

ESTUDIO DE RIESGO MODALIDAD ANÁLISIS DE RIESGOS

Estudio de Riesgo Ambiental Modalidad Análisis de Riesgo para el Proyecto para el proyecto de instalación y Operación temporal de Sistema de Descompresión de gas natural para abastecer a tres plantas de asfalto ubicadas en el Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (mayo de 2018).

Descompresión de gas natural para la fabricación de carpeta asfáltica utilizada para construcción de la Pista 2 del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México

ÍNDICE

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO.....	2
I.1 Bases de diseño.....	6
I.1.1 Criterios de diseño.....	11
I.1.2 Proyecto civil.....	15
I.1.3 Proyecto mecánico	37
I.1.4 Proyecto sistema contra-incendios	64
I.2 Descripción detallada del proceso	67
I.2.1 Hojas de seguridad	71
II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.....	126
II.1. Radios potenciales de afectación.....	127
II.2 Interacciones de riesgo	133
II.3 Efectos sobre el sistema ambiental.....	136
III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.....	158
III.1 Recomendaciones técnico-operativas	163
III.2 Sistema de seguridad	166
III.3 Medidas preventivas	171
IV. RESUMEN	183
IV.1 Señalar las conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental	183
IV.2 Hacer un resumen de la situación general que presentan el proyecto en materia de Riesgo Ambiental.....	185
IV.3 Presentar el informe técnico debidamente llenado.....	189
V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL	190
V.1 Formatos de presentación	190
V.1.1 Planos de localización.....	190
V.1.2 Fotografías	190
V.1.3 Videos.....	190
V.2 Otros Anexos	197

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

El proyecto propuesto consiste en la instalación y operación temporal del Sistema de Descompresión de Gas Natural para abastecer a tres plantas para la producción de asfalto (una marca TEREK y dos Voyager), dichas plantas son consideradas como “portátiles”, ya que están montadas en tractocamiones, lo cual les permite su movilidad y traslado a los puntos en donde se instalarán de forma temporal por un periodo de cuatro meses.

El motivo para la instalación de estas plantas consiste en el hecho de que la promotora ha sido contratada para llevar a cabo la construcción de dos pistas de aterrizaje, para el proyecto del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM), para lo cual se requerirá como uno de sus principales insumos, asfalto con las especificaciones precisas para el recubrimiento de tales obras de infraestructura. El proyecto “Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, S. A. de C. V.” cuenta con la autorización de impacto ambiental median el resolutive número SGPA/DGIRA/DG/09965 con fecha 28 de noviembre de 2014 emitido por la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

El motivo para la instalación que es objeto de esta MIA, consiste en el hecho de que la promotora ha sido contratada para llevar a cabo la construcción de una pista de aterrizaje y despegue, para el proyecto del Nuevo Aeropuerto Internacional de México, para lo cual se requerirá como uno de sus principales insumos, asfalto con las especificaciones precisas para el recubrimiento de tales obras de infraestructura.

Pensando en la economía, en la disponibilidad del asfalto en condiciones de ser utilizado de manera inmediata sin que pierda sus especificaciones para utilizarse en el recubrimiento de las pistas; en el riesgo que implica el almacenamiento y

transporte de este material, el cual tiene que ser manejado bajo ciertas condiciones de temperatura y sobre todo, para el caso que nos ocupa, en el impacto ambiental adverso que se puede evitar o disminuir, es que se ha propuesto la alternativa de solución a través de un sistema que utiliza gas natural.

Desde el punto de vista de las ventajas ambientales que tiene la instalación y operación de las plantas de asfalto in situ, tenemos los siguientes:

- Los insumos de gas natural procederán de un proveedor que cuenta con los adecuados controles ambientales, de seguridad industrial y de seguridad operativa.
- Se utilizará gas natural en vez de otros combustibles que pudieran generar mayor contaminación, como sucedería con el combustóleo o el diésel, por ejemplo.
- No se requerirá de transporte de asfalto desde una planta productora de éste, en vehículos acondicionados para mantenerlo a alta temperatura, lo que pudiera generar goteos y derrames de ese fluido, además del aporte a la contaminación por ruido y por emisiones a la atmósfera que generan estos vehículos.
- Las plantas están montadas en equipos móviles, lo cual habla de que se trata de un sistema compacto y portátil, que no requerirá de mucho espacio para su instalación temporal.

El contar con instalaciones de estas características, mismas que implican, además la descompresión del gas natural, conllevan un riesgo, como pudiera ser la manifestación de una fuga, derrame, incendio o explosión, pero dado que estas modernas plantas móviles cuentan con equipos y dispositivos de seguridad, dichos riesgos son prevenidos y controlados de manera eficiente, no obstante, estos serán analizados y estimados en toda su magnitud, mediante este Estudio de Riesgo

Ambiental, el cual forma parte de la gestión que será atendida mediante el desarrollo del presente documento.

Por su naturaleza, el proyecto a desarrollar se considera como una actividad vinculada con el sector hidrocarburos. De acuerdo a la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, se considera como una actividad del sector hidrocarburos, el procesamiento, compresión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como el transporte, almacenamiento, distribución y expendio al público de gas natural (artículo 2º, Fracción XI, inciso c) y dado que para la operación de las plantas de asfalto que son objeto de estudio se llevará a cabo un proceso de descompresión de gas natural, el proyecto se encuadra perfectamente bien en el precepto que se menciona en dicha regulación.

Como se ha comentado, el objeto del proyecto es instalar las plantas de asfalto y su equipamiento periférico necesario, para producir asfalto de la calidad necesaria para el recubrimiento de las pistas de aterrizaje de lo que será el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, con las especificaciones técnicas requeridas para ello y utilizando una tecnología de última generación, con los sistemas y dispositivos necesarios para controlar el riesgo y utilizando tecnología que permite el uso de gas natural en vez de otro tipo de combustibles fósiles que pudieran resultar más contaminantes.

Las plantas productoras de asfalto que se utilizarán están montadas en equipos móviles que permitirán su rápida instalación y desmantelamiento al final de la actividad, además por su conformación, requerirán de un espacio reducido para su colocación.

Es necesario comentar aquí que, el sitio donde se instalarán las plantas de producción de asfalto, estará insertado dentro de los terrenos destinados a la construcción del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México cuya

superficie aproximada es de 4,431.1649 Ha, específicamente en un lugar aledaño a aquel en el que se tiene determinado el trazo de las pistas de aterrizaje, el cual se localiza en el Estado de México en los Municipios de Texcoco y Atenco, al Noreste de la Ciudad de México. El predio está limitado al Norte por el depósito de evaporación solar denominado El caracol, al sur por la carretera Peñón Texcoco, al este por tierras de cultivo y al oeste por áreas urbanizadas de las delegaciones Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza y el Municipio de Ecatepec de Morelos (véase Figura 1 localización Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México), lo cual resulta estratégico para el buen desarrollo de las actividades de construcción de las pistas de aterrizaje.

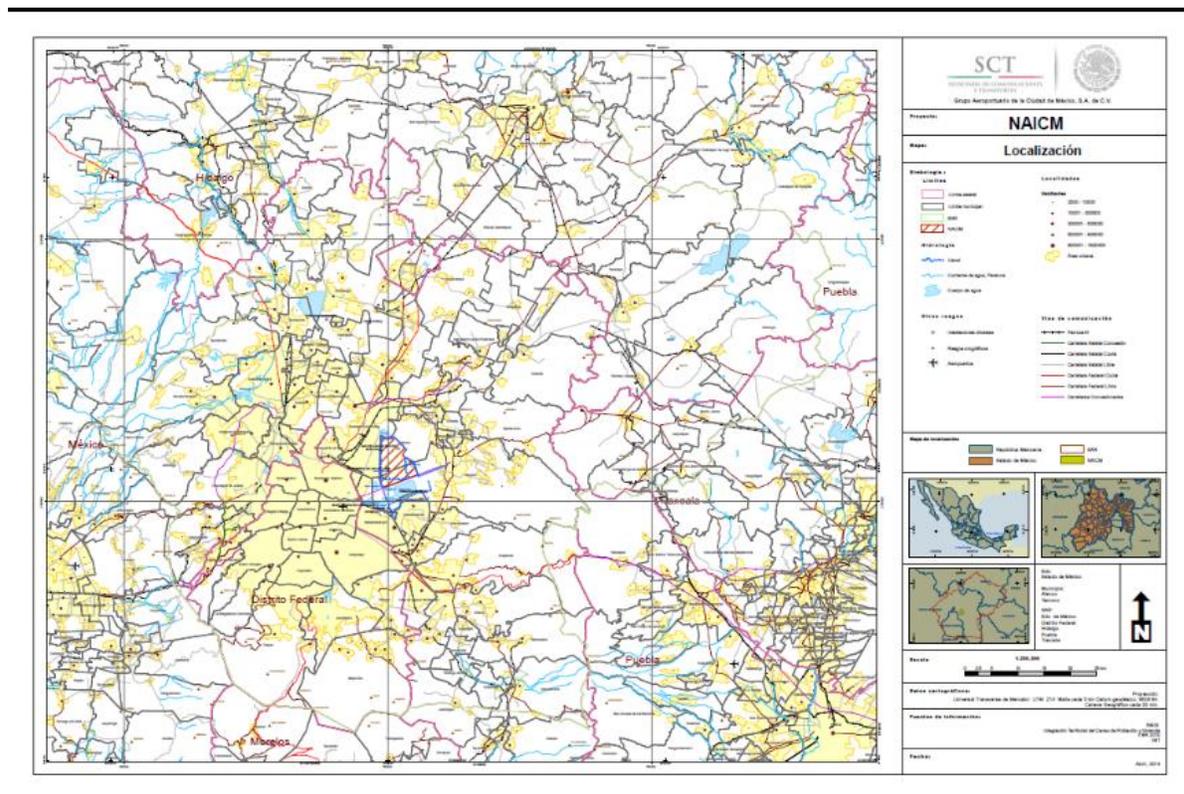


Figura 1 Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México

Finalmente, se trata de producir las cantidades de asfalto con la calidad necesaria para satisfacer los requerimientos de este material en la construcción de las pistas de aterrizaje del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, el cual se encuentra en etapa de construcción (Fase I del periodo 2014-2018). Luego de

cumplir con su objetivo, el equipamiento que haya sido desplegado para la instalación de las plantas de asfalto se desinstalará y recogerá para que las plantas sean retiradas con los propios equipos que las soportan; dejando el espacio libre para ser ocupado en las áreas o actividades que el proyecto del aeropuerto lo requiera.

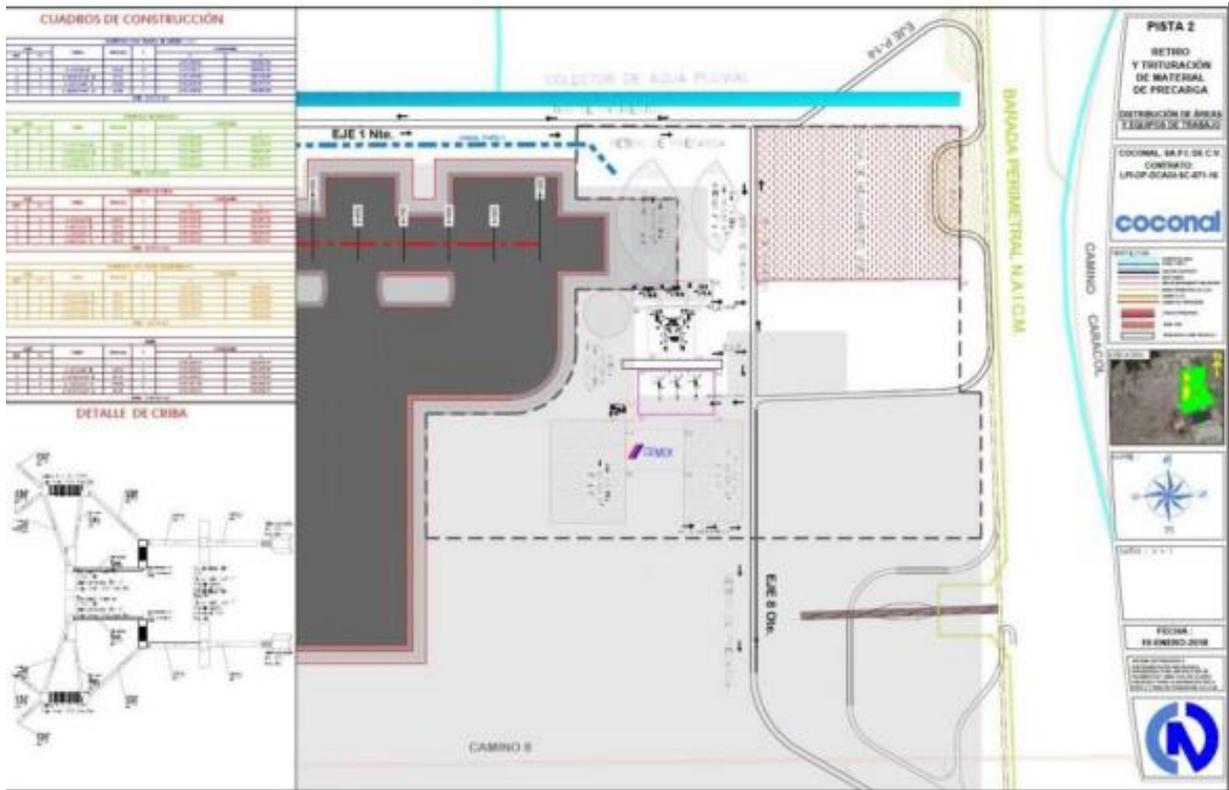


Figura 2 Ubicación de las áreas para el desarrollo de las actividades asignadas a COCONAL (rombo color rojo)

I.1 Bases de diseño

El presente documento proporciona información específica para el equipo que conformará el Proyecto. De igual forma, establece el alcance y la metodología de administración para el mismo.

Los documentos de la Base de Diseño son el alcance del Proyecto que han acordado todas las partes interesadas del Proyecto. Es un documento en evolución constante que se llena desde el inicio del Proyecto y se actualiza todo el tiempo a lo largo del Proyecto con detalles cada vez más amplios. Al concluir el Proyecto, la Base de Diseño se entrega para convertirla en un Manual del Usuario.

Previamente al desarrollo del Proyecto, se realizaron estudios del sitio donde se tomaron en cuenta aspectos meteorológicos y fenómenos naturales, tipo de suelo, orografía, así como la aplicación de normas, reglamentos y códigos de construcción vigentes, medidas de seguridad.

El desarrollo de la ingeniería básica, instalación y operación del Proyecto está sustentado en códigos y normas nacionales e internacionales.

El Proyecto operará dentro de las normas de seguridad vigentes y contará con los medios necesarios para preservar la seguridad de las instalaciones, así como el entorno ecológico a lo largo de su vida útil. En las normas y especificaciones de seguridad, se señalan los lineamientos seguidos para prevenir y evitar accidentes, combatir y controlar siniestros dentro de las instalaciones.

Los edificios contarán con las dimensiones y medidas de seguridad en techos, paredes, pisos, patios, rampas, y están diseñados en forma correcta, con base en lo que establece el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.

Los edificios nuevos tendrán una distribución y configuración tal, que no sea problemático desalojar al personal en forma rápida de las áreas de trabajo en casos de emergencia.

El Proyecto cumple con los requisitos aplicables establecidos en el Reglamento de Construcciones y los requisitos de seguridad, higiene, servicios y acondicionamiento ambiental, así como los servicios de comunicación y prevención de emergencias que son verificados periódicamente.

El Proyecto básico cumplirá con leyes, normas, reglamentos de construcción, normas oficiales mexicanas, o en su caso, con los términos que establece la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y en ausencia de éstos con lo que señalen las prácticas internacionales reconocidas.

El proyecto consistirá en el traslado e instalación del equipamiento e infraestructura necesaria para la operación de tres plantas de asfalto móviles, tipo Astec, marca Voyager-120 de 120 ton/hora de capacidad.



El proyecto inicia con el acondicionamiento del área en donde se van a instalar los equipos, sistemas y dispositivos, que darán servicio al proceso de fabricación de asfalto y más tarde, recibir a los vehículos en los que vienen montadas las plantas, mismos que se posicionarán en el lugar que les corresponde, para que una vez

colocados ahí, “desenganchar” el tractocamión y proceder a su conexión final con la infraestructura periférica.

Ya habiendo quedado instalada toda la infraestructura necesaria para la producción de asfalto y sus servicios auxiliares, y luego de las pruebas de arranque correspondientes, se dará inicio a la fabricación de asfalto, para lo cual se requerirá del suministro mediante vehículos transportadores, de gas natural comprimido, el cual es descargado en la sistema a un equipo especial para su descompresión, y de ahí continuar hacia las diversas fases de acondicionamiento, suministro de agregados y preparación de asfalto, el cual será cargado en camiones de volteo que se encargarán de trasladarlo a los frentes de trabajo. Cabe señalar que, entre las particularidades más destacadas de este proyecto, están las siguientes:

- La producción de asfalto se realizará en un sitio aledaño al frente de trabajo, lo que nos da la pauta para considerar ventajas de tipo económico y ambiental.
- Se utilizarán plantas compactas móviles de alta tecnología, las cuales cuentan con controles que favorecen la seguridad y control de los riesgos, además de no requerir de amplios espacios para su instalación y de no generar impactos adversos significativos por emisiones a la atmósfera.
- Se utilizará gas natural como combustible, el cual resulta ser más amigable con el ambiente que otro tipo de combustibles fósiles, dado que sus componentes resultan ser menos contaminantes que los de otro tipo de mezclas de hidrocarburos y su aporte al fenómeno de cambio climático es, por tanto, menor.
- Se contará con un sistema de almacenamiento de gas natural, lo que abonará a la reducción y control del riesgo, así como a disminuir la probabilidad de que ocurra un impacto ambiental derivado de posibles escurrimientos, desfuegos o emisiones fugitivas.
- El proveedor de gas natural que se contratará (*Grupo GN Energéticos*) cuenta con la infraestructura de dotación mediante ducto, almacenamiento, compresión, despacho y transporte gas natural con las condiciones y controles necesarios

para asegurar el manejo seguro de este combustible. El suministro de gas natural a las plantas de asfalto, se hará mediante camiones que cuentan con los sistemas, equipos y dispositivos que garantizan el manejo seguro y el control de los riesgos, establecidos en los sistemas de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al ambiente, instaurados por la empresa proveedora (se utilizan unidades de transporte especializado tipo *Titán Magnúm marca Lincoln* con contenedores de polietileno de alta densidad reforzados con fibra de carbono con una estructura de cinco cilindros grandes y ocho pequeños) .

- Debido a que la producción de asfalto se realizará in situ, por parte del personal de la propia promotora, se asegurará que el asfalto que se produzca cumpla con las especificaciones técnicas y la calidad necesaria para ser utilizado en el recubrimiento de las pistas de aterrizaje / despegue del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.
- Por su portabilidad, una vez que se haya concluido la obra, la desinstalación y desmantelamiento de las plantas de asfalto será más fácil y expedita.

I.1.1 Criterios de diseño

I.1.1.1 Normas utilizadas para el Proyecto

La aplicación, el diseño y la instalación, se basará en las revisiones más recientes de los siguientes documentos (en secuencia de prioridad):

1. Reglamentación y Legislación Locales
2. Códigos y Estándares Internacionales.

Esta sección enumera toda la documentación aplicable al diseño:

Tabla 1 Normas, Códigos, procedimientos aplicables al proyecto

Norma/Código/Procedimiento	Contenido
NOM-008-SCFI-2002	Sistema general de unidades de medición.
NOM-001-SEDE-2012	Instalaciones eléctricas.
NOM-012-SCT-2-2014	Peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de transporte que transitan en las vías de comunicación generales de la jurisdicción federal.
NOM-020-SCT2-1995	Requisitos generales para el diseño y la construcción de camiones cisterna con remolque para el transporte de materiales peligrosos y desechos, especificaciones SCT 306, SCT 307 y SCT 312.
NOM-086-SENER SCFI-2005	Especificaciones sobre combustibles fósiles para protección ambiental.
NOM-002-STPS-2010	Seguridad, Prevención y Protección contra Incendios en Lugares de Trabajo.
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-011-SECRE-2000	Gas natural comprimido para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad en instalaciones vehiculares

Norma/Código/Procedimiento	Contenido
NMX-J-017-ANCE-2006	Accesorios para cables y tubos - Especificaciones y métodos de pruebas.
NMX-J-023/1-ANCE-2007	Productos eléctricos - Inscripción del registro de metales de producción parte 1: especificaciones y métodos de pruebas.
NMX-J-061-ANCE-2004	Conductores – cables multiconductores para distribución aérea y subterránea de bajo voltaje – especificaciones.
NMX-J-534-ANCE-2008	Tubos de acero rígidos de uso rudo y sus accesorios para la protección de conductores eléctricos - Especificaciones y métodos de pruebas.
NMX-C-122-ONNCE-2004	Agua para concreto.
NMX-C-414-ONNCCE-2014	Cementos hidráulicos.
NMX-C-021-ONNCCE-2015	Cemento de albañilería.
NMX-C-255-ONNCCE-2015	Agregados para concreto hidráulico.
NMX-C-030-ONNCCE-2013	Agregados - muestreo.
NMX-C-407-ONNCCE-2001	Varilla corrugada.
NMX-B-254-ONNCCE-2008	Acero estructural.
MDOC. CFE 2015	Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño Sísmico.
MDOC CFE-2008 DS.	Publicado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (Específicamente: Secciones 3.1, 3.2 y 3.3).
MDOC. CFE 2008	Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño Eólico.
MDOC CFE-2008 DV.	Publicado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas.
RCDF-2004	Reglamentación de las Construcciones del Distrito Federal.
RCDF-2004- Albañilería	Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Albañilería
(NTC-DM-04)	Código de Construcción de la Ciudad de México.
RCDF-2004-Cargas	Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Cargas por Diseño Estructural de Edificios (NTC-CA-04) del Código de Construcción de la Ciudad de México (RCDF-2004).
Códigos y Estándares Internacionales	
Instituto Americano del Concreto (ACI)	
ACI-318M-2014	Requisitos del Código de Construcción para Concreto Estructural y Comentario.
ACI 351.2R-1994	Cimientos para Equipos Estáticos.
Instituto Nacional de Normalización Estadounidense(ANSI)	

Norma/Código/Procedimiento	Contenido
ANSI NGV 1-2006	Natural Gas Vehicles (NGV) Fueling Connection Devices.
ANSI NGV 2,-2007	American National Standard for Natural Gas Vehicle Containers
ANSI/ISA 84.00.01 part. 3 2004.	Functional Safety: Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector-Part 3: Guidance for the Determination of the Required Safety Integrity Levels.
ISO (International Organization of Standardization)	
ISO 9809-1:2010	Gas cylinders refillable seamless steel gas cylinders-Design, construction and testing-Part 1: Quenched and tempered steel cylinders with tensile strength less than 1 100 MPa.
ISO 9809-3:2010	Gas cylinders refillable seamless steel gas cylinders-Design, construction and testing-Part 3: Normalized steel cylinders.
ISO 11439:2000	Gas Cylinders-High Pressure Cylinders for the on-board storage of natural gas as a fuel for automotive vehicles.
ISO 15501-1:2012	Road vehicles-Compressed natural gas (CNG) fuel systems-Part 1 Safety requirements.
ISO 15501-2:2001	Road vehicles-Compressed natural gas (CNG) fuel systems-Part 2 Test methods.
Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE)	
Anclaje de la ASCE 2013	Diseño de Anclaje para Instalaciones Petroquímicas.
ASCE 7, 2010	Cargas de Diseño Mínimas para Edificios y otras Estructuras.
Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME)	
ASME Boiler and Pressure Vessels Code, Section VIII or Section X	Rules for the construction of Unfired Pressure Vessels, Div. 1 or Div. 2.
ASME Boiler and Pressure Vessels Code, Section X	Fiber reinforced plastic pressure vessels
ASME B31.3,2012	Diseño de Tubería de Procesos.
Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM)	
ASTM A47/A47M-99(2009)	Standard Specification for Ferritic Malleable Iron Castings.
ASTM A105/A105M-11a	Standard Specification for Carbon Steel Forgings for Piping Applications
ASTM A106/A106M-11	Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High Temperature Service.
ASTM A269-10	Standard Specification for Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Tubing for General

Norma/Código/Procedimiento	Contenido
	Service..
ASTM A372/A372M-10	Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Forgings for Thin Walled Pressure Vessels.
ASTM A395/A395M 99(2009)	Standard Specification for Ferritic Ductile Iron Pressure Retaining Castings for Use at Elevated Temperatures
ASTM A536-84(2009)	Standard Specification for Ductile Iron Castings.
ASTM E136-12	Standard Test Method for Behavior of Materials in a Vertical Tube Furnace at 750°C.
Sociedad Americana de Soldadura (AWS)	
AWS D1.1-2010	Código de Soldadura Estructural – Acero.
AWS D1.3-2008	Código de Soldadura Estructural – Lámina de Acero.
AWS D1.4-2011	Código de Soldadura Estructural – Acero Reforzado.
Comisión Internacional Electrotécnica (IEC)	
IEC-60034-1	Máquinas Eléctricas Giratorias.
IEC 60529	Grados de Protección provistos por Gabinetes.
IEC 60079-20-1	Atmósferas Explosivas. Características para Clasificación de Gas y Vapor.
Instituto del Petróleo (IP)	
Código del Modelo del IP 019	Precauciones contra Incendios en Refinerías de Petróleo e Instalaciones de Almacenamiento a Granel, Edición 2012.
Sociedad de Instrumentos de América (ISA)	
ISA S5.1	Símbolos e Identificación de Instrumentación.
ISA S5.2	Diagramas Lógicos Binarios para Operaciones de Procesos.
ISA S5.3	Símbolos Gráficos para Control Distribuido/Instrumentación de Pantallas Compartidas, Lógica y Sistemas de Cómputo.
ISA S5.4	Diagramas de Lazo de Instrumentos.
ISA-RP12.06.01-2003	Práctica Recomendada para Métodos de Cableado para Instrumentación de Ubicaciones (Clasificadas) Peligrosas Parte 1: Seguridad Intrínseca.
ISA S20	Formas de especificación para medición de procesos e instrumentos de control, elementos primarios y válvulas de control.
ISA 71.04	Condiciones Ambientales para Medición de Procesos y Sistemas de Control: Contaminantes Aerotransportados.
ISA 75.01	Ecuaciones de Flujo para Válvulas de Control de Dimensionamiento.

