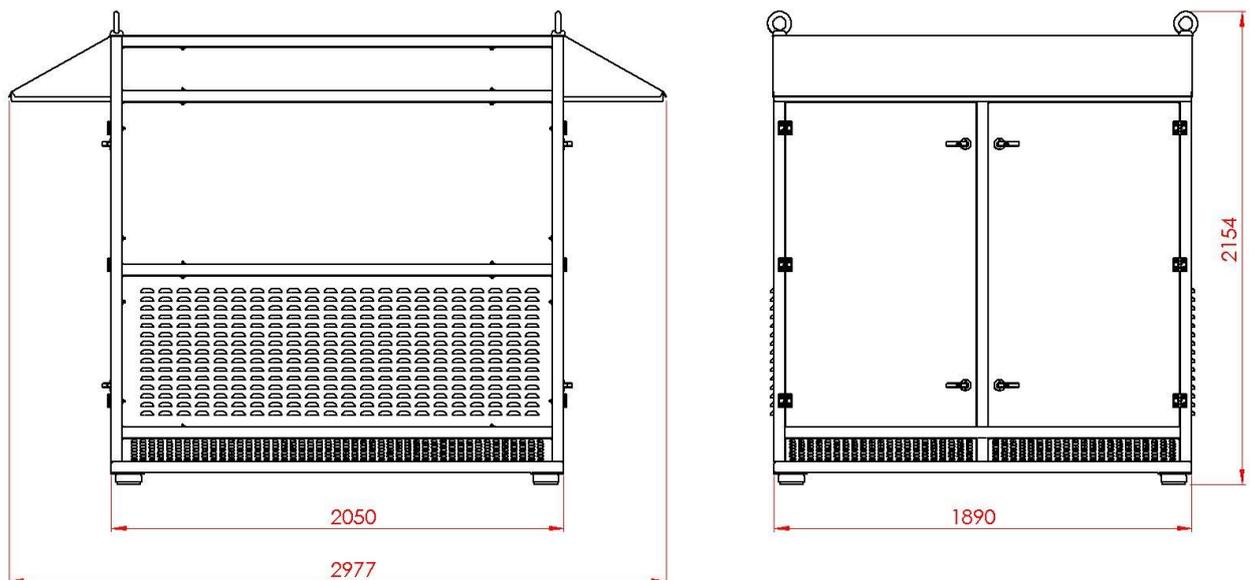


Figure 4 – Air Compressor Skid – RCU 2000

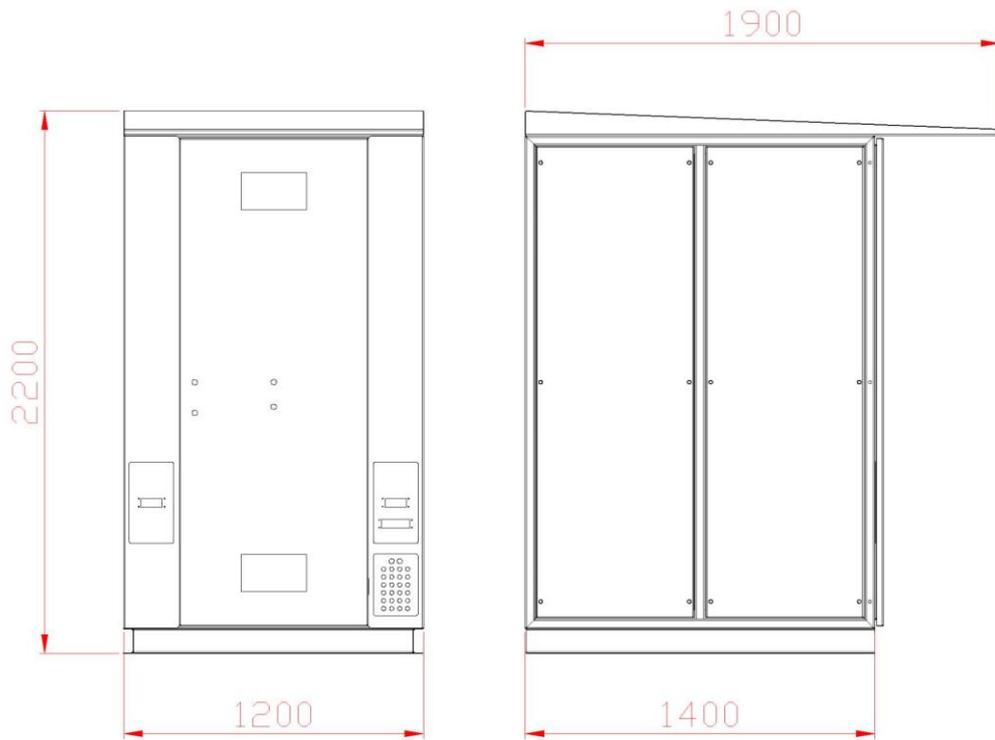


Figure 5 –Control Panel – RCU 2000

**SYSTEM DATA**

<b>Flow</b>	2,000 m <sup>3</sup> /h *
<b>Inlet pressure CNG</b>	275 – 15 bar
<b>Outlet pressure CNG</b>	4 - 10 bar
<b>Number of reduction pressure stages</b>	2
<b>Filtration grade (coalescence and particulate)</b>	≤ 3 micra
<b>Pneumatic feed line</b>	6 - 8 bar
<b>Air consumption (by trigger)</b>	89 liters
<b>Voltage / Frequency</b>	220 VCA / 60 Hz
<b>Electric Consumption</b>	5.6 KWh **
<b>Water Tank</b>	1
<b>Water Tank Capacity</b>	1,000 liters
<b>Weight</b>	
<b>RCU</b>	3,200 Kg
<b>Heating unit</b>	1,300 Kg
<b>Water tank ***</b>	530 Kg
<b>Control panel</b>	580 Kg
<b>Air compressor skid</b>	750 Kg

\* @ 1.0 atm and 20°C.

\*\* Including consumption of the air compressor.

\*\*\* Without water.

**3. NOTE****4.**

NEOgás do Brasil S.A. reserves the right to change technical specifications without notice.

The pictures in this document are only illustrative.

The heights of the heating unit, water tank and air compressor skid may change depending on the setting of the feet.