Norma/Código/Procedimiento	Contenido
ISA 75.01.01	Válvulas de Control de Procesos Industriales - Parte 2-1: Capacidad de flujo - Ecuaciones de dimensionamiento para flujo de fluidos bajo condiciones instaladas
ISA 75.05.01	Terminología de Válvulas de Control.
ISA 75.08.01	Dimensiones cara a cara para Cuerpos de Válvulas de Control Estilo Globo Bridadas Integrales (Clases 125, 150, 250, 300 y 600)
Sociedad de Normalización de Fabricantes (MSS)	
MSS SP-6	Acabados Estándar para Superficies de Contacto de Bridas de Tubo y Bridas de Conexión de Extremos de Válvulas y Accesorios.
MSS SP-25	Sistema de Marcado Estándar para Válvulas, Accesorios, Bridas y Uniones.
MSS SP-58	Diseño y fabricación de colgadores de tubos y materiales de soportes.
MSS SP-69	Selección y aplicación de colgadores de tubos y soportes.
Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA)	
NFPA 37	Standard for the installation and Use of Stationary Combustion Engines and Gas Turbines, 2010 Edition.
NFPA 52	Compressed Natural Gas (CNG) Vehicular Fuel System, 2010 Edition
NFPA 59A	Standard for the Production Storage and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG).
NFPA 70	National Electrical Code, 2011 Edition.
Normatividad Planta de Asfalto	
ASTM D 242	Mineral para asfaltos.
ASTM D 946	Grado de penetración de cemento asfáltico para construcción de pavimentos.
ASTM D 6928.	Resistencia de grado grueso a la degradación por MICRO-DEVAL.
EN12697-32	Compactación en laboratorio de mezclas bituminosas.
AASHTO M156	Requisitos para plantas industriales de mezclas asfálticas.
NOM-043-SEMARNAT-1993.	Niveles máximos permisibles de emisiones a la atmosfera.
N CTR CAR 1 04 006.	Construcción de carpetas asfálticas.

I.1.2 Proyecto civil

El Proyecto de construcción de la Planta de Asfalto incluye las siguientes áreas

- Plataforma para Plantas de Asfalto (superficie de 9,873.18 m²)
- Plataforma de Trituración (superficie de 10,526.15 m²)
- Plataforma de Cribas (superficie de 16,576.61 m²)
- Plataforma para Plantas de Estabilizados (superficie de 1,323.28 m²)
- Plataforma para CEMEX (superficie de 11,647.84 m²)
- Oficinas
- Almacén general
- Almacén de residuos peligrosos
- Almacén de sustancias químicas peligrosas
- Estacionamiento
- Comedor
- Servicio médico
- Patio, áreas comunes y pasillos de circulación
- Sala de juntas
- Laboratorio
- Taller Mecánico
- Sanitarios
- Estación de Descompresión de Gas Natural comprimido

Para la selección del sitio, se atendieron las disposiciones establecidas por la administración de la obra del Nuevo Aeropuerto Internacional de México (NAIM), relativas a la ocupación temporal de algunas áreas, para el desarrollo de actividades específicas que, en este caso, corresponden a la construcción de las pistas de aterrizaje ubicadas en una franja que recorre al predio destinado a la construcción del aeropuerto de Norte a Sur, por la parte central (véase Figura 3).

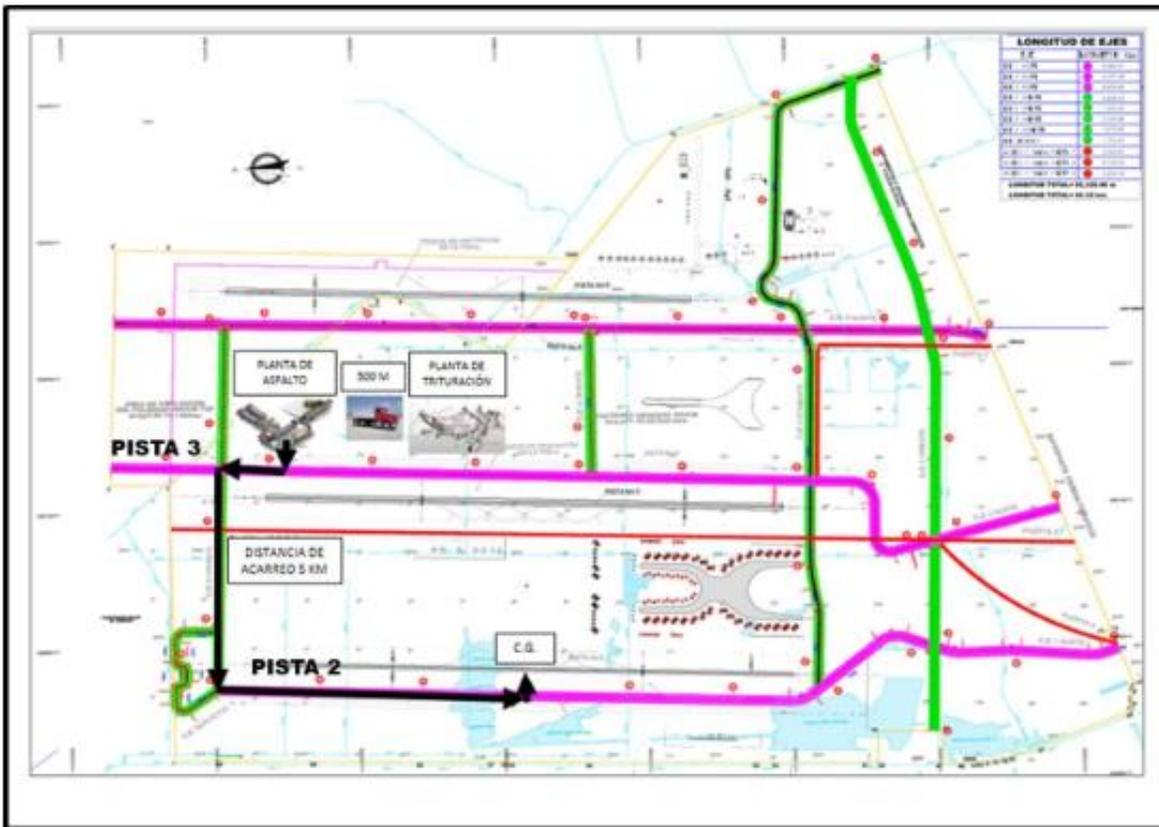


Figura 1 Ubicación del predio destinado a la producción de triturados y asfalto, dentro del predio donde se está construyendo el Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

En ese sentido, para la selección del sitio se consideró en primera instancia, el proyecto de la obra del Nuevo Aeropuerto de México, en particular en lo relativo al arreglo y ubicación espacial del área donde se construirá la pista de aterrizaje número 2, ya que es en un área ubicada hacia el norte de la franja y derecho de vía de lo que será la pista, en donde se ubica el sitio para la preparación de los materiales que van a ser utilizados en la construcción; y todo ello, depende tanto del proyecto ejecutivo del propio NAIM, como de las decisiones que se hayan tomado para la ubicación de la infraestructura y en su caso, para la producción y disposición del material de construcción a utilizar, lo cual queda establecido en el Contrato LPI-OP-DCAGI-SC-071-16, suscrito entre la administración de la obra del aeropuerto Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México, S.A. de C.V. (GACM) y COCONAL, S.A.P.I. de C.V..

En la zona que se destinó para el desarrollo de actividades de almacenamiento de insumos para el triturado y preparación de recubrimiento de la pista de aterrizaje, se localizarán las áreas de almacenamiento de materia prima, área de maniobras, equipos de trituración y almacenamiento de materiales triturados como producto intermedio. Hacia la cabecera norte delo que será la pista 2, se destinará un predio para la instalación del Sistema de Descompresión y las plantas de asfalto que son de nuestro interés, tal como se puede observar en las Figuras 1 y 7.

La decisión de COCONAL, para la selección del sitio para la instalación del Sistema de Descompresión y las plantas de asfalto, finalmente tiene que ver con una visión estratégica, que depende de los tiempos y movimientos que representarían la dotación de insumos, la producción de asfalto y la entrega y colocación de este producto para la construcción de las pistas de aterrizaje y despegue. Es por ello que la localización de la infraestructura de estas plantas, se ubicará en un sitio aledaño al proceso de trituración y a las vías de salida para el fácil transporte del asfalto hacia el frente de trabajo.

Otro factor que se ha tomado en cuenta, tiene que ver con el riesgo que implica el proceso de producción de asfalto, pues por tratarse de un proceso que implica el manejo de materiales peligrosos, y que requiere de aplicar temperaturas elevadas, además de un proceso de descompresión de gas natural, se decidió colocar a dicha infraestructura, en un punto donde no se generen sinergias con otros procesos de la trituración o del almacenamiento de materiales peligrosos que incrementen el nivel de riesgo y/o pudieran dar lugar a un “efecto dominó”.



Figura 4 Consideraciones para la toma de decisiones acerca de la ubicación del sitio del proyecto en función a las distancias para el acarreo de materiales al frente de trabajo

En resumen, en la selección del sitio, se tomaron en cuenta los acarreo entre la planta de trituración y las plantas de asfalto, para hacer más eficiente el proceso de producción de asfalto y satisfacer así, la demanda diaria de volumen de este material. Considerando adicionalmente en ello, el factor de riesgo inherente al uso de materiales peligrosos y la descompresión del gas natural del que se alimentarán las plantas de asfalto. El sitio en donde se ubicará el proyecto consiste de una plataforma de 9,873.18 m, la cual cuenta con las dimensiones necesarias para el desplante de la instalación del Sistema de Descompresión y tres plantas móviles, las que por sus dimensiones y carácter de “portabilidad”, no requieren de mucho espacio, ya que los equipos principales y más voluminosos, están montados sobre vehículos.

PLATAFORMA PARA PLANTAS DE ASFALTO (x3)						
Lado		Rumbo	Distancia	V	Coordenadas	
EST	PV				Y	X
				1	2,161,248.93	499,682.69
1	2	N 0°21'59.76" E	176.18	2	2,161,425.11	499,681.56
2	3	S 89°40'57.36" E	57.10	3	2,161,424.80	499,738.66
3	4	S 0°21'13.68" W	176.50	4	2,161,248.30	499,737.57
4	1	N 89°20'21.84" W	54.88	1	2,161,248.93	499,682.69
ÁREA: 9,873.18 m ²						

Figura 5 Cuadro de construcción de la plataforma para las plantas de asfalto, indicando las coordenadas UTM

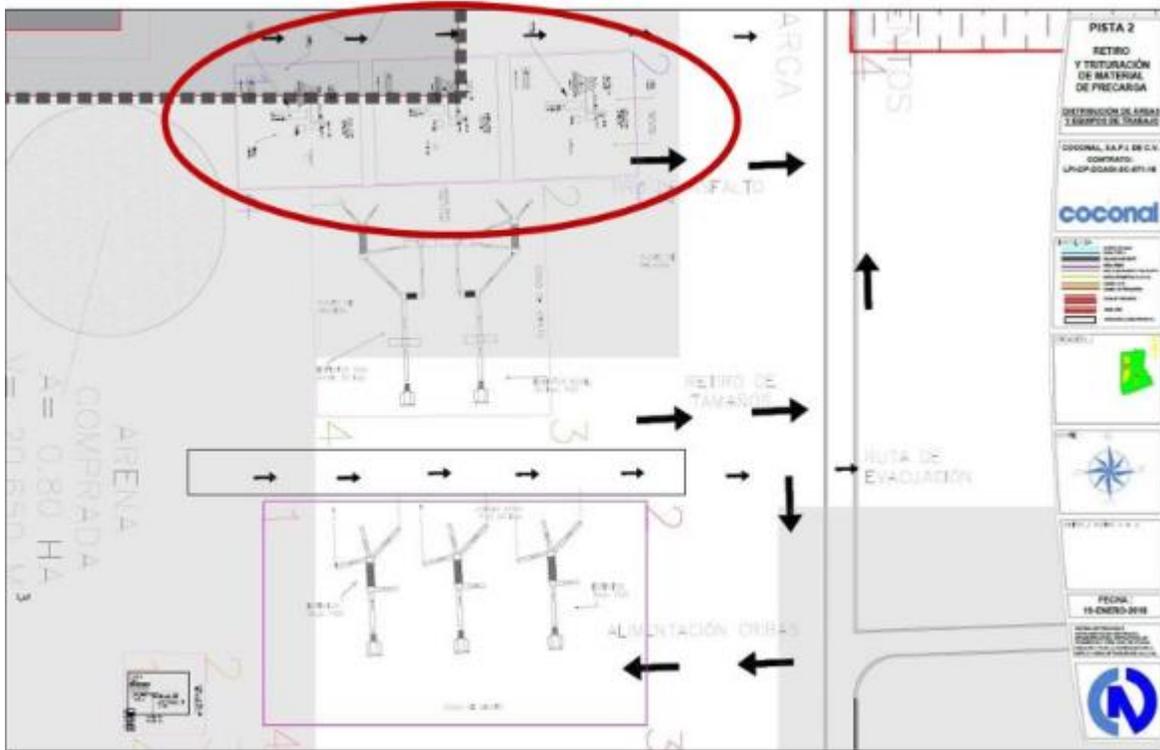


Figura 6 Ubicación del sitio del proyecto, zona roja asignada a COCONAL

Fases de construcción del proyecto.

Suministro y colocación de segunda y tercera capa de tezontle

Suministro y colocación de segunda capa de tezontle. Es importante mencionar que se considera que, para la colocación de la 2ª capa, el Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México entregará las áreas liberadas con la 1ª capa de 0.50 m y la instrumentación geotécnica instalada. Se continuará con la 2ª capa de tezontle de 50 cm de espesor con material producto de banco que cumpla las especificaciones de proyecto y normas generales.

Suministro y colocación de tercera capa de tezontle. Después de la instalación de los drenes verticales prefabricados (DVP) y la construcción del drenaje horizontal perpendicular, se iniciará con la construcción de la capa de 100 cm de espesor con material producto de banco (Tezontle) que cumpla las especificaciones de proyecto y normas generales.

Colocación de drenes verticales prefabricados.

Previo al inicio de los trabajos, la plataforma de trabajo debe ser plana, drenada y estable para los movimientos de todas las máquinas que intervengan en la construcción de los drenes verticales (excavadoras de 35 ton mínimo) en cualquier tiempo, de forma segura y libre de todos los obstáculos en el suelo. El topógrafo o el jefe de frente entonces traza secciones dentro del área de trabajo ubicando puntos de referencia en un área determinada; posteriormente, la ubicación de los puntos de los drenes que se encuentren dentro del área delimitada por las referencias se traza con ayuda de una cinta métrica.

Los drenes verticales prefabricados se hincan estáticamente en el suelo mediante tubo metálico. El tubo se coloca sobre un mástil sujetado al brazo de la excavadora.

En la base del tubo, la mecha drenante es fijada a un anclaje de acero. Cuando se alcanza la profundidad requerida (hasta 20 m o rechazo de la máquina, lo que ocurre primero), se empieza la extracción del tubo y la base del dren queda colgada del suelo gracias a su anclaje. Cuando el tubo ha sido totalmente extraído del suelo, se corta el dren unos 20 cm por encima de la plataforma de trabajo.

Una vez concluida la instalación de los drenes, estos serán verificados por la Residencia del Grupo Aeroportuario Ciudad de México. Aprobados los trabajos se podrá continuar con los drenes horizontales y la siguiente capa de tezontle (tercera).

Colocación de drenes horizontales.

Conforme avance la instalación de los drenes verticales prefabricados se procederá a la construcción del drenaje horizontal de precarga. El drenaje horizontal consta de 74 drenes perpendiculares a la pista, así como de un canal pluvial. Los drenes perpendiculares de tubería polietileno de alta densidad (PEAD) de 200 mm de diámetro serán construidos en la 1ª y 2ª capa de tezontle.

Para las secciones del canal donde se indique tubería de PEAD, se colocará una plantilla de apoyo. En caso que se presente el nivel freático arriba del fondo de la zanja, se deberá desalojar el agua.

La tubería se colocará cuidando el alineamiento al momento de su acomodo para garantizar la hermeticidad de la junta; esta junta será del tipo espiga campana con doble anillo.

El acostillamiento de la tubería, así como el material de relleno será el mismo que se utilice en la plantilla y será colocad en capas de 10 cm sobre el lomo de la tubería hasta llegar a 30 cm. Al igual que las demás fases del proyecto, los drenes horizontales, así como el canal pluvial se construirán de Norte a Sur, procurando

facilitar el control y manejo del flujo del agua subterránea que surgirá al momento de precargar el terreno.

Colocación de drenaje pluvial

Al igual que las demás actividades, el drenaje pluvial se instalará de norte a sur. La instalación de las tuberías del drenaje pluvial se hará mediante el uso de estructuras de ademe deslizante (entibado o trench shore) que nos permite tener excavaciones seguras y controladas. El ademe deslizante es un sistema comúnmente utilizado en zonas restringidas o de terrenos inestables.

Para optimizar los trabajos, las zonas de la precarga que cumplan su tiempo de espera (8 meses) y que estén en el eje de los drenajes pluviales, tendrán prioridad sobre el resto de los bloques cercanos, de forma tal que el drenaje pluvial se construya de forma continua sin interrupciones.

Los diferentes diámetros y profundidades del drenaje pluvial principal incluyendo subdrenes obliga a una logística de instalación coordinada y eficiente, que evite al máximo su interferencia con el resto de las actividades.

Los diámetros, materiales a emplear serán:

1. Tubería de PEAD, diámetros 610 mm/910 mm, profundidades desde cero hasta 5 m.
2. Tubería de concreto presforzado, diámetros 760 mm/910 mm/1020 mm/1520 mm, profundidades de cero hasta 7 m.
3. Tubería de Concreto reforzado, diámetros 1020 mm/1520 mm, profundidades de cero hasta 7 m.

Durante el suministro de la tubería se verificará que cuento con sus certificados de calidad, acordes a los requisitos de las especificaciones.

Las tuberías de concreto reforzado, concreto presforzado y PEAD serán almacenada lo más cerca de su ubicación final, pero lejos de las actividades de construcción para evitar que los tubos sean dañados.

Las tuberías se instalarán de acuerdo a la especificación, a los requerimientos de la normatividad en el tiempo, forma y calidad utilizando sistemas adecuados para una eficiente instalación.

Antes de comenzar con la excavación se trazará el eje de la zanja y las líneas externas para garantizar el apego al proyecto. Las líneas externas son importantes para la instalación del ademe deslizante.

Para la instalación de los ademes deslizantes se contará con la asesoría de personal especializado en la materia. La instalación de los ademes se muestra en el procedimiento respectivo. Una vez que instalado el ademe deslizante se procederá a la excavación de la zanja hasta las profundidades definidas en el proyecto, se efectuará en acoplado de los tubos (tubo-tubo/espiga caja/campana-caja), se acostillará y rellenará/compactará la zanja.

En ese momento se procederá a mover los ademes de esa sección hacia adelante para seguir con el proceso de conexión y colocación de la tubería. La construcción de las diferentes estructuras que son requeridas según el proyecto ejecutivo: pozo de recolección, cajas de concreto de 1200 mm x 1200 mm, 2250 mm x 2250 mm, 2700 mm x 2700 mm, 5000 mm x 2700 mm, 7500 mm x 2700 mm, etc. se hará de forma previa a su uso en un patio de prefabricación instalado exprofeso. Las estructuras se fabricarán conforme a los planos del proyecto ejecutivo.

Para la instalación de cajas y pozos se utilizará un sistema similar de ademes al anteriormente mencionado para la tubería, teniendo un sistema de bombeo que

permita trabajar en seco y se puedan efectuar las interconexiones entre estructuras y tuberías.

Sistema de precarga

Se iniciará con la construcción del cuerpo de la precarga de 1.00 m de espesor con material producto de banco (Basalto/Andesita) que cumpla las especificaciones de proyecto y normas generales.

Después de hacer la selección del material que cumpla con la especificación, por medio de góndolas de 28 m³ será transportado al sitio de la obra. Una vez en sitio, el material de precarga se colocará formando montículos, los cuales se extenderán con un tractor sobre orugas D8 o similar, de forma gradual hasta alcanzar el espesor y los niveles de proyecto. Cada capa de precarga será tendida hasta alcanzar su máximo acomodo de acuerdo a las especificaciones del proyecto.

Una vez cumplido el periodo de precarga de cada área, se procederá a retirar el material (roca), transportándolo ya sea al sitio de trituración y cribado para su utilización en los pavimentos de la pista o al área definida por el GACM dentro del polígono del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM) para su almacenamiento y posterior uso.

Para el almacenaje y retiro del material producto de la precarga para su almacenaje y/o su uso en la estructura de pavimentos se usará una excavadora sobre orugas. Se deberá poner cuidado para evitar contaminar el material de la precarga con el tezontle que se encuentra de la capa inferior.

Estructuras de Pavimento

La colocación del material será en capas de no más de 15 cm de espesor compactado, después del tendido y mezclado el material será compactado hasta

que el material quede fijo y estable, y haya sido compactada a no menos del 100 % de la densidad seca máxima a una humedad óptima.

Este material solo se utilizará en la pista y calles de rodajes, por lo cual es de suma importancia revisar los espesores y compactaciones de las capas inferiores.

1. Producción de agregados para pavimentos en sitio (NAICM). El material pétreo producto del retiro de la precarga se cribará y triturará conforme a la granulometría de las diferentes capas de pavimentos. Para esto, la planta/equipos de trituración y cribado para producción de agregados dentro del NAICM será instalada 60 días antes del cumplimiento de 8 meses de estancia del primer bloque/franja de precarga.

Con ello aseguramos el inicio de la trituración y cribado inmediatamente después del inicio de retiro de la precarga. El material producto de la precarga tendrá tamaños diversos. Por lo tanto, dicho material deberá ser sometido a un proceso de trituración y cribado para obtener material que esté dentro de los límites establecidos en las especificaciones del proyecto de los pavimentos. Un tren de trituración y cribado constará de un alimentador, un triturador secundario s/chasis NW300HP, un triturador terciario, criba s/chasis NW403CVB 8´x20 de 3 pisos y una planta de luz de 800 Kw.

Los diferentes tamaños de material se almacenarán para su posterior integración en las diferentes composiciones requeridas en las capas de la estructura de pavimentos.

2. Capa de sub-base. El material a utilizarse en esta capa provendrá del material retirado de la precarga triturado y graduado. Se tendrá especial cuidado en la gradación del material, ya que este deberá ser uniforme en sus tamaños y granulometría. La colocación del material será en capas de no más de 15 cm de espesor compactado, después del tendido y mezclado el material será compactado

hasta que el material quede fijo y estable, y haya sido compactada a no menos del 100 % de la densidad seca máxima a una humedad óptima.

Este material solo se utilizará en la pista y calles de rodajes, por lo cual es de suma importancia revisar los espesores y compactaciones de las capas inferiores. La capa inferior no deberá estar blanda y no deberá presentar ondulaciones en la capa inferior no deberá ser compactada, ni cuando la capa inferior este demasiado húmeda.

3. Capa de base estabilizada con cemento (CTB). La capa de base estabilizada con cemento (CTB) tendrá un espesor de 65 cm para pistas y rodajes principales, y de 20 cm en las calles de rodaje secundarias. La construcción de esta capa debe de hacerse con agregados bien graduados, procedentes de los bancos de materiales aceptados por la residencia del NAICM, conforme a la geometría y las características indicadas en el proyecto.

La producción de la CTB se realizará con el uso de planta de mezclado central con capacidad de 200 m³. La colocación se realizará en capas no mayores de 25 cm. Las dos primeras capas se colocarán mediante el uso de tractores D6LPG, para el tendido, y la compactación de logrará con el uso de compactadores de 12 ton.

La tercera capa se colocará mediante el uso de esparcidores Vogele y compactadores HAMM de 20 ton.

4. Mezclas asfálticas (base de mezcla asfáltica, carpeta asfáltica, carpeta asfáltica modificada con polímeros). El material pétreo producido por la trituración y cribado será almacenado de acuerdo a los tamaños requeridos por las diferentes granulometrías de las capas de pavimentos (base de mezcla asfáltica, carpeta asfáltica, carpeta asfáltica modificada con polímeros).

Riegos de impregnación y de liga. Antes del inicio de los trabajos de riego de impregnación se deberá revisar la capa de base hidráulica inferior, debe de estar preparada para favorecer una mejor adherencia. El riego de impregnación será con una emulsión asfáltica catiónica ECI-60 la cual debe satisfacer los estándares de calidad como tipo, grado, especificación de control y temperatura requeridos por el proyecto.

Base de mezcla asfáltica. Para garantizar la correcta ejecución de los trabajos, los niveles de proyecto se deberán verificar por una brigada de topografía, la cual deberá apegarse a las especificaciones y planos para asegurar que los espesores de la capa a construir son los correctos.

Para garantizar que los trabajos cumplirán con los estándares de calidad se verificara la temperatura del material una vez que llegue al sitio de los trabajos. Una vez que la capa inferior este limpia, se procederá a colocar la base asfáltica con equipo pavimentador, y posteriormente de que se complete el tendido, se aplicará un riego de material pétreo, además de que por las pasadas que sean necesarias se compactara la base asfáltica por medio de un TANDEM de 14 TON, una vez que el compactador tándem pase por la base asfáltica se dispondrá a utilizar un compactador de neumáticos las veces que sean requeridas o las que la supervisión de la GACM crea convenientes.

La capa se dejará reposar antes del barrido, esto para que el producto asfaltico se ligue con el material pétreo y se evaporen los solventes. El barrido se aplica con el fin de eliminar el material fino que no quede adherido al resto de la estructura; al eliminar el polvo se impregnará la base con emulsión asfáltica catiónica de rompimiento medio, para posteriormente aplicar otra emulsión de rompimiento rápido.

Carpeta asfáltica y carpeta asfáltica modificada con polímero. La carpeta asfáltica normal y modificada, será fabricada y transportada de la planta de asfalto cuidando en todo momento la temperatura.

Una vez que se ha efectuado el riego de liga de la superficie sobre la cual se colocará la carpeta, se procede a colocar los hilos de nivel sobre los cuales se apoyará el sensor del pavimentador, estos hilos se apoyarán sobre pijas especiales a cada 10 m. Este hilo debe ser tensado a fin de que se mantenga nivelado, por lo que debe ser resistente.

El objeto de esta actividad es evitar que al entrar las unidades de acarreo a descargar al pavimentador levanten con sus llantas la liga de la capa inferior. Se inicia el tendido de la carpeta asfáltica con la temperatura correcta, verificando constantemente que los sensores trabajen libremente sobre el hilo tendido y nivelado sin producirle deformaciones, se verificará física y visualmente el vibrado correcto de las planchas, se verificará que no haya deflexiones transversales y longitudinales en la capa colocada mediante una regla de aluminio de sección rectangular, así mismo se verificará visualmente la textura de la mezcla tendida cuidando que no presente clasificación de material o textura demasiado abierta ya que esto provocará permeabilidades altas. Se iniciará con la plancha Tándem a fin de dar un acomodo inicial a la mezcla la cual se efectuará de acuerdo a los resultados que hayan arrojado en el tramo de prueba que se debió de efectuar con anticipación al arranque de esta actividad, generalmente esta compactación se efectúa con compactadores de rodillo liso tipo Tándem, trabajados sin vibrar.

Posteriormente se incorporará el compactador sobre neumático el cual adiciona la compactación especificada en el proyecto, así mismo nos cierra la textura superficial y así cumplir con la permeabilidad especificada. Se deben cuidar las juntas entre franjas a fin de lograr una unión perfecta y evitar zonas permeables o desniveladas. Finalmente se checarán las permeabilidades y la compactación con el equipo de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las especificaciones.

Señalamiento horizontal

Una vez terminada la carpeta asfáltica en pista y concluidos todos los rodajes, se procederá a colocar el señalamiento horizontal. Se aplicará pintura para rayas continuas o discontinuas en el sitio señalado en el proyecto, las cuales serán de diferentes colores (blanco, amarillo, naranja, rojo y negro reflectante) y anchos, como mande el proyecto, con una dosificación de 1.5 kg de micro esfera por cada litro de pintura.

Antes de la colocación de la pintura se efectuará una limpieza de tallado de la superficie, una vez efectuado esto se procederá a la aplicación de la pintura utilizando un equipo especial para la pintura termoplástica.

Con tramos de pista, calles de rodaje, vialidades y camino perimetral terminados, se hará la conformación y compactación de la franja de seguridad, la nivelación y acomodo de tierra orgánica y el trasplante o siembra de césped.

Camino perimetral

Las actividades de construcción de la barda y camino perimetral, sus ductos y demás instalaciones se efectuarán en forma paralela a la construcción de los pavimentos de la pista. Estas actividades NO son ruta crítica y su construcción no afecta de forma directa a los trabajos principales, debido a que se encuentran alrededor de la pista 2. Sin embargo, se pondrá cuidado en ejecutar los trabajos de forma tal que no afecten el cumplimiento en tiempo del proyecto.

1. Limpieza y deshierbe
2. Suministro y colocación de geotextil y geomalla.
3. Suministro y colocación de tezontle.
4. Capa de base hidráulica

5. Carpeta asfáltica
6. Ductos y registros para telecom y eléctrico.

Una vez colocado el tezontle de acuerdo a los niveles especificados en el proyecto ejecutivo se procederá a la excavación para los dados de concreto para poste galvanizado y enmallado. Posteriormente se procederá al colado de los dados de concreto de 25 x 40 x 80 cm para la colocación los tubos de arranque y cambios de pendiente y de 25x25x70 cm para los tubos de línea, se construirá una trabe de liga de 40x15 entre dado y dado. Se verificará la nivelación de los tubos de arranque y de línea mediante hilo para evitar deformidades (tubos adentro o afuera del nivel) en los marcos y la malla ciclónica.

Dejar fraguar un mínimo de 24 horas para que el concreto alcance un endurecimiento óptimo para comenzar a colocar el refuerzo en esquinas.

Barda

Una vez colocado el tezontle de acuerdo a los niveles especificados en el proyecto ejecutivo se procederá a la excavación para los dados de concreto para poste galvanizado y enmallado.

Posteriormente se procederá al colado de los dados de concreto de 25x40x80 cm para la colocación los tubos de arranque y cambios de pendiente y de 25x25x70 cm para los tubos de línea, se construirá una trabe de liga de 40x15 entre dado y dado. Se verificará la nivelación de los tubos de arranque y de línea mediante hilo para evitar deformidades (tubos adentro o afuera del nivel) en los marcos y la malla ciclónica.

Dejar fraguar un mínimo de 24 horas para que el concreto alcance un endurecimiento óptimo para comenzar a colocar el refuerzo en esquinas.

Una vez fraguado el concreto será posible colocar las abrazaderas de arranque de 60 mm en los tubos línea con cople simple de 38mm, cada tubo de línea llevará dos abrazaderas y dos cople en la parte inferior y en la parte superior un tapón púa con espada doble para la colocación de alambre de púas.

En los postes de carga o de arranque de 73 mm de diámetro se colocarán tres abrazaderas de arranque en la parte superior con tornillo galvanizado de 5/16" x 3/8" con tuerca de 13 mm, mismas que servirán para sujetar el alambre de púas. Se le colocara un tapón simple de 73 mm en la parte superior al poste de arranque o cargador.

En los primeros 2.5 metros de enmallado, entre el tubo de carga y el primer tubo de línea se colocará un refuerzo de 38 mm esto con el fin de evitar al momento de tensar la malla que los cargadores salgan de nivel.

Una vez colocado el marco inferior y los taponos púa con espada, se procede al tendido de la cerca. Se tensará y amarrará la malla al final de los 20 m y se tejera la malla siguiente para continuar con el tendido de la misma. Se reforzará el tendido de la malla con un tubo cargador de 73 mm de diámetro a cada 60 metros lineales para evitar deformaciones en la malla ciclónica. Este procedimiento se repetirá hasta cubrir el área asignada a cercar.

Finalmente se coloca el alambre de púas, mismo se sujetará de las abrazaderas de arranque (previamente instaladas) colocando un total de tres líneas de alambre a lo largo del perímetro cercado, separadas por las espadas galvanizadas y amarradas de las mismas. Los portones se colocarán sobre tubos cargadores de 73 mm de diámetro cedula 40, con cimentación aislada de concreto con base de 190 cm x 190 cm x 20 cm con un dado de 50 cm x 50 cm x 90 cm. Los portones serán abatibles a dos hojas de 4 m por 4 m de alto con alambre de púas, pasador de seguridad, bisagras galvanizadas y bastones redondos en la parte inferior en un dado de 60 x 60 cm.

Obra civil para Ayudas Visuales y Ayudas a la Navegación

Estas actividades consisten en el suministro e instalación de los ductos subterráneos y la cimentación (obra civil) para unidades de iluminación, postes de iluminación, registros de concreto para transformadores, varillas de puesta tierra, enlaces de prueba, cajas de derivación, tanques de combustible, generadores, registros, etc. que forman parte de los sistemas de: comunicación, eléctrico, medio voltaje, luces aeronáuticas (primaria y secundaria) y ayudas a la navegación.

Instalación de la Estación de Descompresión de Gas Natural

Para el desarrollo del proyecto de instalación y operación del Sistema de Descompresión de Gas Natural y plantas de asfalto, prácticamente toda la infraestructura a construir es de carácter provisional, ya que tendría una duración de cuatro meses en el sitio. Las obras y actividades necesarias para ello, son las siguientes:

- Liberación del área donde se instalará la infraestructura, realizada por la empresa Ragamex Constructores, S.A. de C.V., que está encargada de esa actividad.
- Acondicionamiento del terreno, tal y como ha sido descrito en el apartado de “preparación del sitio”.
- Construcción de firmes para colocar infraestructura.
- Instalación del equipo de descompresión y su red de tuberías.
- Instalación de caseta de control.
- Instalación de tanques móviles de almacenamiento de asfalto.
- Instalación de plantas de asfalto.
- Instalación de oficina móvil (tráiler) con sanitarios fijos con fosa séptica y algunos sanitarios portátiles.

Las dimensiones aproximadas de la Estación de Descompresión de Gas Natural serán de 28.19 m de largo y ancho 26.79 (ver Anexo Técnico V.1).

La plancha donde se sentara la descompresora será de concreto tiene una base firme con unas dimensiones de 5,000 mm largo, 2,200 mm ancho y un esperor de 200 mm. Todo el area es de terraceria en su mayoria piedra firme, tiene una inclinacion de 15°.

La Estación de Descompresión requieren para instalar sus componentes, de las obras civiles siguientes:

- a. Los accesos de ingreso y egreso adecuados al tamaño de los tractores con Semirremolques que ingresarán al centro de trabajo, con espacios suficientes para realizar maniobras sin que pongan en peligro el equipo o instalaciones dentro de la Estación;
- b. Las áreas de despacho y recepción de módulos y semirremolques con recipientes de almacenamiento, tendrán:
 1. Áreas delimitadas para el estacionamiento de recipientes de almacenamiento de gas natural comprimido en módulo o en Semirremolque, en la Estación donde se descarguen dichos recipientes, y
 2. Las áreas citadas en el numeral anterior deben permitir el ingreso y egreso adecuado de los vehículos que transportan los recipientes con gas natural comprimido, sin que se pongan en peligro el equipo o instalaciones dentro de la Terminal.
- c. Los cimientos y estructuras diseñados de soporte de equipos, recipientes y tuberías.
- d. Los recintos para oficinas y para equipos que los requieran.
- e. La protección perimetral debe construirse de acuerdo con lo siguiente:
 1. Se construirá un muro o cerca perimetral de alambre de tejido romboidal (cyclónico) o similar de material incombustible, con una altura mínima de 2.0 m;

2. Salidas de emergencia fácilmente identificables, dirigidas hacia los puntos de reunión o zonas de seguridad;
3. Los claros de los accesos deben ser proporcionales a las dimensiones de la cerca o muro perimetral;
4. Delimitar con una franja libre de maleza de 1 m de ancho, y
5. El pasto de las zonas con jardín, en su caso, debe permanecer cortado al ras permanentemente. La isla es una plataforma de concreto situada a 0.2 m arriba del nivel del piso.
 - a. Cada isla deberá tener conexión a tierra para descarga electrostática;
 - b. Las islas deberán estar dispuestas y orientadas de manera que los vehículos estén en todo momento dirigidos hacia la salida del centro de trabajo
 - c. Cuando sean más de dos islas, éstas deben estar dispuestas en forma paralela y con distancia mínima de 8 m entre los bordes de las plataformas.

Carga o descarga de semirremolques con recipientes fijos.

Los semirremolques con recipientes fijos se deberán disponerse en grupos y cada grupo limitado a un máximo de 6 unidades de semirremolques. Cada grupo de semirremolques debe estar separado por una distancia no menor a 8 metros del recipiente más cercano de otro grupo de Semirremolques y para el caso de Semirremolques con recipientes fijos, las Boquillas de Recepción y descarga de la instalación fija, deben estar como mínimo a 0.40 metros del borde de la plataforma. La estación de descompresión de gas natural comprimido cumplirá con las distancias indicadas en la Tabla 6.1.12.1 de la norma 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.

Tabla 2 Distancias entre las áreas de la estación de descompresión de gas natural comprimido

Distancia en metros

Desde hasta	Estación de regulación y medición	Área de carga o descarga	Límite de la terminal de descarga
Lugares de concentración pública.	100	100	-
Oficina o almacén.	10	15	-
Fuentes de ignición.	20	20	-
Caminos internos.	3	3	-
Límite de propiedad en donde existan viviendas.	50	50	50

INSTALACION DESCOMPRESORA

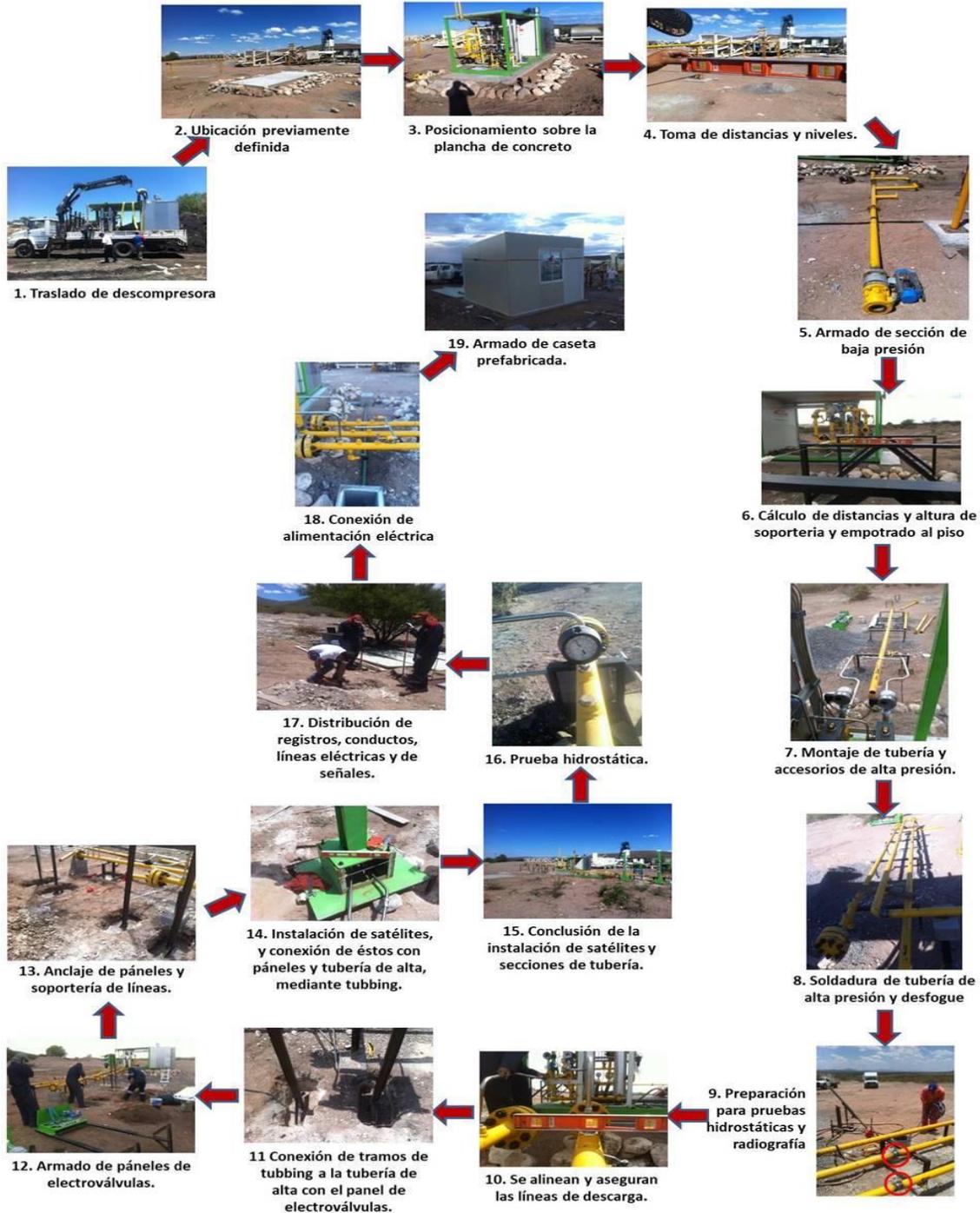


Figura 7 Proceso de construcción de estación de Descompresión de gas natural

I.1.3 Proyecto mecánico

I.1.3.1 Planta de Asfalto Móvil

El proyecto pretende utilizar dos plantas de asfalto portátiles *Voyager 120*, de 120 toneladas/hora de capacidad y una planta de asfalto marca Terex, modelo 4 APA 018.

De acuerdo a las especificaciones del fabricante, la *Voyager 120* ofrece un diseño compacto y portátil. Está construida alrededor de un tambor de contraflujo con paletas en V, que ofrecen uniformidad del velo del agregado durante el proceso de secado, lo que resulta en mejor transferencia de calor, reducción del consumo de combustible y mayor productividad. Incluyen una cámara de filtros de impulso inverso, una cabina de control con controles PLC completamente automatizados, recogida por gravedad con mando directo, suspensión neumática y cuatro tolvas de alimentación en frío y dos tolvas para la alimentación de la materia prima.

Para asegurar buenas condiciones de circulación, seguridad y comodidad en la red vial son necesarias altas inversiones en la construcción, mantenimiento y la recuperación de estas vías. El uso de agregados reciclados (RAP) surge como una alternativa tecnológicamente viable y sostenible, tanto desde el punto de vista ambiental como económico siendo capaz de reducir en hasta un 45% el uso de material virgen. Con el RAP es posible construir estructuras de pavimento utilizando materiales fresados que normalmente se desecharían. Actualmente se cuenta con una amplia gama de equipos que produce ese material con un alto nivel de calidad.

Existen cuatro tipos de mezclas adecuadas para el reciclaje: espuma de asfalto; emulsiones; cemento o cal y, finalmente, la mezcla producida in situ (que posibilita añadir del 10% al 45% de material fresado al material virgen. Las ventajas económicas y ambientales de utilizar material RAP:

- Reducción de los costos de trituración.
- Reciclaje del 100% del material fresado.

- Corrección y control granulométrico.
- Se fresan los agregados reciclados con emulsión y espuma de asfalto.
- Es posible almacenar el material para su posterior aplicación.
- Agregados de diferentes tipos de aditivos proporcionan mezclas con diferentes características.
- Es un proceso ecológico que reduce la explotación de los yacimientos y prolonga la vida útil de los rellenos de inertes.
- Es un proceso limpio, económico y que no emite gases tóxicos a la atmósfera. Ofrece la oportunidad de reducir costos, tanto en la ejecución como en la conservación del pavimento.

Las características de la Planta de Asfalto portátil *Voyager 120*, de acuerdo a la información del proveedor son:

- **Diseño modular.** Ofrece máxima flexibilidad y hace al sistema más compacto.
- **Sistema de retorno de polvo.** Mandos en común en todo el sistema de retorno de polvo (DRS), devuelve los finos a la mezcla y evita la emisión de partículas a la atmósfera. El DRS fijo agiliza la instalación en la obra.
- **Controles hidráulicos.** Posee controles hidráulicos para colocar el transportador de arrastre y dosificador de forma segura en menos de 10 minutos. También cuenta con controles hidráulicos para el tubo de escape del ventilador.
- **Cámara de filtros de impulso inverso.** Cámara de filtros de impulso inverso de 17 600 pies³/min con 175 bolsas de aramida. Provista de un diseño modular simplificado para permitir excelente portabilidad, previene la emisión de partículas a la atmósfera.

- **Pasamanos de seguridad y escalerilla.** Pasamanos plegables de seguridad para acceso a la cámara de filtros junto con una escalerilla plegable para transporte.
- **Transportador de arrastre y dosificador con erección hidráulica.** El soporte con cilindros hidráulicos coloca el transportador de arrastre en posición para permitir la portabilidad.
- **Transportador de arrastre y dosificador.** Diseño liviano y robusto con una cadena sencilla, piso y forros laterales. Dosificador de 1 m³ de capacidad con interruptor doble de seguridad para descarga.
- **Suspensión neumática.** Agiliza la instalación al elevar y bajar el tambor a su lugar.
- **Sistema de control MP111.** Controles de mezcla MP111, ofrecen un sistema para almacenar una cantidad ilimitada de diseños de mezcla como también diagnóstico del sistema. La consola da al operador un control con puesto de arranque/parada, indicaciones y una pantalla de color de 22 pulg (558 mm).
- **Ajuste manual de la compuerta.** Permite el ajuste completo y exacto de la alimentación de material de forma segura fuera del bastidor principal.
- **Sistema de pesaje.** El sistema de pesaje del agregado, mediante el uso de un sistema de 4 puntos que incluye compuerta de alimentación ajustable, báscula, sistema de rastreo tipo S y recogida por gravedad.

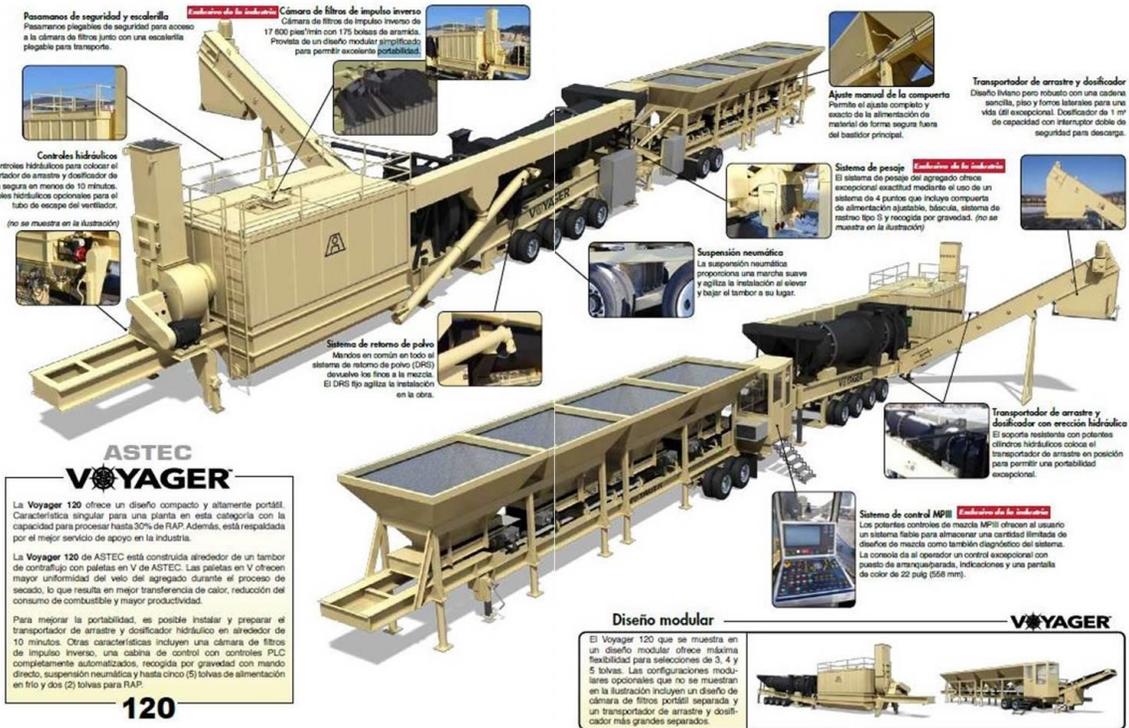


Figura 8 Planta Asfaltadora Voyager

El equipo de la planta de asfalto cuenta con un quemador Phoenix Fury de llama expuesta. Según el Catálogo del fabricante, dicho quemador logra mejores emisiones y consumo eficiente de combustible al dejar pasar 50% más aire de combustión. Las características específicas del quemador, de acuerdo a la información del proveedor, consisten en:

- **Forma compacta de la llama.** Su llama compacta hace que sea compatible con el tambor, sin ajustes complicados.
- **Eficiencia en la combustión.** Está diseñado para pasar 50% más aire de combustión a través del quemador. Esto significa mejor calidad de combustión, menores emisiones y mayor eficiencia de combustión en toda la gama de encendido del quemador.

- **Sin aire comprimido.** La boquilla de combustible de precobertura, utiliza el aire de combustión del soplador de alta presión para atomizar el combustible. Esto elimina la necesidad de comprimir el aire en el quemador, y ayuda a prolongar la vida útil de la boquilla.
- **Sistema de conducción y movimiento de aire.** El aire arremolinado y de alta energía, hace eficiente la combustión del quemador. El aire arremolinado y la llama, son generados por las paletas fijas giratorias internas, el soplador de alta presión y la punta de alta velocidad.
- **Costos de mantenimiento.** La construcción sencilla y su fabricación resistente, disminuye los costos de mantenimiento.

I.1.3.2 Planta de Asfalto Terex E225P APA 018.

La Planta de Asfalto Terex E225P APA 018 cuya producción es constante y confiable de 225 toneladas por hora. Tecnología de contra flujo - y RAP. Contiene un mezclador de tambor con tecnología de contraflujo para mejorar la calidad de la mezcla y reducir los costos por tonelada. El mezclador mueve el agregado virgen y los materiales RAP en contra del flujo del gas de escape dentro del tambor. El material virgen se seca y calienta por el gas de escape frente a la llama del quemador. El agregado se mueve detrás de la llama y se mezcla en la cámara aislada de la corriente de gas caliente. El diseño único de los vuelos de combustión, mantiene el material alejado de la llama del quemador, lo que permite una combustión completa.



Figura 8 Planta Asfaltadora Terex E225P APA 018

Cabina de control. Se compone de todos los arrancadores de cada uno de los sistemas, además el sistema PLC (Control Lógico Programable), manda todas las señales a los sensores de la planta de asfalto y con él, se controlan cada uno de los sensores, válvulas, electroválvulas, es manejado por medio de computadora y se pueden obtener datos y estadísticas de producción, así como visualizar la planta desde el monitor con todos los componentes necesarios que pueden detectar y avisar sobre cualquier falla antes o durante el proceso de producción.

Está compuesta por una computadora central, impresora y panel de control con botón de inicio, botón de paro medio y botón de descarga. En la cabina de control se encuentran todos los arrancadores del equipo, permitiendo tanto el control manual como automático y en caso de emergencia, puede apagarse y cortar la corriente, sin tener que apagar el generador.

En el exterior de la cabina, se encuentran las conexiones del equipo de baghouse, banda inclinada, criba, tolvas, mezclador, quemador, tanque de asfalto, caldera, elevador y silo.

Módulos del Switch para corta corriente:

A. Módulo 3-1292-154, número de serie PHHBJ04/12 series M

- Exhaust Fan / Extractor

B. Módulo (3-1292-112), número de serie PHHBJ04/23 series M

- Main breaker / Corta corriente principal
- Asphalt Pump / Bomba de asfalto

C. Módulo (3-1291-422), número de serie SN P HL R091/14 series M

- Fuel pump / Bomba de combustible
- Cross auger / Gusano transportador
- Drum auger / Gusano de inyección
- Discharge auger / Gusano transversal
- Colector 1 / Gusano colector 1
- Colector 2 / Gusano colector 2
- Air compressor / Compresor de aire
- Drag conveyer / Elevador
- Feeder disconnect / Desconexión del alimentador.

Caldera, Módulo de control CEI Enterprises Inc. Modelo CEI-1200-A, número de serie C05-134. Con capacidad de 1,428.68 litros.

Tanque de diésel. Capacidad de 18,927 litros.

Tanque de asfalto, modelo CTM-20/05P, número de serie 105. Capacidad de 75,747 litros, compuesto por un serpentín interior, por medio del cual circula aceite térmico que mantiene el calor del asfalto a una temperatura constante. El tanque

está ubicado en la misma plataforma que la cabina y la caldera, la cual consta de tres ejes con 12 ruedas y cuatro soportes delanteros.

Mezclador modelo E225P, número de serie 108. Se alimenta de material por medio de una banda lanzadora o *Slinger feeder*. La grava y arena se mezclan para estabilizarse y mantenerse caliente para conformar la mezcla asfáltica. Tiene la opción de conectar otro equipo para el mezclado de asfalto. Se encuentra montado en una plataforma de tres ejes con doce llantas y dos soportes. El mezclador se compone internamente por:

- 12 alabes grandes en la entrada de material.
- 90 alabes chicas después de las grandes, que circulan el material para mezclarlo.
- En la parte externa tiene dos anillos que hacen girar el mezclador por medio de cuatro rodillos, cuatro reductores y dos motores.

Bag house, modelo RA-218P, número de serie 125. Se compone de 504 bolsas o mangas, funciona para filtrar los gases y el polvo que se generan en el mezclador, utiliza un ventilador extractor que regula la salida de éstos y así controlar la contaminación. Los gases son succionados al Baghouse y al mismo tiempo que los filtra, también recupera el material fino al 100 % y lo regresa al mezclador por medio de los gusanos transversal, de carga, transportador y dos gusanos colectores (Figura 22).

Tolvas modelo PAB-420-TR, número de serie 101. Se compone de cuatro unidades de tolvas, en las que se vacía y reparte el material a utilizar (arena de banco, arena triturada y graba), su mezcla es regulada por computadora de acuerdo al porcentaje requerido de materiales. La misma computadora regula el avance del motor de la banda. Cada tolva está compuesta por una banda, un motor, un

reductor, además de poseer un sensor, el cual detecta el material que es suministrado en la banda principal.

Las tolvas están montadas en una plataforma de tres ejes, doce llantas, además de cuatro soportes delanteros con placas para nivelar la plataforma. Cada tolva está compuesta de:

- 14 rodillos de 4" de diámetro y 28" de largo.
- 1 rodillo de 12.5" de diámetro y 26" de largo.
- Una banda transportadora de 24" de ancho, 0.9 mm de espesor y 5.70 m. de largo
- Un rodillo de 8 alabes
- Una placa con un sensor para detectar material.

Cada banda principal está compuesta de:

- 63 rodillos de 4" de diámetro y 9" de largo.
- 7 rodillos de 4" de diámetro y 69.52 de largo.

Criba y banda inclinada modelo PC-2447, número de serie 232. Separa el material de las tolvas, de acuerdo a su tamaño, para posteriormente transportarlo a través de la banda inclinada, pasando por una báscula que mide las TPH y al final, lo deposita en la banda lanzadora del mezclador. La banda inclinada se encuentra montada en una plataforma con un eje y cuatro ruedas y entre sus componentes están:

- 54 rodillos de 4" de diámetro por 9" de largo
- Una banda transportadora de 24" de ancho por 30.5 m. de largo
- 3 rodillos de 4" de diámetro por 69.5" de largo.
- 3 rodillos de 8" de diámetro por 26" de largo.

Elevador y silo modelo P-500 y P-50S, número de serie 111. Este equipo transporta el asfalto por medio de paletas interiores. Tiene una almeja que retiene el material por 35 segundos y luego, abre para que no se acumule demasiado en el silo; posteriormente lo deposita en el silo para almacenarlo y posteriormente descargarlo en camiones de volteo. Está montado en un eje con cuatro ruedas y un soporte delantero, y el silo está montado en una plataforma con un eje, cuatro ruedas y un soporte. El elevador utiliza un solo motor y reductor.

I.1.3.3 Estación de Descompresión

Una vez que haya quedado instalada toda la infraestructura necesaria para la producción de asfalto y sus servicios auxiliares, y luego de las pruebas de arranque correspondientes, se dará inicio a la fabricación de asfalto, para lo cual se requerirá del suministro de gas natural mediante camiones tipo *Titán Magnum marca Lincoln* con contenedores de polietileno de alta densidad reforzados con fibra de carbono. El gas natural, es descargado en el sistema al equipo de descompresión, y de ahí continúa hacia las diversas fases de acondicionamiento, suministro de agregados y preparación de asfalto, el cual será cargado en camiones de volteo que se encargarán de trasladarlo al frente de trabajo. El suministro de gas natural, será realizado por la empresa Energex (Grupo GN Energéticos), la cual cuenta en sus plantas, con la infraestructura de dotación mediante ducto, almacenamiento, compresión, despacho y transporte gas natural con las condiciones y controles necesarios para asegurar el manejo seguro de éste combustible. El suministro de gas natural a las plantas de asfalto, se hará mediante camiones tipo Titán Magnum marca Lincoln con contenedores de polietileno de alta densidad reforzados con fibra de carbono con una estructura de cinco cilindros grandes y ocho pequeños

Al llegar la unidad, el personal técnico calificado conecta el módulo al sistema de descompresión y medición, ubicado en las inmediaciones de las plantas de asfalto, este sistema se encarga de reducir la presión de 250 bar a la presión requerida para

la operación del sistema, dejando el gas en condiciones normales para su uso, durante este proceso existen diversos puntos de seguridad, que permiten la liberación y regulación de la presión del gas, en condiciones seguras. El sistema de descompresión está conectado a un tren de gas con equipo de control que consta de una tubería para ser instalada en la entrada del gas del quemador con su válvula de control y una placa de orificio, así como una manga de descarga la cual va internamente en el quemador; este sistema cuenta con diversas válvulas, reguladores y sensores que garantizan la seguridad en la planta. Así el gas produce la flama en la planta para poder realizar la mezcla asfáltica.

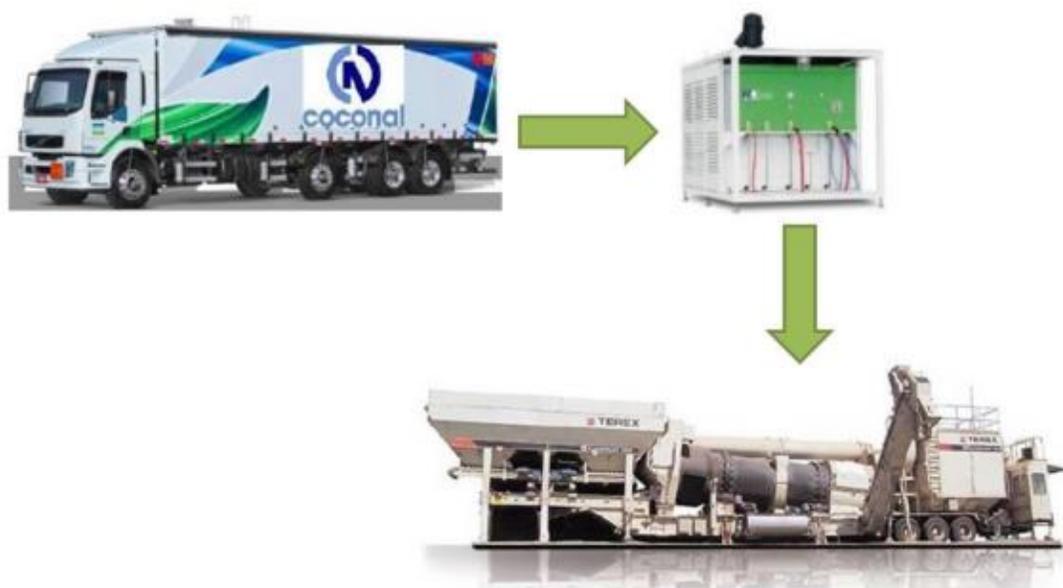


Figura 9 Diagrama esquemático de la estación de descompresión de Gas Natural

El Estación de descompresión de gas natural deberá cumplir con los requisitos siguientes:

- Estará diseñada para el manejo del flujo de gas natural a las presiones y temperaturas a las cuales serán sometidos bajo condiciones de operación previstas,
- Contará con un certificado de fabricación que demuestre el cumplimiento con las Normas Aplicables para la tecnología empleada.

El gas natural proviene de la red principal de PEMEX de 72" de diámetro a una presión de 40 bar en una Terminal de Almacenamiento de PEMEX. Posteriormente se introduce a los compresores a una presión de 21 bar y con la ayuda de un sistema de enfriamiento elevara la presión hasta 250 bar y una temperatura de -20°C para poder llenar los módulos de transporte de la empresa ENERGEX. Una vez llenado el módulo hasta 250 bar es transportado por tracto camiones a través de la carretera, estos módulos son fabricados con materiales de fibra de carbono y polietileno de alta densidad capaces de soportar presiones de hasta de 333 bar cuentan con un sistema integrado de protección contra incendios y válvulas de alivio, lo que garantiza la seguridad en todo momento. Los módulos que se utilizan son de 7,422 kg según el consumo en la planta.

Al llegar la unidad, el personal técnico calificado conecta el módulo al sistema de descompresión y medición, ubicado al interior de las instalaciones, este sistema se encarga de reducir la presión de 250 bar a la presión requerida, dejando el gas en condiciones normales para su uso, durante este proceso existen diversos puntos de seguridad, que permiten la liberación y regulación de la presión del gas.



El sistema de descompresión está conectado a un tren de gas con equipo de control que consta de una tubería (6" diámetro) para ser instalada en la entrada del gas del quemador con su válvula de control y una placa de orificio, así como una manga de descarga la cual va internamente en el quemador, este sistema cuenta con diversas válvulas, reguladores y sensores que garantiza la seguridad en la planta. Así el gas produce la flama en la planta para poder realizar la mezcla asfáltica.



La estación fue diseñada y construida para la reducción de presión y medición de gas natural, transportado a través de camiones cisternas que alimentan la red de transporte y distribución, residenciales e industriales. La estación se conecta a dos tuberías de suministro de gas, procedente de correspondientes camiones cisternas, que ejerce una presión máxima de 250 bar, por lo tanto, la estación está provista de dos entradas, una alternativa a la otra, que estarían habilitadas alternativamente con un sistema de intercambio automática.

El gas de entrada llega a través de un tubo-colector colocado corriente arriba de las 2 líneas de precalentamiento, y luego, tras la apertura de las válvulas, que se encuentran corriente arriba y corriente abajo de cada intercambiador de calor, el gas fluye a través de otro tubo-colector colocado corriente abajo de los intercambiadores. El gas natural, pasa a través de los intercambiadores de calor a agua caliente (SC 7.1 and SC7.2) a la temperatura entre 70-75 °C, alcanza una temperatura con un valor máximo de aproximadamente 60 °C; los intercambiadores están conectados en paralelo mediante un -by-pass o derivación provisto de válvulas (VM 6.5, VM6.6, VM6.7, VM6.8) que permiten una mayor eficiencia de intercambio de calor (en condiciones de funcionamiento con saltos de presión elevada a la capacidad máxima); los intercambiadores, sin embargo, pueden ser sustituidos por las maniobras apropiadas de las válvulas de interceptación ubicadas corriente arriba y corriente abajo de la misma y sobre el by-pass o derivación.

Después de la etapa de precalentado, el gas pasa, por el tubo-colector situado corriente debajo de los precalentadores, a los reductores de presión, a través de la apertura de las válvulas con servo actuador, el accionamiento de la apertura de las

válvulas se realiza por medio de un control neumático (piloto) que inyecta el gas de motorización en determinadas cámaras de los actuadores.

El gas de motorización proviene de un tanque pequeño de almacenamiento, este último alimentado por el gas de proceso, al mismo valor de la presión corriente debajo de la reducción, en la primera fase de activación de la estación, todavía no siendo disponible gas corriente abajo de los reductores de presión, el tanque debe ser alimentado temporalmente, por un operador, a través de la utilización de un reductor de presión instalado a tales fines en la estación.

La presión reducida, al valor requerido de 5 bar, se lleva a cabo mediante el equipamiento de reducción de acción directa tipo Staflux marca P. Fiorentini (VR 8.1, VR 8.2), controlado por campana presostática. En la fase de reducción de la presión, el gas sufre una expansión que provoca la pérdida de calor y de refrigeración, tales como para producir la formación de hidratos, si no es precalentado. La magnitud de la pérdida de calor es una función de la caída de presión y el flujo de gas, bajo condiciones de funcionamiento de la temperatura de precalentamiento requerida es de 60 °C.

Los instrumentos utilizados para controlar la temperatura en el colector instalado corriente debajo de las líneas de regulación (TT32.5) permiten la transmisión de señales a las tarjetas de relé que activan o desactivan la circulación de agua caliente (EC27.1 EC27.2).

La sección de reducción de presión incluye 2 líneas, una de reserva a la otra, cada una acompañada de:

- Un dispositivo de seguridad de acción indirecta, que comprende un sistema piloto (AP1.5 or AP1.6) que, con el valor predeterminado de la presión máxima corriente arriba, acciona el cierre de la válvula (AP 1.3 o AP1.4) instalada inmediatamente corriente arriba de la válvula reductora de presión.

- Un tramo de tubería, corriente abajo del reductor, en la que están situados los controles de presión, las tomas de impulso del reductor y del dispositivo de seguridad, la válvula de descarga para la calibración en la fase dinámica del reductor, la válvula de seguridad para el escape en la atmósfera del gas en sobrepresión.
- Un dispositivo de seguridad con descarga a la atmósfera (VS 11.1 OR VS11.2), fijado a un nivel más alto que el dispositivo de seguridad anterior.
- Válvula de cierre corriente abajo de la línea.

Cada línea de válvulas de reducción de presión están instaladas válvulas de bloqueo de acción manual, ubicadas corriente arriba y corriente abajo del reductor, que permiten la exclusión de una u otra línea por anomalías de funcionamiento y por intervenciones de mantenimiento; para así garantizar la continuidad de funcionamiento de la estación.

Después de la reducción de la presión, el gas sube a un colector, corriente arriba de la línea de medición, en el que también se instala la derivación de gas para la alimentación del quemador. La derivación alimenta 2 líneas de reducción de la presión (una de reserva a la otra), acompañados de: válvulas de bloqueo corriente arriba y corriente abajo de cada línea, filtros, reguladores de presión, transmisores de presión y manómetros.

La reducción de la presión de 5 bar a 20 mbar, en esta derivación para la alimentación de gas a 2 calderas, se realiza mediante el uso de reductores de presión tipo FE25 marca P. Fiorentini (VR8.3; VR8.4); las calderas están relacionados con la central térmica, para la producción de agua caliente de servicio a la sección de precalentamiento de gas.

En el colector corriente arriba en de la línea de medición, está instalada la instrumentación para el control y monitoreo de las señales de alarma cuando se sobrepasan los parámetros de operación pre-establecidos, sensibles y críticos de la estación.

La medición del gas se produce por medio de un caudalímetro volumétrico tipo turbina (FT14) equipados con emisor de impulsos. La línea de medición también está equipada con convertidor (electrónico de volumen RK) así como los transmisores de presión y temperatura. En el colector agua abajo, están instaladas válvulas para el bloqueo de la línea de medición, el colector está equipado con bypass equipado con válvulas de disco ciego que permite la puesta fuera de servicio de la línea de medición para el desmontaje y la sustitución de los equipos e instrumentación sin interrupción del flujo de gas.

Circuito de Gas para Alimentación Auxiliar

Todos los actuadores de control de las válvulas de bloqueo, en relación con el sistema de intercambio y los dispositivos de seguridad (incluyendo la válvula ESD para calefacción central), son accionados por el gas producido por la misma estación.

El gas para la alimentación de los equipos y la instrumentación puede venir de dos secciones distintas de la estación: el colector corriente arriba, para alimentar el tanque de almacenamiento, a través del reductor de presión utilizado temporalmente para la primera activación o posteriormente para las operaciones de mantenimiento que requieren la desactivación de la estación (sistema normalmente en uso durante la operación de la estación), y están equipadas con tomas de y las válvulas de bloqueo, lo que asegura el suministro de gas a los actuadores individuales, en el tanque de almacenamiento también se instala una válvula de alivio (VS 11.4) para la descarga de cualquier exceso de presión que puede ser generadas durante el uso temporal del reductor de alimentación de gas.

Circuito Agua Central Térmica

La estación está equipada con una caldera para la producción de agua caliente, requerida para la sección de precalentamiento de gas, precalentamiento que se produce a través del haz de tubos del intercambiador de calor a contra flujo (ver hoja de datos del intercambiador para potencias y características).

El circuito de agua caliente tiene válvulas de bloqueo que permiten el corte de las líneas en el que están instalados los diferentes componentes de la estación (intercambiadores de calor, bombas de circulación, calderas, etc.) Para labores de desmontaje debido a un mantenimiento y sustitución.

La caldera está constituida por los siguientes equipos y dispositivos:

- 2 generadores de calor alimentados por el mismo gas de proceso, con quemadores atmosféricos con las válvulas de gas a termopila que le permiten operar incluso en ausencia de la electricidad.
- Dos vasos de expansión abiertos para la expansión y la restauración del agua en el circuito.
- Colector de suministro y de retorno con válvulas de compuerta y la instrumentación para hacer independiente y autónoma cada generador.
- Dos electro-bombas uno de reserva y de soporte al otro, interceptable de exclusión en el caso de mantenimiento o sustitución.
- Una línea para la circulación del agua a condición térmica natural, que satisface la demanda térmica, con electro-bombas detenidos en la condición de trabajo a baja caída de presión del gas y / o bajo caudal (con el consiguiente ahorro de energía).
- Un termostato para el control de la temperatura del flujo de agua caliente.
- Una sonda para el control de nivel de agua en los vasos de expansión.
- Un sensor para la detección de la concentración de gas en el medio ambiente en caso de fugas.
- Las señales de los instrumentos de control están interconectadas con un dispositivo para la gestión y reversión de las alarmas.

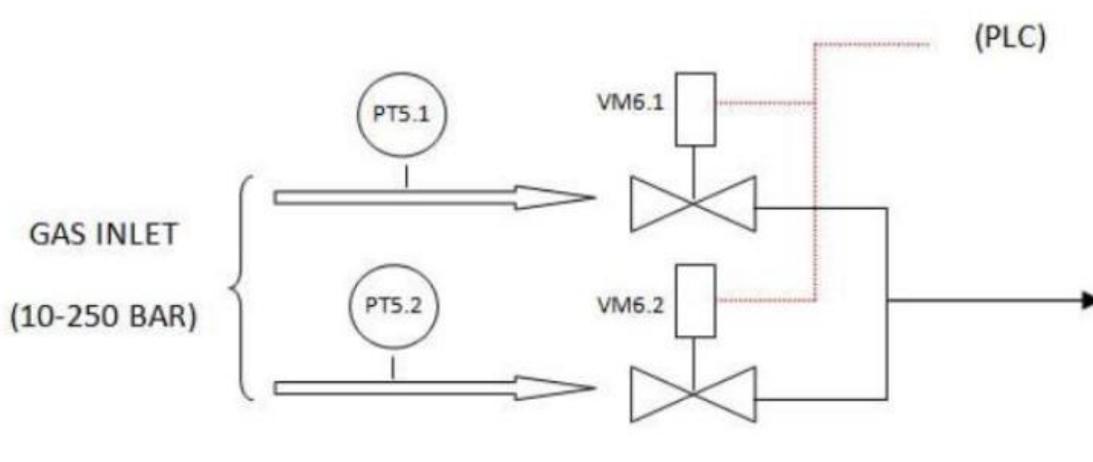
Dispositivos de Intercambio Líneas de Alimentación del Gas

Durante el funcionamiento normal de la estación, el dispositivo de intercambio obedece a la operación lógica descrita a continuación:

El dispositivo de intercambio de las líneas de suministro de gas (desde los camiones cisternas a la estación) está constituida por dos válvulas de bloqueo (1 válvula para cada línea y VM6.1 VM6.2) servo-controlados por un sistema electro-neumático controlado por PLC, éste último está programado para controlar:

- Cuando la línea ha caído por debajo del umbral de 12 BAR.
- Línea de suministro poco después de (alrededor de 30 segundos) la apertura efectiva de la válvula en la otra línea.

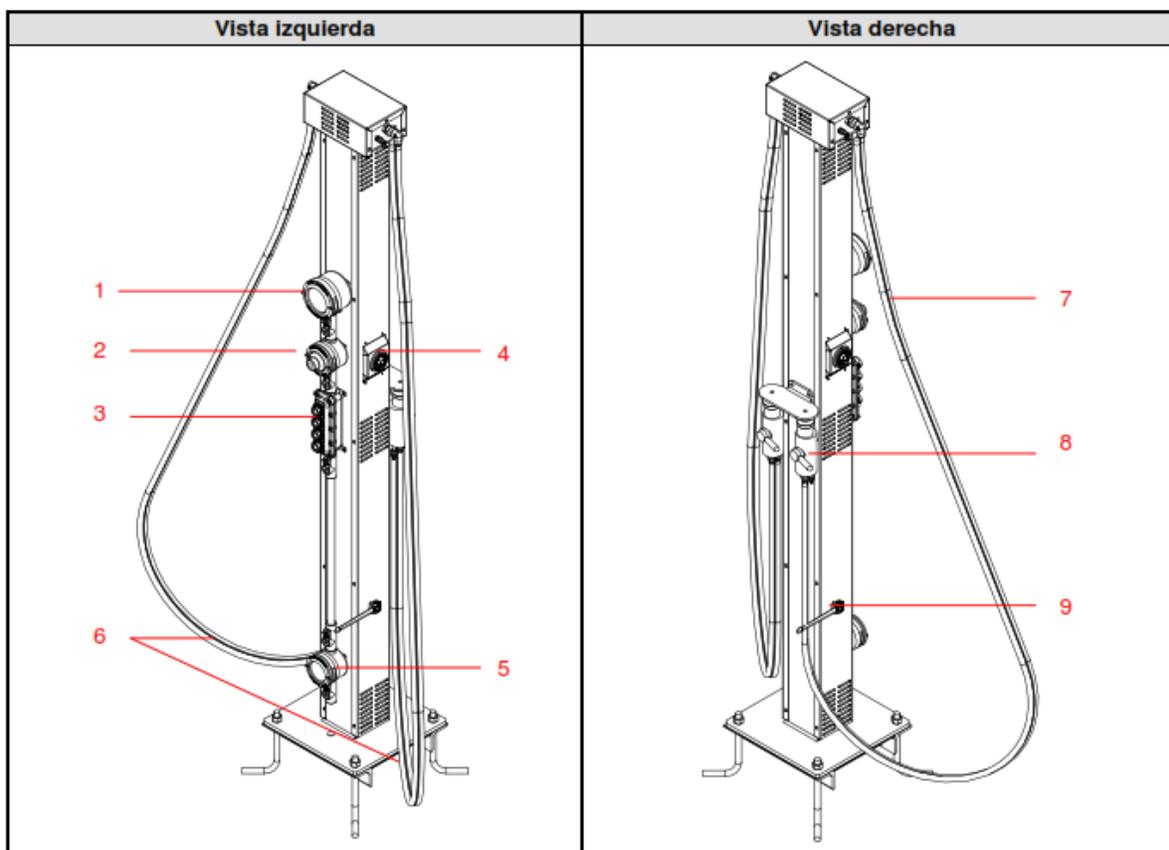
Cuando las presiones de operación en ambas líneas están por encima del umbral mínimo prefijado de 12 bares, el PLC, emite la orden de la apertura de VM6.1 VM6.2 de las líneas de suministro de gas a la válvula correspondiente, de acuerdo con la prioridad preestablecida. Las líneas de suministro de gas se acompañan de las válvulas de retención que impiden el flujo de salida del gas de una línea a la otra durante el intercambio (período de alrededor de 30 segundos que transcurre entre la apertura de una línea y el cierre de la otra).



Requisitos de la instalación de postes de descarga de gas natural comprimido (Unidad Satélite de Descarga).

Los componentes de seguridad de la tubería de la Terminal se instalarán inmediatamente después del punto de conexión de cada poste, con los elementos siguientes:

- a. El Dispositivo de Ruptura del Poste o Surtidor instalado en las Terminales de Descarga de GNC debe cerrarse cuando:
 - 1. El poste de descarga sea desactivado, alterado o cortado desde su base;
 - 2. El suministro de energía eléctrica al poste de descarga se interrumpa, y
 - 3. El interruptor de Sistema de Paro de Emergencia (SPE), se active.
- b. Un Dispositivo de Ruptura del Poste de descarga para cerrar el flujo de GNC en caso de que dicho poste sea arrancado de su soporte o estructura de montaje y que resulte en daño de la tubería, y
- c. Una válvula manual de cerrado rápido ($\frac{1}{4}$ de vuelta), después e inmediata al dispositivo de ruptura del poste, ubicada en un lugar fácilmente accesible para el operador.



1. Lector Transponder Ex d código AT05303/LF

Lector transponder con caja en ejecución Ex d IP66

- Alimentación: 8 ÷ 15 Vcc
- Consumo: 150 mA + absorción lámparas
- Distancia lectura: 10 ÷ 30 cm
- Señal datos: RS422 multidrop / (RS485 opcional)
- Contacto relé: 24 Vcc 1 A res.



2. Pulsador de Emergencia código ATO00913

Pulsador de emergencia en ejecución Ex d IP65 con contacto normalmente cerrado (NC). Protección de cristal y un martillo de evacuación.



3. Botonera Operador código ATO00813

Botonera del operador de ejecución Ex d IP65, formada por 1 pulsador negro de START, un pulsador rojo de STOP, 1 lámpara verde y 1 lámpara roja – que indican lo siguiente:

- Verde fijo: isla libre
- Verde parpadeante: código tarjeta transponder adquirido
- Rojo parpadeante rápido: satélite en espera del turno de repostaje
- Rojo parpadeante lento: inicio fase de habilitación para el suministro
- Rojo fijo: suministro en curso
- Rojo y verde fijos: error de suministro



4. Caja de Unión código AT009313

Caja de unión en ejecución Ex d IP66 completa de los terminales de conexión.



5. Manómetro código AT008913

Manómetro con barra de escala completa 400 para la visualización de la presión en la tubería de entrada.



6. Tubos Flexibles código ATO26012

Tubo de suministro I.D. 1/2" presión de trabajo máxima 345 bar (5000 psi).

Tubo de purga I.D.I. 1/4" presión de trabajo máxima 345 bar (5000 psi).

Longitud total = 4,000 mm

7. Acoplamientos de Rotura para Tubo Flexible y Tubo de Purga (Incluido en el montaje en el código ATO02612)

Dispositivos de rotura que interrumpen inmediatamente el flujo de gas si un vehículo que está repostando se moviera con el mandril de suministro conectado al depósito.

Este dispositivo de seguridad impide la salida de gas y previene daños a las personas, al distribuidor y al vehículo. Los dispositivos de rotura están situados tanto en la línea de suministro como en la línea de purga.

8. Mandril código AT009013

Mandril de suministro de alto caudal que satisface todos los requisitos de eficiencia y de seguridad para el repostaje de GNC.

9. Válvula Manual de Bola con Grifo código AT008313/100

Válvula manual de bola con grifo 1" – PN 315 bar

10. Válvula Antirretorno código AT006513/100

Válvula antirretorno 1" DN 20 – PN 500 bar

Las boquillas de descarga se deben despresurizar, para lo cual se debe instalar un mecanismo de acuerdo con las normas aplicables de diseño para la tecnología empleada.

Purga del sistema de tuberías. Se debe instalar la válvula de purga y liberación de gas natural del sistema de tuberías en un área de acceso restringido y/o con un mecanismo de protección para evitar que sea operada sin autorización.

El sistema de venteo para conducir el gas natural purgado o liberado del sistema de tuberías de la Terminal se debe instalar al exterior a no menos de 3 m por encima del piso.

La descarga de los dispositivos de relevo debe ventearse a no menos de 3 m por encima del piso. El conducto de venteo no debe reducir la capacidad de descarga.

Sistema de Paro de Emergencia. En el Sistema de Paro de Emergencia se instalarán activadores manuales de paro de emergencia, ubicados en lugares estratégicos, que cuando se active uno de ellos se ejecute lo siguiente:

- a. Cierre el suministro de energía eléctrica y de gas natural hacia el sistema de reducción de presión de gas natural comprimido.
- b. Cierre la válvula de cierre automático a la que se refiere al punto anterior
- c. Desactivar los Postes de Descarga, y
- d. Activar una alarma sonora y visual.

Los activadores de Paro de Emergencia requeridos se ubicarán donde sean fácilmente accesibles y claramente visibles a una distancia no mayor a 3 m de cada Punto de Descarga. Se señalará en forma prominente la ubicación de los activadores de Paro de Emergencia.

Punto de Descarga. El Sistema de Descarga de gas natural comprimido incluye los componentes y condiciones siguientes:

- a. Las mangueras de alta presión las cuales deben cumplir, entre otros, con los requisitos especificados en los numerales 5.4.2.3 y 5.4.2.4 de esta Norma Oficial Mexicana;
- b. Las mangueras deben contar con un dispositivo de ruptura que se separa cuando la manguera es jalada accidentalmente con una fuerza que excede el valor especificado a efecto de suspender el flujo de gas natural comprimido y proteger contra daños al Poste de Descarga;
- c. La boquilla de descarga adecuada para los conectores de descarga de los módulos de almacenamiento transportables que entregan el GNC;

- d. Los componentes, dispositivos y accesorios necesarios para controlar la fuga de gas natural comprimido que pueda presentarse en caso de que la manguera se reviente por la presión o se rompa porque el módulo de almacenamiento transportable se aleje sin haber sido desconectado;
- e. Los postes para soportar la manguera de descarga, los cuales deben cumplir, entre otros, con los requisitos especificados en los numerales 5.4.1 a 5.4.1.3, 5.4.2 a 5.4.2.2 de esta Norma Oficial Mexicana, y

Tuberías de baja presión. Las instalaciones de gas natural de baja presión cumplirán con los requisitos siguientes:

- Las pérdidas de presión en la tubería no excederán el 10% y la velocidad del flujo del gas natural no excederá 25 m/s.
- La tubería en equipo dinámico se instalará de la forma más directa como sea práctico, con las medidas de protección adecuadas para resistir expansión, contracción, vibración, golpes y asentamiento del suelo.
- El número de uniones roscadas o bridadas se minimizarán y ubicarán en lugares seguros para el personal.
- Las uniones o conexiones roscadas o bridadas estarán en un lugar accesible para su inspección y mantenimiento.
- Las tuberías aéreas estarán protegidas contra daños mecánicos y contra la corrosión atmosférica.
- Las tuberías aéreas tendrán soportes en tramos de forma que no se produzcan esfuerzos superiores a la resistencia de trabajo permitida del tubo y que la flecha no exceda 1% del claro, considerando las cargas por presión de prueba hidrostática, el peso propio y el peso del agua;
- Las tuberías instaladas a la intemperie tendrán suficientes soportes para resistir las fuerzas máximas resultantes de la presión interna y cualquier fuerza adicional causada por contracción o expansión térmica, el peso de la tubería y el agua

durante la prueba hidrostática y la acción sísmica o de viento en el caso más desfavorable.

- La configuración de las tuberías tendrá la flexibilidad adecuada para evitar esfuerzos excesivos sobre las conexiones a equipos y recipientes.
- Las conexiones de los recipientes a los cabezales estarán instaladas de tal manera que minimicen la vibración y estar bien protegidas contra daños mecánicos.

Tuberías de alta presión. Las tuberías de alta presión contarán con los componentes, dispositivos y accesorios necesarios para controlar el flujo de descarga de gas natural comprimido y, en su caso, la fuga de gas natural que pueda presentarse cuando el poste de descarga es dañado o arrancado de posición. Entre otros, se requieren al menos los componentes siguientes:

1. Válvulas de bola de alta presión manual de $\frac{1}{4}$ de vuelta.
2. Válvulas de retención.
3. Válvulas de exceso de flujo.
4. Válvula de paro de emergencia manual.
5. Válvulas y dispositivos de relevo de presión, y
6. Filtros.

La descarga de los dispositivos de relevo se venteará a no menos de 3 m por encima del piso. El conducto de venteo no reducirá la capacidad de descarga.

I.1.4 Proyecto sistema contra-incendios

Como medida de seguridad y como prevención contra algún incendio, en las instalaciones de la Estación de Descompresión de gas natural comprimido, se encuentran instalados extintores de polvo químico seco del tipo ABC y extintores de bióxido de carbono (CO₂), manuales de 9 kg y de carretilla de 45.5 kg.

Detectores de humo

En el cuarto de control y cuarto de calentamiento, se cuenta con detectores de humo ubicados estratégicamente, señores de gas natural, los cuales se localizan uno por cada mesa de descarga y dos en la estación.

Estación Manual de alarma

La Estación de Descompresión de gas natural comprimido está provista de estaciones manuales de emergencia y de dispositivo de paro total de equipo en caso de emergencia.

Sistema de seguridad: El equipo o sistema de la Estación de Descompresión de gas natural comprimido está diseñado con dos sistemas de seguridad, siendo uno vía software que monitorea permanentemente el equipo e identifica cualquier desvío en el proceso. El otro sistema es mecánico, compuesto por válvulas de alivio en cada fase o trecho del sistema, que abren aliviando la presión del sistema.

Sistema de control: El equipo cuenta con un sistema de control a través de un controlador lógico programable (CLP), este controlador monitorea los transmisores por todo el proceso realizando ajustes y control en el proveimiento.

En lo que respecta a este rubro, los semirremolques de almacenamiento de gas natural, cuentan con los siguientes dispositivos para el control de explosiones:

- Regulador de presión
- Válvula de control.
- Tierras físicas para la carga y descarga
- Procedimientos de carga y descarga
- Cierre automático, señal desde tablero de control

Sistemas de seguridad

Los caminos de ingreso y egreso, y las áreas de carga y descarga de gas natural comprimido estarán habilitados, delimitados, señalizados e iluminados para permitir el libre tránsito. Se implementará las consideraciones siguientes:

- a. Deben ser aptos para el tránsito de vehículos de conformidad a la normatividad vigente aplicable;
- b. Los caminos deben tener un ancho mínimo de 6 m y el trazado y radio de las curvas deben permitir la maniobra adecuada de los vehículos, sin obstáculos ni restricciones para entrar y salir en forma directa;
- c. Deben contar con protecciones contra impacto vehicular, y
- d. Deben estar diseñadas para que los semirremolques que transportan recipientes de gas natural comprimido queden acomodados en las islas de carga o de descarga dirigidos hacia la salida, la salida de los vehículos debe realizarse en forma directa sin maniobras ni movimientos en reversa.

Sistemas de Control Electrónico. La Estación de Descompresión contará con los sistemas de control electrónico siguientes:

- Sistema de detección de mezclas explosivas, para detectar condiciones inseguras por medio de detectores de fuego y mezclas inflamables.
- Sistema de Paro de Emergencia (SPE), para interrumpir de una forma segura la operación del centro de trabajo cuando se presente una emergencia.
- Los circuitos de control que hayan interrumpido la operación de un sistema por mal funcionamiento deben permanecer en esa condición hasta que sean restablecidos manualmente cuando se asegure que se tienen condiciones operativas seguras.

- El restablecimiento de la operación debe ser realizado por personal calificado y se debe avisar a través de una alarma sonora y visual en el momento en que se está efectuando dicho restablecimiento.

I.2 Descripción detallada del proceso

Planta Asfaltadora

La producción de la planta de asfalto será de más de 125 ton/hr para satisfacer la demanda de volumen diario que se requiere para la ejecución de los trabajos en el tiempo programado y de esa forma evitar atrasos.

La ubicación de la planta de asfalto en el área del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM) será determinada para conveniencia de los trabajos por ejecutar.

El almacenamiento del agregado pétreo se realizará en un área cerca de la planta de asfaltos para evitar grandes distancias de acarreo y así ahorrar tiempo en traslados y deberá estar autorizado por el encargado de control de calidad.

El almacenamiento del cemento asfáltico se lleva a cabo en un tanque térmico horizontal del tipo móvil, diseñado para este fin con serpentines y protección térmica para calentar el cemento asfáltico a temperatura adecuada de manejo y mantenimiento de la misma, respectivamente. La capacidad de estos tanques fluctúa entre 20,000 y 30,000 galones.

Los tanques deben estar debidamente protegidos con barreras metálicas para evitar una posible colisión con equipos móviles complementarios a la planta de asfalto y/o derrames de cemento asfáltico en el manejo del mismo.

En caso de que se requiera, se deben de construir fosas de almacenamiento, según diseño y capacidad requerida para garantizar una producción mínima de una semana. En estas fosas se construyen los serpentines que transportan el aceite térmico para el calentamiento del cemento asfáltico.

En ambos casos, el calentamiento del cemento asfáltico se efectúa por medio de un sistema de serpentines dentro de los cuales se hace circular aceite térmico debidamente calentado por una caldera térmica.

Secado de material.

El combustible para efectuar la combustión en el quemador del tambor secador, generalmente diésel o producto alternativo, se hace en tanques metálicos con capacidad mínima de 15,000 litros, capacidad suficiente para una producción de 8 horas efectivas de la planta de asfalto.

Los tanques deben estar debidamente protegidos contra un eventual accidente o colisión con los equipos móviles complementarios a la misma planta y con protecciones laterales para una eventual fuga del combustible.

Carga del Material y alimentación a la Planta de Asfalto.

La carga y alimentación de los materiales pétreos, debidamente almacenados, clasificados e identificados, a la planta de asfaltos se realiza con un cargador frontal directamente sobre los compartimentos del alimentador de fríos, dejando un espesor de 5.0 cm entre el almacén y el suelo natural para evitar contaminación del material.

En los casos que el material se alimenta a la planta de asfalto con alimentador electromagnético y banda transportadora con túnel de recuperación se verifica que el material almacenado no presente el efecto de segregación.

Secado y mezclado del material en el tambor secador–mezclador.

El agregado frío es descargado en el alimentador de fríos de la planta de asfalto en cada uno de los compartimentos definido para cada tamaño, en caso necesario de emplear algún otro material, como “filler” este se descarga en algún otro compartimento.

Por medio de los alimentadores de banda instalados en la parte inferior de cada compartimento, es alimentado el material en la cantidad requerida por el diseño de la mezcla asfáltica que se trate proporcionado por el Laboratorio de Control de Calidad del Proyecto y son recolectadas en la banda de alimentación al tambor secador - mezclador.

El alimentador de banda y la compuerta de descarga de cada compartimento son regulado en velocidad y altura respectivamente para proporcionar la cantidad que se requería de cada uno de estos materiales, según el diseño Marshall o diseño propuesto por el Laboratorio de Control de Calidad del Proyecto.

Una vez depositados el o los materiales en la banda de alimentación son transportados al tambor secador-mezclador en donde se efectúa el proceso de secado y mezclado. Previo a la incorporación de los agregados se pone en marcha el quemador del tambor y se verifica que la temperatura dentro del tambor sea mayor a 300° C.

El quemador Hauck modelo LNSJO4360 consume gas natural y cuenta con Kit de partes externas que consta de una tubería (6” diámetro) para ser instalada en la entrada del gas del quemador con su válvula de control y una placa de orificio, así como una manga de descarga la cual va internamente en el quemador (6” diámetro).

La incorporación del cemento asfáltico se hace a través de un sistema de bombeo de asfalto desde el tanque térmico y/o fosas de asfalto por medio de tubería y bomba de asfalto con una regulación tal que proporcione el flujo continuo y uniforme requerido según la producción de trabajo de la planta de asfalto y bajo el consumo porcentual determinado por el estudio del Laboratorio de Control de Calidad del Proyecto.

Por efecto del funcionamiento del tambor secador - mezclador este empuja la mezcla hacia la compuerta de salida donde es recolectada por el elevador de calientes para ser depositado en el silo de almacenamiento. La temperatura de la mezcla generalmente está en el orden de 140° C.

Del silo de almacenamiento, que está debidamente protegido por aislantes térmicos, la mezcla es descargada sobre los camiones de volteo para ser llevada al sitio de colocación y compactación.

Los acarreos entre la planta de trituración y la planta de asfalto se deberán tener en cuenta para hacer más eficiente este proceso y evitara atrasos en la producción y satisfacer así las demandas diarias de volumen requerido.

Una vez que la mezcla asfáltica normal y modificada sea fabricada, será transportada de la planta al sitio de los trabajos para comenzar con el proceso de tendido. Antes de comenzar con el tendido de la carpeta se comenzará efectuando el riego de liga, posterior a está actividad se colocaran los hilos de nivel donde se apoyara el sensor del pavimentador, los hilos se sujetaran sobre pijas especiales a cada 10 cm.

La capa a cubrir se porea con una capa delgada de carpeta asfáltica, misma que se colocará manualmente en forma de avanico con la finalidad que el equipo de acarreo al aporximarse al pavimentador levanten con sus llantas la liga de la capa inferior.

Antes de iniciar el tendido se verificará la temperatura del material a fin de que sea el adecuado para el correcto tendido de este, se verificara durante el tendido de forma visual y fisica que no haya deflexiones transversales y longitudinales en la capa colocada, asi mismo se verificara visualmente la textura para evitar que no se presenten clasificación del material o textura demasiado abierta ya que esto podria causar permeabilidades altas.

La compactación se realizara con compactadores Tandem a fin de dar un acomodo correcto a la mezcla y alcanzar los niveles que marca el proyecto.

En las juntas entre franjas de tendido se deberá cuidar la perfecta union para evitar de esta forma zonas permeables o desniveladas.

Una vez que la capa de asfalto este lista se efectuaran pruebas de laboratorio a fin de comprobar que la compactación es la que requiere el proyecto e indican en las especificaciones.

Estación de Descompresión de Gas Natural

La Estación de Descompresión de Gas Natural cuenta con los siguientes equipos de apoyo que garantizan el proceso de descompresión de gas natural comprimido: tres mesas de descompresión, filtro, almacenamiento de gas y sistema de calentamiento de agua.

El proceso de abastecimiento de gas inicia cuando un semirremolque es conectado en las mesas de descompresión; siempre hay una mesa de descompresión en operación y otra en modo stand-by, en intervalo de presión de trabajo que los semirremolques operan es de 250 hasta 15 bar, cuando la presión de un semirremolque este abajo de 15 bar (semirremolque descargado), el sistema cambia automáticamente para el otro semirremolque (totalmente lleno), así, el abastecimiento de gas es continuo.

Después de las mesas de descompresión, el gas pasa por el filtro, donde las partículas sólidas son separadas y posteriormente sigue la reducción de presión y control del proveimiento de gas natural a la presión deseada para su uso

El intervalo de presión de entrada en la Estación de Descompresión de Gas Natural es la misma de los semirremolques, de 250 bar, dentro de la estación existen dos fases de reducción de presión; en la primera, la reducción de presión es desde los 250 hasta 90 bar; en la segunda, la reducción es desde los 90 hasta 15 bar, la presión de salida de la segunda fase corresponde a la presión requerida por el proceso.

Cuando la presión de entrada en la primera fase de reducción este abajo de 90 bar, el flujo de gas pasa directamente para la segunda fase de reducción (by-pass).

Cuando el descenso de presión ocurre (tanto en la primera como en la segunda fase 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 estación cuenta con un sistema de calentamiento de gas. Este sistema consiste de calderas, cada una con un quemador, que calientan y almacenan el agua en un vaso acumulador, a través de un sistema de bombas, el agua caliente circula del acumulador para un conjunto de cambiadores de calor localizados dentro de la estación, en estos cambiadores de calor se efectúa 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 y presión, tanto del gas como del agua. La información más importante es la temperatura de salida del gas de la estación, el sistema de seguridad entra en acción en caso de que algún parámetro presente error.

Panel de control

El panel de control es donde están localizados todos los periféricos de control y automatización, la lógica de inter conexiones eléctricas de la estación, el sistema de calentamiento y de las mesas de descompresión. Los componentes que son utilizados: contactores, reles (sistema mediante el cual se puede controlar una potencia mucho mayor con un consumo en potencia muy reducido), CLP (sistema de automatización), IHM (enlace de comunicación entre el operador y la máquina) y bloque neumático.

Unidad de reducción de presión Primera Fase de Reducción. La primera fase de Reducción está formada por una válvula operada en alto flujo y alta presión que es conectada a una válvula piloto; esta válvula tiene su cuerpo formado en acero inoxidable, el equipo tiene una línea de backup de regulación de presión.

El regulador de la Primera Fase de Reducción se activa por un sensor (membrana), que se posiciona a través del equilibrio de la presión de gas que recibe la válvula de salida agua abajo (actuando del lado inferior del elemento sensor) y de la presión del gas de pilotaje, cuya fuente de alimentación es la válvula de entrada (agua arriba) real del regulador de gas.

La segunda fase de Reducción está integrada por una válvula operada en alto flujo y alta presión que es conectada a una válvula piloto, con las mismas características de la válvula usada en la primera fase de reducción. La segunda fase de reducción también cuenta con una línea de backup de regulación, sus parámetros de regulación también aparecerán en la segunda pantalla de programación.

Sistema de By-pass La estación cuenta con dos fases de reducción de presión; cuando la presión de entrada en la (la misma presión en la entrada de la primera fase de reducción) alcanza el valor máximo de entrada de la segunda fase de reducción, no hay más la necesidad de operación de la primera reducción, y entonces, el flujo de gas es desviado automáticamente para la segunda fase.

La presión de accionamiento del by-pass debe ser 90 bar y puede ser regulada en la segunda pantalla de control en el panel de comando.

El Sistema de calentamiento está integrada por dos fases de calentamiento, conducidos por los cambiadores de calor, el agua es calentada por calderas de gas natural, y su circulación es forzada a través de las bombas hidráulicas

El control de temperatura del tanque es realizado por un panel automatizado que lee la temperatura del tanque y la compara con la temperatura ambiente en sus dispositivos de indicadores, por eso, cuando la temperatura del tanque es igual a la temperatura definida para estos indicadores, una señal eléctrica es enviada a la bomba que comienza a fluir a través del agua, para que el agua fría salga del tanque mientras el agua caliente ingresa, manteniendo así la temperatura ambiente en los indicadores.

Este subsistema consiste en calderas que calientan el agua para un tanque acumulador, a través de un sistema de bombas hidráulicas, el agua caliente circula a partir del tanque para el interior de los cambiadores de calor, que están localizados dentro de la estación, los cambiadores de calor son responsables de hacer el cambio de calor entre el agua caliente y el gas frío, dejando el gas en la temperatura "seteada".

El sistema de calentamiento de la estación, está integrado por bombas hidráulicas con flujo de 23,000 L/h cada una y bombas hidráulicas con flujo de 6,000 L/h cada una, las bombas, son usadas para el envío del agua caliente del acumulador para la estación y para forzar la circulación del agua fría del acumulador para las calderas.

Las mesas de descompresión están instaladas inmediatamente después de los semirremolques con cilindros, que a través de una manguera es conectada en el semirremolque y en la mesa. Su función es liberar o no, el paso del gas.

Procedimientos o secuencia de funcionamiento de la estación

- 1) El camión llega a la isla de suministro (posición 1 o la posición 2)
- 2) El operador conecta la toma de tierra del camión.
- 3) El operador conecta la boquilla de descarga a las conexiones en el camión.
- 4) El operador abre las válvulas de suministro presentes en el camión y en la boquilla de carga.

- 5) El operador pulsa el botón de inicio sobre el tablero de comando (DP1 o DP2) El control QT se acciona y abre la válvula de entrada de gas, de la isla 1 (VM104 ÷ VM118), o de la isla 2 (VM120 ÷ VM134) o ambos, en el caso de dos reservas y se enciende la luz ROJA INTERMITENTE de manera veloz, sobre el tablero de comando en espera de turno de suministro.

- 6) El PLC de la estación de medición y reducción de presión abre la válvula AP1.1 o AP1.2 según la lógica del propio PLC (en el caso de agrupaciones de dos estaciones de medición y reducción de presión, abre ambas válvulas en el patín K101 y patín K102).

- 7) El PLC de la estación de medición y reducción de presión envía una señal de válvula abierta (AP1.1 o AP1.2) al QT.

- 8) El QT enciende la luz ROJA fija para señalar el inicio de suministro sobre el pulsante del mando DP1 (o DP2);

9) La estación de medición y reducción de presión, entrega el gas que viene medido por el cuadro QT, el cual transmite la medición a la interfaz IDP, la cual está asociada a la matrícula del operador.

10) La casilla de interfaz del IDP envía la señal al PC de la estación que almacena los datos en un archivo;

11) Cuando el PLC de la estación reductora de presión y medición, mediante los sensores de presión en la línea PT5.1 (o PT5.2), detecta una presión de 10 bar (umbral mínimo de presión ajustable en los manómetros PI5.1 , OI5.2) abre la válvula AP1.2 (o AP1.1) en función de la prioridad recibida desde el PLC.

12) El PLC de la estación de medición y reducción de presión envía una señal de válvula abierta AP1.2(o AP1.1) al QT.

13) La estación de medición y reducción de presión suministra el gas que se mide en el controlador QT que transmite la medida a la a la casilla de la interfaz del IDP la cual está asociada a la matrícula del operador, (mediante el Trasponder Reader).

14) La casilla de interfaz del IDP envía la señal al PC de la estación que almacena estos nuevos datos en un archivo.

15) Con un retardo de 30 segundos el PLC de la estación de medición y reducción de presión cierra la válvula AP1.1 (o AP1.2) esto para garantizar la continuidad de suministro.

16) El PLC de la estación de medición y reducción de presión envía una señal de válvula cerrada AP1.1 (o AP1.2) al QT.

17) El QT cierra las válvulas de entrada de gas de la isla 1 (VM104 ÷ VM118 o de la isla 2 - VM120 ÷ VM134).

18) El QT enciende la luz VERDE INTERMITENTE al final del suministro sobre el pulsante del mando DP1 (o DP2).

19) El operador cierra las válvulas de suministro presentes en el camión y en la boquilla de carga.

20) El operador desconecta las boquillas de carga de las conexiones en el camión.

21) El operador desconecta la toma de tierra del camión.

NOTAS:

22) Si el operador, en cualquier momento, oprime el botón STOP sobre el pulsante del mando DP1 (o DP2), el suministro se detiene en las siguientes formas:

1. El operador oprime el pulsante STOP, por ejemplo, sobre el DP1 de la isla 1.
2. El comando QT abre las válvulas de la isla 2 (en realidad las válvulas ya están abiertas porque se abren inmediatamente cuando el operador se identifica con el Trasponder Reader y luego presiona el botón o pulsante START).
3. El controlador QT no cierra instantáneamente las válvulas de entrada del gas de la isla 1 pero envía una señal al PLC de la estación de medición y reductora de presión.
4. El control del PLC de la estación de medición y reductora de presión abre la válvula del segundo camión cisterna acoplado a la línea 2 (AP1.2).
5. El control QT cierra (con un retraso de 30 segundos, ajustable en el gabinete) las válvulas de la isla 1.
6. El control del PLC de la estación de medición y reducción de presión, después de 30 seg de la apertura de la válvula (referida el punto 4) cierra la válvula del primer camión cisterna de la isla de la isla 1 (AP1.1).
7. El control del PLC de la estación de medición y reducción de presión envía la señal de cierre de la válvula AP1.1 al controlador QT.

8. El Controlador QT acciona la señal por medio de LUZ VERDE fija sobre el comando QT que el operador puede desconectar el camión cisterna acoplado a la isla 1.

<i>Lampara led</i>	<i>Acción</i>
led verde fija	Isla de suministro libre
led verde intermitente	Código carta lector-transmisor adquisición
led rojo intermitente veloz	Satellite en espera del turno de suministro
led rojo intermitente lento	Inicio fase de habilitación de suministro
led rojo fijo	Suministro en curso
Led rojos y verdes fijos	Error en suministro

Sustancias peligrosas manejadas

A continuación, se presentan el listado de sustancias peligrosas que se manejarán con sus características de peligrosidad (tipo de riesgo), cantidad de reporte y cantidad máxima de almacenamiento:

Tabla 3 Listado de sustancias peligrosas manejadas

Sustancia peligrosa	Capacidad máxima de almacenamiento	Cantidad de Reporte	Tipo de Riesgo			
			S	I	R	E
Gas natural	14,844 kg	500 kg (como metano)	1	4	0	
Diesel	3,000 lts	No aplica	1	2	0	
Asfalto	170,325 lts	No aplica	0	3	0	

La cantidad de reporte se refiere al primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992 respectivamente. Los listados se refieren a las sustancias tóxicas, explosivas e inflamables cuya presencia en las actividades, en cantidad igual o superior a las cantidades referidas en dichos listados (cantidades de reporte), permiten considerarlas como altamente riesgosas.

De acuerdo con los listados 1º y 2º de las Secretaría de Gobernación, los cuales determinan las cantidades de reporte para clasificar a las empresas que realizan actividades altamente riesgosas, la empresa será considerada de alto riesgo debido a que maneja gas natural en cantidades mayores a las de reporte.

I.2.1 Hojas de seguridad

En el Anexo V.4.1 se presentan la hoja de datos de seguridad de gas natural.

I.2.2 Almacenamiento

El remolque para transportar y recibir el gas natural tendrá las siguientes características:

Marca Titan Módulo 40 pies

Número de tanques Titan 4 X 40 Pies

Volumen (equivalente en agua) = 34,047 litros

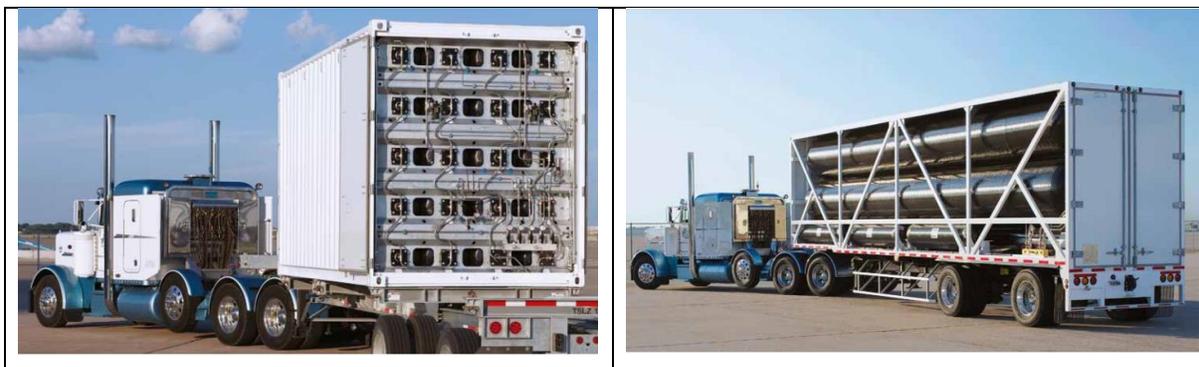
Presión de operación: 3,600 psi = 248 bar

Volumen de gas = 10,309 m³ estándar (364,059 pie³ estándar)

Masa de gas = 7,422 kg (16,363 lb)

Dimensiones = Largo 12.19 m, Ancho = 2.44 m, Altura 2.44 m

El cilindro y el módulo de almacenamiento TITAN fueron diseñados específicamente para el transporte a granel de grandes cantidades de gas natural comprimido. Son utilizados en regiones que actualmente no tienen cobertura de gasoductos de gas natural, además es para consumidores industriales y estaciones de servicio de vehículos no.



A continuación, se presentan las características del módulo de almacenamiento:

- Los filamentos de carbono funcionan con alta resistencia y cero fatigas.
- El revestimiento de polímero no tiene corrosión.
- Grandes colectores y diámetros de tubo soportan un alto flujo de gas.
- Montado para permitir el crecimiento del tanque durante el ciclo de presurización.
- Interfaces del jefe de acero al carbono montadas en el cuello.
- Componentes incorporados de forma segura directamente en el marco.
- Sin conexiones de plomería soldadas.
- Colector de llenado / descarga de punto único con hasta cuatro receptáculos.
- Diseñado para una ubicación múltiple de combustible y descarga de combustible.
- Fin fijo con plomería de interconexión.
- Extremo deslizante con diseño patentado de cojinetes radiales.
- Válvulas de cierre manual de cuarto de vuelta en cada cilindro.
- Diseño de cascada opcional para el funcionamiento con estaciones de compresores móviles.
- Equipado con un sistema de protección contra incendios de última generación.
- Diseñado para ser de bajo mantenimiento y para reducir los costos de re-inspección.
- Lista completa de certificaciones y requisitos de inspección están disponibles en hexagonlincoln.com

I.2.3 Equipos de proceso y auxiliares

A continuación, se enlista los equipos de la Estación de Descompresión de gas natural:

Tabla 4 Lista de equipo de la Estación de Descompresión de gas natural

Equipo	Especificaciones	Vida Útil (indicada por el fabricante)	Localización. dentro del arreglo general de la Planta
Cilindros de gas natural	Recipientes sujetos a presión	20 años	Semirremolques
Semirremolques	Contenidos en cilindros	20 años	Estación de descompresión
Unidad Reductora y Control de Presión RCU	Intercambiadores de calor, serpentines	20 años	Estación de descompresión
Calderas	Calentamiento de agua	20 años	Sistema de calentamiento
Bombas hidráulicas	Circulación de agua	20 años	Sistema de calentamiento
Bombas hidráulicas	Circulación de agua	20 años	Sistema de calentamiento
Tanque acumulador	Calentamiento de agua	20 años	Sistema de calentamiento

I.2.4 Pruebas de verificación

En las pruebas de verificación se toma en cuenta todos los aspectos claves de la instalación de los equipos y están de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y corresponden a las especificaciones aprobadas en el diseño. Una calificación de instalación incluye los siguientes aspectos:

- Verificación de cumplimiento de especificaciones.
- Verificación de las condiciones de instalación.
- Verificación de la correcta instalación.
- Historial del equipo.

- Información del fabricante.
- Especificaciones de diseño del equipo.
- Información de la orden de compra.
- Especificaciones del equipo en planta.
- Información de mantenimiento.
- Lista de insumos que utiliza el equipo o para su mantenimiento.
- Especificaciones de sistema de apoyo crítico.
- Características de los sistemas de control y monitoreo.
- Calibración.
- Mantenimiento preventivo.
- Listado de repuestos.
- Descripción del equipo auxiliar.
- Planos de instalación.
- Calibración de instrumentos.
- Desarrollo de la documentación involucrada.
- Descripción del equipo y su capacidad de trabajo.

Calificación operacional. Es la verificación de que los equipos funcionan en la forma esperada y son capaces de operar satisfactoriamente sobre todo el rango de los parámetros operacionales para los que han sido diseñados.

Calificación de desempeño. Aquí se demuestra la efectividad y reproducibilidad del proceso, bajo dos tipos de condiciones: la primera, son las normales de operación y la segunda, bajo límites de operación.

Pruebas de integridad mecánica

Son todos los esfuerzos que la Organización enfoca en asegurar que la integridad de los sistemas que contengan fluidos peligrosos sea mantenida durante la vida útil de los equipos, desde la fase de diseño, fabricación, instalación, construcción, operación y mantenimiento para garantizar la protección al personal, comunidad,

medio ambiente e instalaciones. Los elementos que conforman o componen la integridad mecánica en las instalaciones de proceso son los siguientes:

- Aseguramiento de la calidad de equipos.
- Inspección y pruebas.
- Procedimientos de mantenimiento.
- Capacitación en mantenimiento.
- Control de calidad de materiales de mantenimiento y partes de repuesto.
- Ingeniería de confiabilidad.
- Reparaciones y modificaciones.
- Auditorías.

A continuación, se presentan la descripción de pruebas e inspecciones que se realizarán durante la instalación de equipo y operación de la planta:

Pruebas No Destructivas (PND)

Las pruebas no destructivas son técnicas de inspección que se utilizan para la detección y evaluación de las posibles discontinuidades que puedan existir tanto en la superficie como en el interior de los materiales metálicos (placa rolada, material forjado, piezas de fundición, soldadura, etc.) que se emplean para la fabricación de recipientes sujetos a presión, tanques atmosféricos, válvulas, árboles, cabezales, tubería, etc.; porque al aplicarlas, los materiales no se destruyen ni se ven afectadas sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y/o características dimensionales.

Las principales aplicaciones de las pruebas no destructivas las encontramos en:

1. Detección de discontinuidades (internas y superficiales).
2. Determinación de composición química.
3. Detección de fugas.

4. Medición de espesores y monitoreo de corrosión.
5. Adherencia entre materiales.
6. Inspección de uniones soldadas.

Las pruebas no destructivas son sumamente importantes en el continuo desarrollo industrial. Gracias a ellas es posible, por ejemplo, determinar la presencia de defectos en los materiales o en las soldaduras de equipos tales como recipientes a presión, en los cuales una falla catastrófica puede representar grandes pérdidas en dinero, vida humana y daño al medio ambiente. Las etapas o situaciones en las que son aplicables las pruebas no destructivas se describen a continuación.

1. Recepción de materia prima. - Las pruebas no destructivas son aplicables por muestreo o al 100% para verificar que los materiales que se reciban en el almacén efectivamente cumplen con los requisitos de calidad indicados en los certificados y/o órdenes de compra.
2. Procesos de fabricación. - Las pruebas no destructivas se aplican en algunas etapas críticas de fabricación estratégicamente seleccionadas, con la finalidad de detectar oportunamente la posible presencia de discontinuidades y así poder tomar acciones correctivas para subsanar las causas que las originan.
3. Maquinado o Ensamble Final. - Las pruebas no destructivas son aplicadas para verificar si las superficies con acabado final no tienen imperfecciones que hayan aflorado a la superficie después del maquinado para dar las medidas finales y que afectan su utilidad interna o futura.
4. Procesos de soldadura. - Las pruebas no destructivas son aplicadas inmediatamente después de concluida y enfriada una unión con soldadura (algunos aceros requieren de 48 a 72 horas, después de concluida la soldadura), con la finalidad de evaluar la sanidad superficial e interna tanto de la soldadura, así como de la zona afectada por el calor.

5. Procesos de reparación con soldadura. - Las pruebas no destructivas se aplican para ir monitoreando la remoción de los defectos inicialmente encontrados, para eliminarlos o reducir a un tamaño aceptable; después de la remoción de los defectos, las zonas exploradas se rellenan con soldadura y esta soldadura es necesario se evalué su sanidad superficial e interna utilizando las pruebas no destructivas.

6. Mantenimiento preventivo. - Las pruebas no destructivas son una de las herramientas utilizadas para evaluar la integridad mecánica de los materiales en servicio que son susceptibles de sufrir: corrosión, picaduras, erosión y grietas por fatiga, grietas por corrosión bajo esfuerzo, daños por hidrógeno, etc.

Inspección Visual (IV)

La inspección visual, es sin duda una de las Pruebas No Destructivas (PND) más ampliamente utilizada, ya que, gracias a esta, uno puede obtener información rápidamente, de la condición superficial de los materiales que se estén inspeccionando, con el simple uso del ojo humano.

Durante la inspección visual en muchas ocasiones, el ojo humano recibe ayuda de algún dispositivo óptico, ya sea para mejorar la percepción de las imágenes recibidas por el ojo humano (anteojos, lupas, etc.) o bien para proporcionar contacto visual en áreas de difícil acceso, tal es el caso de la inspección visual del interior de tuberías de diámetro pequeño, en cuyo caso se pueden utilizar boroscopios, ya sean éstos rígidos o flexibles, pequeñas videocámaras, etc.

Es importante marcar que, el personal que realiza la inspección visual tendrá conocimiento sobre los materiales que esté inspeccionando, así como también, del tipo de irregularidades o discontinuidades a detectar en los mismos. Con esto,

podemos concluir que el personal que realiza la inspección visual tendrá cierto nivel de experiencia en la ejecución (Por ejemplo, la IV de uniones soldadas).

Una vez construida la Estación de Descompresión de gas natural comprimido, se realizará la verificación de la instalación y puesta en marcha de la unidad de control y reducción de presión, lo que permitirá confirmar que la instalación es adecuada y el funcionamiento de los equipos y componentes de seguridad y operación a través de las pruebas de verificación. A continuación, se presenta la lista de pruebas de verificación que se realizara en la Estación de Descompresión de gas natural comprimido:

Tabla 5 Lista de pruebas de verificación

No	Revisión
1	Verificación de Componentes.
2	Verificación de la operación de dispositivos de seguridad.
3	Verificación de las pruebas de radiografía a tuberías.
4	Verificación de los requisitos del agua del sistema de calentamiento.
5	Verificación de los requisitos para el sistema de aterrizaje.
6	Verificación de los parámetros de programación para el sistema de descompresión de gas natural comprimido.
7	Verificación de la Pre-operación del sistema de descompresión de gas natural comprimido.
8	Verificación de mensajes de alarma.
9	Verificación de la Operación del Sistema de Telemetría.
10	Verificación de la Operación de la Comunicación del Sistema de Descompresión con Sistema de Control de la Planta.
11	Verificación de la Operación de la Estación de Medición.
12	Reporte de Fallas y Desviaciones.

Para la verificación de las pruebas de radiografiado a tuberías de gas natural, se contará con reportes y radiografía de cada cordón de soldadura en la tubería.

Mangueras

Las mangueras contarán con certificado de fabricación que demuestre el cumplimiento con las Normas Aplicables para la tecnología empleada.

Las mangueras estarán marcadas por el fabricante o su representante de manera permanente indicando el nombre del fabricante o marca comercial, identificación de servicio, presión de diseño y vida útil. Las mangueras estarán ubicadas cercanas a los exteriores.

La longitud de las mangueras no debe ser mayor a 7.6 m, evitando que éstas estén tensionadas o torcionadas y evitar que pasen por debajo de la unidad u otros vehículos. El largo de la manguera no debe permitir su roce contra el piso de la isla.

Las mangueras serán aptas para operar a la máxima presión de operación y resistentes a los hidrocarburos en su cara interna y a las condiciones atmosféricas (humedad, ozono, electricidad estática) en su superficie externa.

Se instalarán dispositivo de ruptura de la manguera entre el punto de suministro y el conector de llenado, que cumpla con los siguientes aspectos:

- a. Cuente con un certificado de fabricación que demuestre el cumplimiento con las Normas Aplicables para la tecnología empleada.
- b. Se desconecte cuando sea sujeto a una fuerza de 667 N o mayor.
- c. Impida desconectarse con una fuerza menor de 222 N.
- d. Cierre automáticamente la fuente de suministro de GNC cuando se desconecte.
- e. Disponga de los medios en la Estación de Suministro para limitar la cantidad de gas natural que se requiere ventear para conectar el acoplamiento de desconexión rápida con el dispositivo de ruptura a los contenidos de la manguera de suministro y a la tubería dentro del gabinete del Surtidor de gas natural comprimido.

Los conectores de llenado deben contar con un certificado de fabricación que demuestre el cumplimiento con las Normas Aplicables para la tecnología empleada y ser compatibles con la Boquilla de Recepción.

I.3 Condiciones de operación

A continuación, se presenta las temperaturas y presiones de diseño y operación que se manejará en el sistema de gas natural:

Tabla 6 Datos de Temperatura y Presión de Diseño y Operación.

Variable	Dato
Gas natural	
Temperatura de Diseño	-20 a 40 °C
Temperatura de Operación	25 °C
Presión de Diseño	250 bar
Presión de Operación	50 bar

Datos del Sistema	
Flujo Máximo	4000 m ³ / h
Presión de Entrada de GNC	250 - 15 Bar
Presión de Salida de GNC	15 – 50 Bar
Pérdida de carga generada por la máquina (diferencia mínima necesaria entre presión de entrada y salida)	< 10Bar
Fases de reducción de presión	2
Alimentación neumática	6 – 8 bar
Consumo de aire máximo (por accionamiento)	89 litros
Alimentación eléctrica	220 VCA / 60 Hz
Consumo eléctrico*	4,2 KWh*

* No incluye el consumo de los compresores de aire.

3. Estado físico de las diversas corrientes del proceso: El estado físico de las sustancias peligrosas que se manejarán será en estado gaseoso (gas natural).

4. Características del régimen operativo de la instalación (continuo o por lotes): El régimen operativo de la instalación será continuo.

En el Anexo V.3.2.1 se incluyen los Diagramas de Tuberías e Instrumentación (DTI's) con base en la ingeniería de detalle y con la simbología correspondiente.

I.3.1 Especificación del cuarto de control

Planta Asfaltadora

La cabina de control se compone de todos los arrancadores de cada uno de los sistemas. Además, el sistema PLC (Control Lógico Programable) con el cual se controla cada uno de los sensores, válvulas, electroválvulas, el cual es manejado por medio de la computadora y se pueden obtener datos y estadísticas de producción de asfalto, así como visualizar la planta desde el monitor con todos los componentes necesarios que pueden detectar y avisar sobre cualquier falla o error antes o durante el proceso de la producción.

La cabina de control está compuesta por una computadora central impresora y panel de control con botón de inicio, botón de paro medio, botón de descarga.

El sistema PLC es el que manda todas las señales a los sensores, electro válvulas, de toda la planta de asfalto y con el cual se detecta cualquier falla y /o error durante el programa de secuencia de la producción.

En la cabina de control en la parte de afuera se encuentran los enchufes donde van las conexiones del equipo del baghouse, banda inclinada, criba, tolvas, mezclador, quemador, tanque de asfalto, caldera, elevador y silo.

Estación de Descompresión de gas natural comprimido

En el cuarto de control, se localiza, el panel de control, donde están ubicados todos los periféricos de control y automatización, la lógica de ínter conexiones eléctricas de la Estación de Descompresión de gas natural comprimido, el sistema de calentamiento y de las mesas de descompresión de la CLP, IHM y bloque neumático.

Sistema de control: El equipo cuenta con un sistema de control a través de un controlador lógico programable (PLC), este controlador monitorea los transmisores por todo el proceso realizando ajustes y control en el proveimiento.

Todo el sistema es controlado y monitoreado por un sistema de automatización. En algunos puntos estratégicos, esta central lógica, lee informaciones de temperatura y presión, tanto del gas como del agua; toda la operación del sistema de descompresión de gas natural comprimido también es monitoreada y controlada por acceso remoto en Internet, lo que significa más seguridad y agilidad en casos de mantenimiento.

La IHM es el enlace de comunicación entre el operador y la máquina, que permite al CLP el monitoreo de los parámetros de control y de programación. Para realizar la parametrización, basta acceder las pantallas de control en el panel de control.

El Proyecto utilizará una Sala de Control Central (CCR, también definido como Cuarto o Cabina de Control) en el edificio administrativo/operativo. La ubicación estará en una parte no peligrosa de las instalaciones; en el piso inferior, aunque tendrá acceso restringido para minimizar las distracciones. Su personal será un Supervisor para monitorear todas las operaciones, las operaciones del muelle, las transferencias y actividades entre tanques, los niveles de los tanques, y la Consola de CCTV. El Supervisor será responsable de llevar una bitácora exacta de los eventos y los datos clave y/o reglamentarios sobre una base por hora con propósitos de tener registros y también se facilitará la comunicación con las operaciones de campo y los recursos externos como inspectores y representantes del cliente. El Supervisor también se encargará de la comunicación con el Personal de Respuesta a Emergencias de ser necesario.

En el cuarto de control se localizarán la operación del Sistema de Control, cuyo diseño permite al operador una rápida y segura interacción bajo cualquier condición de operación. Para el diseño del cuarto de control, así como de la consola de

control, han sido considerados aspectos ergonómicos, para disminuir o eliminar los errores humanos. El cuarto de control tendrá aire acondicionado para garantizar un ambiente controlado y la adecuada operación del equipo de control.

El cuarto de control se localizará junto a las áreas de proceso, por lo que estará expuesto a riesgos de explosiones u otros incidentes que pueden producirse en sus inmediaciones, principalmente por fuga de gases o productos volátiles, manejados en la planta, por lo tanto, se emplearán materiales sólidos y de alta resistencia al impacto en su construcción.

El cuarto de control será una sala presurizada. La presión positiva se considerará cuando menos de 0.15" de columna de agua. Las entradas de aire estarán a 12 m sobre el nivel del piso y equipadas con detectores de gas y/o vapores tóxicos con alarma en el tablero del sistema contra incendio, también localizado en el cuarto de control.

El acceso al cuarto de control tendrá doble puerta, para evitar pérdidas excesivas de presurización. La puerta exterior, frente a las áreas de proceso abrirá hacia afuera, con algún dispositivo para que cierre por sí sola automáticamente.

El número de ventanas será el mínimo necesario, principalmente en el lado del cuarto de control que quede hacia el área de almacenamiento. Las ventanas serán fijas, de tal forma que no se puedan abrir.

I.3.2 Sistemas de aislamiento

El área donde se ubica la Estación de Descompresión se ubicará aislada de las demás instalaciones de la planta asfaltadora, se construirá un muro contra fuego a base de tabique rojo prensado hueco estructurado a base de dala de desplante de remate y castillos de concreto armado a cada 3.0 m aproximadamente, una puerta de malla ciclón de 1.0 m de ancho x 2.0 m de altura como salida de emergencia en el extremo oeste del muro y junto a la caseta de medición y por el costado este se colocó malla ciclón galvanizada a una altura de 2.0 m, y una puerta de malla ciclón de 1.0 m de ancho x 2.0 m de altura como salida en caso de emergencia

En el costado oeste se colocará malla ciclón galvanizada a una altura de 2.0 m y limitando con la caseta de medición y una puerta de malla ciclón de 1.0 m de ancho x 2.0 m de altura como salida en caso de emergencia.

En el costado norte se colocó una barrera de concreto armado para protección de golpes de vehículos con dimensiones de 0.80 m de altura x 0.23 m de espesor promedio y por el costado este se colocará también la barrera de concreto armado con las dimensiones indicadas anteriormente en este mismo párrafo.

En cuanto a la sustancia manejada, el Gas Natural Comprimido y dadas las características de las instalaciones, su almacenamiento no se encuentra confinado, ya que toda la instalación está al aire libre, por lo que, en caso de fuga, no hay acumulación de gases, por lo que se cuenta con medidas de seguridad apropiadas en las mismas instalaciones.

El diseño de las instalaciones eléctricas del Proyecto cumplirá con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (utilización).

Con el fin de determinar el alcance de las medidas de prevención y protección que deban adoptarse, se clasificarán en zonas, las áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores afectados. Dicha clasificación se realizará teniendo en cuenta el tipo de sustancia que origina la atmósfera explosiva, la frecuencia con que se producen las atmósferas explosivas y su duración.

El sistema de clasificación utilizado para definir los tipos de áreas se basa en los siguientes criterios:

- Para determinar la Clase de área se toma en cuenta la naturaleza del producto que en ella escapa a la atmósfera.
- La frecuencia y extensión con las que las mezclas inflamables estarán presentes se utiliza para definir la División.
- Dependiendo de las propiedades químicas del producto liberado a la atmósfera, que determinan específicamente la facilidad con la que este tiende a incendiarse, define el Grupo.

Evidentemente, para definir o etiquetar un área dentro de su Clase, División y Grupo, debe recolectarse toda la información básica acerca de la instalación, la cual, incluirá los aspectos descritos a continuación:

- Diagramas de flujo del proceso que indiquen, flujos, temperaturas y presiones de cada corriente.
- Diagramas de tubería e instrumentación.
- Planos de ubicación de instrumentos, incluyendo dispositivos de alivio y venteo.
- Lista de productos que se manejan incluyendo sus características fisicoquímicas tales como: puntos de inflamación y ebullición.

- Plano de planta y elevaciones mostrando todos los equipos, incluyendo los drenajes y venteos a la atmósfera.

Clase I: Se consideran como clase I, aquellos lugares donde hay o puede haber gases o vapores en cantidad suficiente para producir mezclas inflamables. A su vez, las áreas peligrosas pertenecientes a la clase I se clasifican en zonas según la frecuencia de aparición y el tiempo de permanencia de una atmósfera explosiva.

Se denomina zona 0 a toda área en la cual una atmósfera explosiva está presente en forma continua o durante largos períodos. La zona 1 es aquella en la que es probable que exista una atmósfera explosiva en operación normal. La zona 2 comprende a aquellas áreas en las que es muy baja la probabilidad de que se produzca una atmósfera explosiva en operación normal y si esto ocurre, sólo se producirá durante un corto período de tiempo.

División I Son consideradas en esta división, aquellas áreas donde se manejan, procesan o almacenan productos inflamables, pero en la que normalmente no existen concentraciones peligrosas, los productos se encuentran en recipientes o sistemas cerrados de los cuales solo pueden escapar en caso de rotura o funcionamiento anormal de los equipos de proceso, así como también, donde las concentraciones inflamables de gases o vapores son impedidas, mediante sistemas de ventilación positiva y por lo tanto, únicamente la falla de dichos sistemas puede dar lugar a la presencia de una atmósfera inflamable, contiguas a lugares clase I, división I, a las que puedan llegar ocasionalmente concentraciones inflamables de gases o vapores, a menos que tal comunicación sea evitada por sistemas de ventilación adecuados y se hayan previsto dispositivos para evitar la falla de dichos sistemas. En consecuencia, las áreas donde se cumplan las condiciones descritas anteriormente se clasifican como División II.

División II. Son consideradas en esta división, aquellas áreas donde se manejan, procesan o almacenan productos inflamables, pero en la que normalmente no existen concentraciones peligrosas, los productos se encuentran en recipientes o sistemas cerrados de los cuales solo pueden escapar en caso de rotura o funcionamiento anormal de los equipos de proceso, así como también, donde las concentraciones inflamables de gases o vapores son impedidas, mediante sistemas de ventilación positiva y por lo tanto, únicamente la falla de dichos sistemas puede dar lugar a la presencia de una atmósfera inflamable, contiguas a lugares clase I, división I, a las que puedan llegar ocasionalmente concentraciones inflamables de gases o vapores, a menos que tal comunicación sea evitada por sistemas de ventilación adecuados y se hayan previsto dispositivos para evitar la falla de dichos sistemas. En consecuencia, las áreas donde se cumplan las condiciones descritas anteriormente se clasifican como División II.

I.4 Análisis y evacuación de riesgos

Esta es una de las secciones más importantes del Estudio de Riesgo Ambiental ya que permite determinar los radios de afectación a causa de un accidente.

I.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes

Listas de algunos de los accidentes relevantes a causa del Gas Natural Licuado (GNL)

1965.- Derrame del barco metanero “Princess”: Los brazos de descarga de GNL de la Planta regasificadora a un buque se desconectaron antes de las líneas de líquido se hubieran vaciado completamente causado un accidente de gas natural líquido.

1965.- Derrame del “Jules Verne”: Existió un fallo en la instrumentación de nivel de líquido, causado un derrame de gas natural líquido.

1971.- En La Spezia, Italia. Se produjo un fenómeno llamado “roll-over” o de vuelco, en el que dos capas de gas natural licuado con diferentes densidades y contenido de calor pueden formar de nuevo el flujo de gas natural desde el compresor hasta la línea de nitrógeno provocando así otro accidente.

1972.- En Montreal East, Quebec, Canadá, ocurrió una explosión en la licuefacción de gas natural líquido debido a una falla que produjo una alta concentración de gas superando la máxima presión en la planta regasificadora de Gaz Metropolitan. El accidente ocurrió en la sala de control debido a un reflujo de gas natural desde el compresor hasta la línea de nitrógeno.

1973.- En Staten Island EE.UU. Estalló un incendio en un tanque de gas natural líquido fuera de servicio, que estaba siendo reparado. Murieron los cuarenta trabajadores que estaban trabajando en el tanque. Se supone que se había filtrado gas a través del revestimiento en las rellenas anteriores y se habían acumulado en el suelo y que una chispa eléctrica de las aspiradoras encendió el gas provocando la explosión.

1974.- En Massachusetts Barge EEUU. Después de un corte de energía y el cierre automático de las válvulas de la línea de líquido principal, una pequeña cantidad de gas natural licuado se filtró por una válvula de purga debido al aumento de la presión causado por el cierre de la válvula, provocó una fuga de gas natural licuado - causado otro accidente.

1977.- Derrame del buque “Aquarius” Dificultades en el sistema de medida de nivel de líquido - causó otro accidente de gas natural líquido.

1978.-Isla Das, Emiratos Árabes Unidos. Una falla en una conexión de tubería de fondo de un tanque de gas natural líquido provocó otro accidente.

1979.- Cove Point, Maryland, EEUU: Una fuga de gas natural licuado al fallar una bomba de alta presión, filtró por un conducto eléctrico - causando otro accidente.

1979.- En el barco metanero Argelino Mostafa Benboulaid. Fallo en una válvula en el sistema de tuberías de 125 mil metros cúbicos de un buque causó otro accidente.

1979.- El metanero Pollenger: Fuga en una válvula provocó otro accidente.

1983.- En Bontang,Indonesia: Ruptura de un intercambiador de calor en una planta de gas natural líquido y la explosión resultante provocan accidente.

1987.- En Nevada Test Site, Mercury, EEUU: Un encendido accidental de una nube de vapor de gas natural líquido se produjo en el lugar de pruebas de Departamento de Energía de EE.UU. (DOE) de Nevada

2002.- En Gibraltar fuera del Mediterráneo: Un portador menor de gas natural líquido "Norman Lady" colisionó frente a Gibraltar con el USS Oklahoma City, un submarino nuclear de la Marina Norteamericana. Se produjeron daños menores en los dos buques. La compañía dijo que el buque, ya había descargado su cargamento de gas natural líquido en Barcelona, España, sino el daño habría sido muy grande.

2004.- En Argelia: las instalaciones portuarias de gas natural líquido diseñado para cargar sólo con pequeños buques tanque de GNL para cortas distancias explotó, muriendo 27 trabajadores y dejando 74 lesionados. La causa: en un principio se creía que fue debida a una "caldera defectuosa", que había recibido antes "reparaciones superficiales;", investigación de seguros determinaron que la causa fue una fuga de gas natural licuado en la tubería

2006 Trinidad & Tobago. Fuego en una planta de gas natural líquido. El fuego se desató al saltar un sello de seguridad. No hubo lesionados. Pocos días después los empleados tuvieron que evacuarla planta después de que al saltar un fusible golpeó

a un empleado en el pecho. Tres días antes de ese incidente, la planta tuvo que ser cerrada durante seis horas, al descubrirse una fuga de gas natural en una tubería.

2008 en Reynosa Tamaulipas. Una acumulación de gas podría ser la causa que derivó en la explosión e incendio registrados Centro Receptor de Gas de Reynosa, Tamaulipas, que dejaron un saldo de 26 muertos y 46 lesionados. La explosión registrada en las instalaciones ubicadas en el kilómetro 19 de la autopista Reynosa-Monterrey, central de medición del kilómetro 19 es el lugar donde se recibe la producción de gas y condensado que se genera en el activo Burgos. Previo a la explosión, alrededor de las 10:45 horas del martes 18 de septiembre, personal de la paraestatal y de compañías contratistas realizaban trabajos de operación y mantenimiento. Al estar realizando las labores de mantenimiento se generó una explosión por acumulación de gases en la zona de patines de la entrada. Advirtió que la causa de la acumulación de gas aún está en proceso de investigación, pero resaltó que serán las autoridades competentes las que lleven a cabo las indagatorias.

El 20 de octubre de 2011, un vehículo cisterna sufrió un accidente en Zarzalico, término municipal de Lorca (Murcia). A consecuencia del mismo se produjo el incendio inmediato de la cisterna y la posterior explosión de la misma, falleciendo el conductor del camión. La unidad, que transportaba 46.000 litros (21.589 kg.) de gas natural licuado (GNL), se dirigía a Fonelas (Granada) tras cargar en una planta de Cartagena (Murcia). Según la tipología de los accidentes contemplada en la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil para accidentes de transporte de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril.

Sobre las 8:00 horas, un camión que transportaba dos grandes placas de hormigón prefabricado se detuvo por avería en el arcén de la autovía, invadiendo parcialmente el vial derecho. Unos veinte minutos después, el camión cisterna colisionó con la parte posterior del vehículo estacionado. Como consecuencia del choque se produjo la pérdida de control de la cisterna, que sobrepasó al camión plataforma y, tras

romper el guardarraíl del arcén, se empotró finalmente en la cuneta contra el talud. La unidad quedó apoyada sobre sus ruedas, ligeramente inclinada hacia la derecha por el desnivel de la cuneta, y con la cabeza tractora girada hacia el semirremolque (efecto tijera), quedando aprisionada entre éste y el talud. Tras detenerse, el vehículo cisterna se inflamó de forma súbita. Diversos testigos que se encontraban en la gasolinera y en la cafetería así lo corroboran. También las declaraciones del conductor del vehículo plataforma encajan con esta circunstancia, ya que intentó auxiliar al del vehículo cisterna, pero no pudo aproximarse debido a la magnitud de las llamas. Tras la explosión, la cisterna se rompió en varios pedazos y se produjeron diversos incendios de vegetación en la parte superior del talud y alrededor de la cisterna. La extinción de esos focos secundarios se completó finalmente sin mayores contratiempos. A las 10:05 horas se consiguió recuperar el cadáver del conductor del vehículo y a las 10:52 se dio por finalizada la emergencia

El 22 de junio de 2002, otro vehículo cisterna de características similares al anterior sufrió un accidente en Tivissa (Tarragona) que también provocó un incendio y acabó en explosión. Se da la circunstancia de que, hasta ese momento, de todos los accidentes registrados en cisternas de gas natural líquido, ninguno había sufrido la explosión del depósito. Aunque el de Zarzalico presenta ciertas similitudes con el accidente de Tivissa, se aprecian algunas diferencias notables: carretera de gran tránsito vehicular, una gasolinera próxima, un número importante de personas y, especialmente, el hecho de que los bomberos llegaron al lugar cuando la cisterna estaba incendiada. Cuarenta y siete minutos después de su llegada, la cisterna estalló (el tiempo total hasta la explosión fue de 71 minutos). En el de Tivissa, los bomberos, aunque se dirigían al lugar de los hechos, no estaban presentes cuando la cisterna explotó. Por tanto, en el accidente de Zarzalico se cuenta con los testimonios de primera mano de testigos y de los propios intervinientes.

Estadísticas de accidentes en México.

El Instituto Nacional de Ecología (I.N.E.) a través del Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales (COATEA) supervisado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), clasificó las sustancias involucradas con mayor número de accidentes en distintos de procesos que se realizan en México, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 6 Sustancias de Mayor Índice de Accidentes.

Nombre de la Sustancia	% de Accidentes
Petróleo Crudo	42.08
Gasolina	7.83
Diésel	6.80
Combustóleo	5.39
Amoniaco	4.05
Gas L.P.	3.19
Gas Natural	2.30
Aceites	2.27
Ácido Sulfúrico	2.26
Solventes Orgánicos	1.09
Otras Sustancias	27.21

I.4.2 Metodologías de identificación y jerarquización

La evaluación de las actividades consideradas como riesgosas se realiza con base en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), Capítulo IV, del Título IV, Artículo 147 y los listados 1 y 2 de las Secretaría de Gobernación que determina las cantidades de reporte, por lo que las cantidades que se manejarán en el centro de trabajo, la Planta de Asfalto será considerada como de alto riesgo debido a que la cantidad que manejará de gas natural será mayor a la cantidad de reporte.

Para la identificación de las metodologías adecuadas en los Estudios de Riesgos es necesario realizar un análisis preliminar de los riesgos con metodologías reconocidas y que se describen en la siguiente tabla.

Tabla 7 Metodologías Adecuadas en los Estudios de Riesgos.

Etapas de Desarrollo del Proyecto	¿QUÉ PASA SI?	Lista de Verificación	¿QUÉ PASA SI?/ Lista de Verificación	Hazop	FME	AF Árbol de Fallas	AE Árbol de Eventos	ACH Análisis de Confiabilidad Humana	FCC Análisis de las Fallas con Causas Común
Investigación y Desarrollo	X								
Diseño Conceptual	X	X	X						
Operación de la Unidad Piloto	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ingeniería de Detalle	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Construcción y Arranque	X	X	X					X	X
Operación Rutinaria	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Expansión o Modificación	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Investigación de Accidentes	X			X	X	X	X	X	X
Desmantelamiento	X	X	X						

Nota: Referencia - Adaptado de Guidelines for Hazards Evaluation Procedures, Second Edition with Worked examples. Center for Chemical Safety Process.

Debido a que los riesgos son resultado de múltiples factores interrelacionados que contribuyen a su ocurrencia, es imprescindible que los procesos se visualicen de manera conjunta y sistemática, incluyendo todos los factores que afecten y que este correlacionados con la parte del estudio en cuestión.

- En esta actividad, es de particular importancia revisar las operaciones asociadas con fugas potenciales o derrames de materiales y sustancias peligrosas y considerar:

- La ubicación de las instalaciones, unidades y equipos.
- Las áreas, los parámetros de proceso y las actividades de operación y mantenimiento.
- Las áreas y el equipo de proceso de la instalación.
- Almacenamiento de materias primas y movimiento de productos.
- Recursos humanos.
- Aspectos ambientales.

La interrelación de estos elementos, a través de las metodologías de Análisis de Riesgo utilizadas, da por resultado los riesgos reales y potenciales particulares de la instalación dependiendo de su magnitud y de las características específicas de los elementos mencionados. Dentro del proceso industrial, existe una gran preocupación por la aplicación de métodos cada vez más sistematizados para la prevención o reducción de riesgos, ya que la sociedad en general reclama a la industria una mayor seguridad para sus miembros, propiedades y medio ambiente.

El principal objetivo de las metodologías es la identificación de los riesgos potenciales a partir de los documentos de diseño de ingeniería, asegurando que se consideren todas las medidas necesarias para la disminución del riesgo identificado en cada instalación, proponiendo, además, de manera oportuna, las recomendaciones apropiadas para mejorar la eficacia en la prevención y control de dichos riesgos, desde las etapas tempranas del proyecto.

Esta metodología combina el análisis de los procesos a utilizarse en las plantas nuevas, con el punto de vista surgido de la experiencia operativa y de seguridad de plantas similares a las estudiadas, utilizando para ello la ingeniería elaborada para las nuevas instalaciones.

A partir de este análisis se genera una lista de escenarios probables y se evalúan sus posibles consecuencias y sus frecuencias de ocurrencia, para finalmente

clasificar y jerarquizar dichos escenarios y las estrategias para la reducción de los riesgos identificados.

De esta manera, la metodología hace uso de la experiencia tanto operativa como de seguridad, de mantenimiento y hasta administrativa de los procesos e instalaciones similares a las que se están analizando, y mediante la participación de personal experto y conocedor de las problemáticas propias de tales instalaciones, se revisan sistemáticamente los escenarios probables de fugas que pudieran generar consecuencias indeseables como son: nubes tóxicas, incendios o explosiones, a través de la información del diseño de ingeniería de dichas instalaciones. Adicionalmente, se pueden aprovechar las lecciones aprendidas, tanto de los reportes de accidentes ocurridos en instalaciones similares, como de otros estudios de riesgo realizados a plantas similares, cuyos escenarios coincidentes y sus medidas de mitigación, podrán enriquecer las sesiones de trabajo de identificación y jerarquización de los escenarios de riesgo en las nuevas instalaciones. La metodología que se utilizó es What If...? (“¿Que pasa si...?”).

Justificación técnica

El método donde la traducción literal de este término es “¿Que pasa si...?”, consiste en cuestionarse el resultado de la presencia de sucesos indeseados que pueden provocar consecuencias adversas sobre las instalaciones objeto de estudio.

El método exige el planteamiento de las posibles desviaciones del diseño, construcción y modificaciones en las condiciones de operación de una determinada instalación, por lo que se requiere un conocimiento básico del sistema y la disposición mental para combinar o sintetizar las desviaciones posibles ya mencionadas.

Para su desarrollo es necesaria la presencia de personal con experiencia en el proceso, preferiblemente las personas que integran el grupo multidisciplinario de

análisis de riesgos, las cuales son dirigidas por un líder que conoce y domina la tecnología en sesiones de varias horas de duración.

El líder plantea y cuestiona desviaciones o situaciones anómalas e indeseables sobre las instalaciones o actividades a desarrollar y el equipo de trabajo debe de ir indicando las consecuencias que se producirían ante esas desviaciones, así cómo la manera en que las instalaciones por si solas corrigen la desviación, en caso de hacerlo. También se indica para cada cuestionamiento las recomendaciones adecuadas para evitar que se produzcan las desviaciones y las observaciones pertinentes.

Las etapas fundamentales del análisis **What if...?** son las siguientes:

- Definición del alcance del estudio.
- Recopilación de la información necesaria (diagramas de flujo, diagramas de tuberías e instrumentación, actividades a llevar a cabo e isométricos fundamentalmente).
- Definición del equipo de trabajo.
- Desarrollo del cuestionario.
- Informe de resultados.

La técnica What if...?, referida en los anteriores puntos fue seleccionada entre otras técnicas de identificación de riesgo dado que:

- Es un método cualitativo de identificación de riesgos que requiere de una adaptación por parte del analista al caso particular que se pretende analizar.
- El método exige el planteamiento de las posibles desviaciones desde el diseño, construcción y modificaciones de operación de una determinada instalación.
- El método tiene un ámbito de aplicación extenso ya que depende del planteamiento de las preguntas que puedan ser relativas a cualquiera de las

áreas que se proponga la investigación como: seguridad eléctrica, protección contra incendios, seguridad personal, etc.

- Las preguntas se formulan en función de la experiencia previa y se aplican tanto a proyectos de instalación, como a plantas en operación o actividades discontinuas, siendo muy común su aplicación ante cambios propuestos en instalaciones existentes.
- Las cuestiones las formula un equipo especialista que requiere documentación detallada de la planta, del proceso, de los procedimientos y entrevistas con personal de operación, sin embargo, no requiere de un soporte informático y los resultados que proporciona es un listado de posibles escenarios incidentales, sus consecuencias y las posibles soluciones para la reducción del riesgo.

Seleccionar los puntos críticos

En los cuales se incluyen las características de las sustancias, los equipos de proceso (vida útil), los programas de mantenimiento (cumplimiento y seguimiento), características de operación y el historial de los incidentes y/o accidentes ocurridos en la instalación. Una vez seleccionado el método de Análisis de Riesgos, se procede a identificar y evaluar los peligros potenciales y problemas operativos. El análisis se lleva a cabo bajo la guía de un líder entrenado y con experiencia en la aplicación de la metodología, con la ayuda de una persona que documente el análisis.

El líder procede a decir las desviaciones de las intenciones de diseño al Grupo Multidisciplinario que se formó del centro para efectuar el Estudio de Riesgo, procediendo a registrar todas las causas posibles y consecuencias que pueden ocasionar un incidente y/o accidente.

Posteriormente se preguntará al grupo multidisciplinario cual sería la salva guarda con que se cuenta para la administración del o los riesgos inherentes, en caso de no contar se efectuará una recomendación para la disminución de los riesgos

presentes, los cuales estarán enfocados a salvaguardar al personal, el medio ambiente y las instalaciones.

En el Anexo Técnico V.2.4.1 se presentan la minuta de trabajo y hojas de trabajo respectivamente. En la Tabla 8 se establece las causas típicas de pérdidas de contención en las tuberías, que serán tomadas en el presente Estudio de Riesgo Ambiental y en la Tabla 9 se presentan las salvaguardas genéricas e inherentes para proteger o para mitigar las Consecuencias de Descargas de Material:

Tabla 8 Salvaguardas genéricas e inherentes para proteger o para mitigar las Consecuencias de Descargas de Material.

<p>Tuberías</p> <ul style="list-style-type: none"> • Especificaciones de tuberías • Consideraciones de códigos de diseño • Tolerancias adicionales de corrosión en tubería y equipo • Guías de soldadura • Especificaciones de empaques • Relevado de esfuerzos
<p>Válvulas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Especificación de válvulas • Consideraciones de código de diseño • Especificación de sellos y empaquetaduras • Válvulas diseñadas para posicionar de una forma segura a fallas de aire o de energía eléctrica
<p>Prevención de Corrosión</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas periódicas no destructivas e inspección de tuberías, equipos y estructuras • Inyección de inhibidores de corrosión • Sistemas de protección catódica
<p>Aislamiento del Proceso</p> <ul style="list-style-type: none"> • Válvulas de bloqueo manual para la mayor parte de los componentes • Programas de mantenimiento preventivo y predictivo • Pruebas hidrostáticas y de hermeticidad
<p>Sistemas de Supresión y Extinción de Fuego</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aspersión para protección de tanques diésel y separadores • Sistemas de extinción de fuego con: CO₂, polvo químico seco, agua

<ul style="list-style-type: none"> • Bombas de agua contra incendio operadas automáticamente (diésel) • Bombas Jockey • Planos de localización (áreas de riesgo) • Monitores e hidrantes • Extintores de fuego en las salas de control recomendados para fuego en equipo eléctrico (polvo)
<p>Equipo de protección personal, el cual incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aparato autónomo para respiración • Aire de respiración • Paquetes de escape • Ropa de protección (para bomberos) • Programa de revisión y mantenimiento a equipos de protección <p>Inspección y prueba periódica de los sistemas de protección personal y de seguridad, incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suministro de aire al sistema autónomo de respiración • Regaderas de seguridad • Suministro de aire de respiración • Disponibilidad de clínica local para el tratamiento de primeros auxilios con médico y paquetes para la atención específica de casos de exposición personal (sólo en la clínica) • Programa específico de salud y de higiene del área y de la unidad, incluyendo revisiones periódicas ruido y solventes en laboratorio

Tabla 9 Causas Típicas de Pérdida de Contención.

Sección del Proceso	Causas
Líneas	Corrosión/Erosión Fuego Exterior Impacto Exterior Falla de Empaquetaduras de Bidas Golpe de Ariete Mantenimiento Inadecuado Falla de Líneas de Instrumentos Defectos de Materiales Falla por No-Apertura de Dispositivos de Seguridad Bajo Demanda Expansión Térmica cuando el Equipo o las Tuberías están bloqueados Válvula con Fuga o mal Alineada, que descarga en la Atmósfera Vibración

Durante la aplicación de la metodología de identificación de riesgos se elaboró de forma simultánea el proceso de jerarquización de los eventos identificados, con

objeto de seleccionar los escenarios sobre los que se proseguirá el Análisis de Consecuencias y de Frecuencia, así como para definir aquellos que, estando en una situación de riesgo intermedia, deben ser cuestionados sobre la justificación o no de la implantación de las recomendaciones.

Aplicación de What If..?

A continuación, se presentan los nodos por cada sustancia evaluada:

Nodo 1 Descarga de gas natural comprimido del semirremolque (TITÁN).

Nodo 2 Tren de regulación

Nodo 3 Tubería de gas natural descomprimido a quemador

Nodo 4 Quemador

Jerarquización de Riesgos.

Para la metodología de jerarquización de los escenarios de riesgo identificados mediante la aplicación de las técnicas de evaluación cualitativas, Análisis de Consecuencias y What If...?, se plantea el uso de una técnica semicuantitativa de riesgo llamada Matriz de Jerarquización de Riesgo (CCPs, 1995).

Durante la aplicación de la metodología de identificación de riesgos se elaboró de forma simultánea el proceso de jerarquización de los eventos identificados, con objeto de seleccionar los postulados finales sobre los que se proseguirá el Análisis de Consecuencias y de frecuencia, así como para definir aquellos que, estando en una situación de riesgo intermedia, deben ser cuestionados sobre la justificación o no de la implantación de las recomendaciones que a ellos aplican. La Matriz de Jerarquización de Riesgo relaciona la severidad de los escenarios mediante el uso de índices ponderados de la severidad de las consecuencias (o afectación) y de la probabilidad de ocurrencia del incidente. El índice de evaluación de la severidad, permite identificar la magnitud de las consecuencias en relación con los daños

probables tanto a la salud como a la economía de la instalación. Por otro lado, la probabilidad de ocurrencia de un incidente, depende directamente del nivel de protección del equipo, así como del historial de la frecuencia de fallas que funjan como eventos iniciantes en el desarrollo de los escenarios evaluados.

Tabla 10 Índice de severidad de las consecuencias.

Categoría	Consecuencia	Descripción
4	Catastrófico	Fatalidad/daños irreversibles y pérdidas de producción mayores a USD \$1 000 000,00
3	Severa	Heridas múltiples/daños mayores a propiedades y pérdidas de producción entre USD \$100 000,00 y USD \$ 1 000 000,00
2	Moderada	Heridas ligeras/daños menores a propiedades y pérdidas de producción entre USD \$10 000,00 y USD \$100 000,00
1	Ligera	No hay heridas/daños mínimos a propiedades y pérdidas de producción menores a USD \$10 000,00

Fuente: JBF Associates, Inc., Knoxville, TN (CCPs, 1995).

Tabla 11 Índice de frecuencia del escenario.

Categoría	Frecuencia	Descripción
4	Frecuente	Se espera que ocurra más de una vez por año
3	Poco Frecuente	Se espera que ocurra más de una vez durante el tiempo de vida de la instalación
2	Raro	Se espera que ocurra NO más de una vez en la vida de la instalación
1	Extremadamente raro	No se espera que ocurra durante el tiempo de vida de la instalación

Fuente: JBF Associates, Inc., Knoxville, TN (CCPs, 1995).

Tabla 12 Matriz de Jerarquización de Riesgos.

Índice Ponderado de Riesgo			Consecuencia			
			Ligero	Moderado	Severo	Catastrófico
			1	2	3	4
Frecuencia	Frecuente	4	IV	II	I	I
	Poco Frecuente	3	IV	III	II	I
	Raro	2	IV	IV	III	II
	Extremadamente Raro	1	IV	IV	IV	III

Fuente: JBF Associates, Inc., Knoxville, TN (CCPs, 1995).

Finalmente, el índice ponderado de riesgo nos permite jerarquizar las áreas de proceso que requieren de acciones correctivas urgentes o bien, interpretar el riesgo asociado de la instalación con sus posibles efectos.

Tabla 13 Índice de riesgo.

Categoría	Riesgo	Descripción
IV	Aceptable	Riesgo generalmente aceptable; no se requieren medidas de mitigación y abatimiento
III	Aceptable con controles	Se debe revisar que los procedimientos de ingeniería y control se estén llevando a cabo en forma correcta
II	Indeseable	Se deben revisar tanto procedimientos de ingeniería como administrativos y en su caso modificar en un período de 3 a 12 meses
I	Inaceptable	Se deben revisar tanto procedimientos de ingeniería como administrativos y en su caso modificar en un período de 3 a 6 meses

Fuente: JBF Associates, Inc., Knoxville, TN (CCPs, 1995).

Para la elaboración de la Matriz de Jerarquización de Riesgos, se evaluaron las desviaciones obtenidas en la técnica de identificación de Riesgos Haz-Op, donde se le asignó una frecuencia de ocurrencia y una severidad o consecuencia tomando en cuenta las medidas de seguridad con que cuenta la instalación, de esta manera se pudieron identificar las situaciones que presentan mayor índice de riesgo.

El índice ponderado de riesgo se utiliza para jerarquizar y determinar los escenarios que se consideren importantes para la simulación de consecuencias.

Las posibles fallas o desviaciones identificadas mediante el What If...? que generarían un mayor índice de riesgo según la metodología de jerarquización de riesgo se presentan en el Anexo Técnico V.2.4.

Costo-beneficio.

En este inciso se desarrollará el costo-beneficio de aquellas desviaciones clasificados con categoría de riesgo Tipo I, II, III y IV.

El análisis Costo Beneficio consiste en evaluar la reducción del riesgo en la instalación con respecto al costo de la inversión para la implementación de las mejoras propuestas.

Para llegar a esto, se presentan las mejoras a implementar con su costo, para después calcular el porcentaje de reducción de riesgo (con respecto al riesgo de la instalación sin implementación de mejoras).

Para un mejor entendimiento del presente capítulo es necesario mencionar que derivado del cálculo del riesgo actual el cual fue realizada anteriormente, la aplicación del análisis Costo – Beneficio será aplicado para todas las desviaciones. Asimismo, el planteamiento del análisis frecuencial desarrollado en capítulos anteriores fue para el conocimiento de la reducción del riesgo que pueda existir con las recomendaciones planteadas para la instalación o habilitación de algún sistema y que son de mayor importancia de acuerdo al nivel de afectación.

Para la correcta implementación de las recomendaciones surgidas del análisis de riesgo a través de la aplicación de la metodología de identificación de riesgo será necesario realizar un análisis del factor de justificación para jerarquizar la aplicación o no de las recomendaciones planteadas.

La metodología que se seguirá para la comparación de los costos y beneficios del análisis de riesgo es semejante a la elaborada y publicada por FINE (1975), la cual lleva su nombre y pretende la estimación de la esperanza matemática de la pérdida con el objeto de dar prioridad a sus correcciones.

Cálculo del factor de justificación de la inversión.

El cálculo del factor de justificación se hizo de acuerdo con el Método FINE. Este factor está en función de la magnitud de riesgo (MR) calculado para un riesgo concreto, del costo asociado a su corrección y del nivel de corrección conseguido, por medio de este factor se determina qué alternativas correctoras conviene adoptar, priorizando las de mejor rendimiento frente a las demás.

El factor de justificación se calcula como:

$$FJ = \frac{MR}{FC \times GC}$$

Donde:

FJ: Factor de Justificación

FC: Factor de costo

GC: Grado de corrección

MR: Magnitud de Riesgo

Así una medida de corrección costosa, que aporte una mejora relativamente pequeña a un riesgo grande, dará como resultado un valor de justificación bajo (inferior a 10), por lo que se aconsejará la adopción de otras medidas más efectivas.

Por el contrario, una medida económica pero muy efectiva en la reducción del riesgo, daría como resultado un factor de justificación muy elevado.

El valor del factor de costo se calcula con la siguiente fórmula:

$$FC^{**} = \sqrt[3]{\frac{\text{Inversión}}{100}}$$

Los valores referentes al factor de costo se observan en la siguiente tabla, mientras que el factor del grado de corrección de acuerdo con el Método FINE se pueden observar en los valores del factor de justificación.

Tabla 14 Magnitud del Riesgo (MR).

Magnitud del Riesgo (MR)	Clasificación de Riesgo	Actuación frente al riesgo
Mayor de 400	Riesgo muy alto (e inminente)	Detección inmediata de la actividad peligrosas
Entre 200 y 400	Riesgo alto	Corrección inmediata
Entre 70 y 200	Riesgo notable	Corrección necesaria urgente
Entre 20 y 70	Riesgo moderado	No es emergencia, pero debe corregirse
Menos de 20	Riesgo aceptable	Puede omitirse la corrección

Tabla 15 Valor del factor de costo.

Costo	Valor
Más de 57 700 USD	10
De 28 900 a 57 700 USD	6
De 11 600 a 28 900 USD	4
De 1 150 a 11 600 USD	3
De 115 a 1 160 USD	2
De 30 a 115 USD	1
30 USD	0.5

Tabla 16 Grado de corrección

Factor de corrección	Valor
Riesgo eliminado al 100%	1
Riesgo reducido al menos al 75%	2
Riesgo reducido del 50% al 75%	3

Riesgo reducido del 25 al 50%	4
Riesgo reducido menos del 25%	6

Tabla 17 Factor de Justificación

Valor de FJ	Justificación de la inversión
Si FJ > 20	Muy justificado
Si 10 < FJ < 20	Probable justificación
Si FJ < 10	No justificado

En la siguiente tabla se relacionan las recomendaciones de las desviaciones identificadas en el capítulo anterior con clasificación Tipo I, II, III y IV, las cuales serán analizadas para poder determinar la justificación de inversión.

Tabla 18 Costo de las recomendaciones

No. Desviación	Recomendación	Costo U.S.	Análisis
Nodo 1 Descarga de gas natural del remolque a descompresión.			
1.1	<ul style="list-style-type: none"> • Contar con certificación de cada una de las mangueras. • Cambio periódico de mangueras y conexiones por el proveedor de acuerdo al programa establecido en conjunto. • Presentar el programa por parte del proveedor del mantenimiento a semirremolques. • El proveedor deberá presentar el reporte de mantenimiento de cada semirremolque que incluya el cambio de mangueras y conexiones. • Capacitación por parte del proveedor al personal de energías sobre operación del sistema de GNC. • Elaborar un plan de contingencia en caso de fallo de gas natural. 	10,000.00	Que pasa si?
1.3	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación del personal para la operación de descarga de semirremolque • Solicitar al proveedor el Programa de mantenimiento del semirremolque que incluya válvulas de apertura, seguridad, alivio • Asegurar que el programa de suministro de GNC esté basado en la presión del semirremolque, por parte del proveedor 	5,000.00	Que pasa si?
1.4	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar al proveedor el Programa de mantenimiento del semirremolque que incluya válvulas de apertura, seguridad, alivio. 	2,000.00	Que pasa si?
1.5	<ul style="list-style-type: none"> • Activación de Plan de Emergencia en conjunto con el proveedor • Solicitar al proveedor el plan de emergencia para operación del sistema, manuales de operador y capacitación al operador en caso de emergencia. • Solicitar al proveedor la hoja de especificación de la válvula de seguridad para cálculo de flujo. 	5,000.00	Que pasa si?
1.6	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación del personal para la operación de descarga de semirremolque. • Solicitar al proveedor el Programa de mantenimiento del semirremolque que incluya válvulas de apertura, seguridad, alivio. • Asegurar que el programa de suministro de GNC esté basado en la presión del semirremolque, por parte del proveedor. 	10,000.00	Que pasa si?

No. Desviación	Recomendación	Costo U.S.	Análisis
1.7	<ul style="list-style-type: none"> Capacitación del personal para la operación de descarga de semirremolque incluya la correcta colocación de mangueras en un lugar seguro evitando aplastamientos Colocación de topes en el área de maniobras para cada semi-remolque, evitando colisiones con estación de carga. Garantizar la certificación de operadores de GNC. El proveedor presentará a la empresa, la lista de operadores-transportistas certificados en operación GNC. 	10,000.00	Que pasa si?
1.8	<ul style="list-style-type: none"> Verificación de las mangueras previo a la instalación en planta Garantizar la operación del detector de gas ubicado en las mesas de descarga 	10,000.00	Que pasa si?
1.9,1.10	<ul style="list-style-type: none"> Asegurar que el programa de suministro de GNC esté basado en la presión del semirremolque, por parte del proveedor. 	10,000.00	Que pasa si?
1.11	<ul style="list-style-type: none"> Presentar el programa por parte del proveedor del mantenimiento a sistema neumático. El proveedor deberá presentar el reporte de mantenimiento del sistema neumático y su periodicidad. Enviar alarmas críticas al cuarto de control de energías. La instalación se realizará en conjunto con la planta. La alimentación eléctrica deberá respaldada con planta de emergencia por parte de planta. El sistema de control deberá contar con UPS. 	12,000.00	Que pasa si?
1.12,1.13	<ul style="list-style-type: none"> Capacitación del personal para la operación de descarga de semirremolque que incluya la apertura gradual de válvula de descarga. 	5,000.00	Que pasa si?
1.14	<ul style="list-style-type: none"> Revisar pruebas y mantenimiento a los equipos de mesas de descarga. Presentar el programa por parte del proveedor del mantenimiento a las mesas de descarga. Capacitación por parte del proveedor al personal de energías sobre operación del sistema de GNC. Elaborar un plan de contingencia en caso de fallo de gas natural. 	10,000.00	Que pasa si?
Nodo 2 Descompresión de gas natural.			
2.1	<ul style="list-style-type: none"> Programa de calibración, mantenimiento a válvula de seguridad. 	10,000.00	Que pasa si?
2.4	<ul style="list-style-type: none"> Cumplir con logística de envío de semirremolques. Mantener en operación constante el control y tenga el aviso de problemas en el suministro anticipado Activación de plan de contingencia de continuación de negocio para funcionamiento calderas 	3,000.00	Que pasa si?
2.5	<ul style="list-style-type: none"> Instalar una línea de venteo manual, en la línea a la salida del medidor y antes de la Turbina Integrar el procedimiento de despresurización de líneas, por fallo de suministro de gas e integrarlo en el Plan de continuidad de negocio Calibración de la válvula de seguridad a la salida a 22 bar Verificar la especificación de regulador de alimentación a (tubería de 2") a presión máxima (mínimo 40 bar) 	12,000.00	Que pasa si?
2.6,2.7	<ul style="list-style-type: none"> Cumplir con el programa de mantenimiento que incluya el sistema de redundancia de calentamiento dos acumuladores de agua, dos bombas y las válvulas reguladoras 	6,000.00	Que pasa si?
2.8	<ul style="list-style-type: none"> Instalar una línea de venteo manual, en la línea a la salida del medidor y antes de la Turbina Integrar el procedimiento de despresurización de líneas, por fallo de suministro de gas e integrarlo en el Plan de continuidad de negocio Calibración de la válvula de seguridad a la salida a 22 bar 	10,000.00	Que pasa si?
2.9	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de sistema neumático 	5,000.00	Que pasa si?

No. Desviación	Recomendación	Costo U.S.	Análisis
2.10	<ul style="list-style-type: none"> Cumplir con logística de envío de semirremolques Mantener en operación constante. Aviso de problemas en el suministro anticipado. Activación de plan de contingencia. 	10,000.00	Que pasa si?
2.11	<ul style="list-style-type: none"> Programa de mantenimiento de UPS y planta de emergencia. 	2,000.00	Que pasa si?
2.12	<ul style="list-style-type: none"> Integrar en programa de mantenimiento de sistema de control. 	5,000.00	Que pasa si?
2.13	<ul style="list-style-type: none"> Verificación de especificación de bridas de acuerdo a las presiones de diseño. Realizar pruebas hidrostáticas de acuerdo a normatividad aplicable, al sistema completo. Verificación de fecha de calibración vigentes de los sensores de gas natural, y tomar en cuenta la vida útil del instrumento. 	10,000.00	Que pasa si?
2.14	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas hidrostáticas de acuerdo a normatividad aplicable, al sistema completo que incluya la mesa de descarga. Verificación de fecha de calibración vigentes de los sensores de gas natural, y tomar en cuenta la vida útil del instrumento. 	10,000.00	Que pasa si?
2.15	<ul style="list-style-type: none"> Verificar el certificado de acuerdo a norma de la estación de medición. Verificación de fecha de calibración vigentes de los sensores de gas natural, y tomar en cuenta la vida útil del instrumento. 	2,000.00	Que pasa si?
2.16, 2.17	<ul style="list-style-type: none"> Incluir dentro del rondín de personal de energías, una inspección al área, de acuerdo al programa de capacitación. Activación de plan de emergencia elaborado (que integre la comunicación entre el paro de emergencia- estaciones manuales con el SACI). Contar con válvula de corte manual antes del regulador. 	7,000.00	Que pasa si?
Nodo 3 Gas natural de baja presión hacia el quemador.			
No.	RECOMENDACIONES		Que pasa si?
3.1	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento a equipos, válvulas. Asegurar que para el re-arranque se realice el barrido hasta el quemador. 	5,000.00	Que pasa si?
3.2	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de válvula de corte manual de gas natural. Colocar un transmisor de alarma a la entrada del sistema. 	12,000.00	Que pasa si?
3.3	<ul style="list-style-type: none"> Instalar sensor de gas a la altura de filtro. Verificar especificaciones de materiales de sistema de gas. 	6,000.00	Que pasa si?
3.4	<ul style="list-style-type: none"> Revisión instrumentación de baja presión de Estación de Descompresión de Gas Natural. 	3,000.00	Que pasa si?
3.5	<ul style="list-style-type: none"> Colocar válvulas de alivio junto al medidor. 	3,000.00	Que pasa si?
3.6	<ul style="list-style-type: none"> Instalar un sensor de gas en el regulador de presión del sistema con conexión a paro de EDGN (altura desde piso de 40 cm aproximadamente). 	5,000.00	Que pasa si?
Nodo 4 Quemador			
4.1	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento a equipos como válvulas Revisar recomendaciones de Estación de Descompresión de Gas Natural. Asegurar que para el re-arranque se realice el barrido en el quemador. *Instalar una línea de venteo que soporte el flujo por alta presión (20 bar aproximadamente). 	10,000.00	Que pasa si?
4.2	<ul style="list-style-type: none"> Instalar sensor a la altura del regulador de gas, en la línea de alimentación al quemador. Instalar una válvula de alivio después del regulador de 20-3 bar de alimentación a quemador. Pruebas de arranque del piloto y mantenimiento en la operación. 	7,000.00	Que pasa si?

No. Desviación	Recomendación	Costo U.S.	Análisis
4.3	<ul style="list-style-type: none">• Verificar especificaciones de materiales de sistema de gas.• Visto en baja presión de EDGN.	3,000.00	Que pasa si?
4.4	<ul style="list-style-type: none">• Asegurar que la instrumentación se encuentre calibrada que incluye el regulador de baja presión.	3,000.00	Que pasa si?
4.5	<ul style="list-style-type: none">• Asegurar que el rango de entrada del regulador se especifique a 30 bar.	3,000.00	Que pasa si?

Relación de los riesgos analizados, evaluados y jerarquizados por tipo.

De acuerdo a los riesgos analizados, evaluación y jerarquizados por tipo de riesgos, se presentan las recomendaciones para la reducción de riesgos de las desviaciones con riesgo tipo II (convertirlos en riesgo III):

Tabla 19 Listado de acciones para la reducción de riesgos

Factor de justificación para la implementación de las recomendaciones derivadas del estudio de análisis de riesgo de proceso							
METODOLOGIA	RECOMENDACIÓN	MAG. DEL RIESGO	INVERSIÓN	FACTOR DE COSTO	GRADO DE CORRECCIÓN (REDUCCIÓN DE RIESGO)	FACTOR DE JUSTIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN DE INVERSIÓN
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> • Contar con certificación de cada una de las mangueras. • Cambio periódico de mangueras y conexiones por el proveedor de acuerdo al programa establecido en conjunto. • Presentar el programa por parte del proveedor del mantenimiento a semirremolques. • El proveedor deberá presentar el reporte de mantenimiento de cada semirremolque que incluya el cambio de mangueras y conexiones. • Capacitación por parte del proveedor al personal de energías sobre operación del sistema de GNC. • Elaborar un plan de contingencia en caso de fallo de gas natural. 	70	10,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación del personal para la operación de descarga de semirremolque • Solicitar al proveedor el Programa de mantenimiento del semirremolque que incluya válvulas de apertura, seguridad, alivio • Asegurar que el programa de suministro de GNC esté basado en la presión del semirremolque, 	70	5,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN

Factor de justificación para la implementación de las recomendaciones derivadas del estudio de análisis de riesgo de proceso							
METODOLOGIA	RECOMENDACIÓN	MAG. DEL RIESGO	INVERSIÓN	FACTOR DE COSTO	GRADO DE CORRECCIÓN (REDUCCIÓN DE RIESGO)	FACTOR DE JUSTIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN DE INVERSIÓN
	por parte del proveedor						
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Solicitar al proveedor el Programa de mantenimiento del semirremolque que incluya válvulas de apertura, seguridad, alivio. 	70	2,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Activación de Plan de Emergencia en conjunto con el proveedor Solicitar al proveedor el plan de emergencia para operación del sistema, manuales de operador y capacitación al operador en caso de emergencia. Solicitar al proveedor la hoja de especificación de la válvula de seguridad para cálculo de flujo. 	70	5,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Capacitación del personal para la operación de descarga de semirremolque. Solicitar al proveedor el Programa de mantenimiento del semirremolque que incluya válvulas de apertura, seguridad, alivio. Asegurar que el programa de suministro de GNC esté basado en la presión del semirremolque, por parte del proveedor. 	70	10,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Capacitación del personal para la operación de descarga de semirremolque incluya la correcta colocación de mangueras en un 	70	10,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN

Factor de justificación para la implementación de las recomendaciones derivadas del estudio de análisis de riesgo de proceso

METODOLOGIA	RECOMENDACIÓN	MAG. DEL RIESGO	INVERSIÓN	FACTOR DE COSTO	GRADO DE CORRECCIÓN (REDUCCIÓN DE RIESGO)	FACTOR DE JUSTIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN DE INVERSIÓN
	lugar seguro evitando aplastamientos <ul style="list-style-type: none"> Colocación de topes en el área de maniobras para cada semi-remolque, evitando colisiones con estación de carga. Garantizar la certificación de operadores de GNC. El proveedor presentará a la empresa, la lista de operadores-transportistas certificados en operación GNC. 						
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Verificación de las mangueras previo a la instalación en planta Garantizar la operación del detector de gas ubicado en las mesas de descarga 	70	10,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Asegurar que el programa de suministro de GNC esté basado en la presión del semirremolque, por parte del proveedor. 	70	10,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Presentar el programa por parte del proveedor del mantenimiento a sistema neumático. El proveedor deberá presentar el reporte de mantenimiento del sistema neumático y su periodicidad. Enviar alarmas críticas al cuarto de control de energías. La instalación se realizará en conjunto con la 	70	12,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN

Factor de justificación para la implementación de las recomendaciones derivadas del estudio de análisis de riesgo de proceso							
METODOLOGIA	RECOMENDACIÓN	MAG. DEL RIESGO	INVERSIÓN	FACTOR DE COSTO	GRADO DE CORRECCIÓN (REDUCCIÓN DE RIESGO)	FACTOR DE JUSTIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN DE INVERSIÓN
	planta. • La alimentación eléctrica deberá respaldada con planta de emergencia por parte de planta. • El sistema de control deberá contar con UPS.						
Que pasa si?	• Capacitación del personal para la operación de descarga de semirremolque que incluya la apertura gradual de válvula de descarga.	70	5,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	• Revisar pruebas y mantenimiento a los equipos de mesas de descarga. • Presentar el programa por parte del proveedor del mantenimiento a las mesas de descarga. • Capacitación por parte del proveedor al personal de energías sobre operación del sistema de GNC. • Elaborar un plan de contingencia en caso de fallo de gas natural.	70	10,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	• Programa de calibración, mantenimiento a válvula de seguridad.	70	10,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	• Cumplir con logística de envío de semirremolques. Mantener en operación constante el control y tenga el aviso de problemas en el suministro anticipado Activación de plan de contingencia de continuación de	70	3,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN

Factor de justificación para la implementación de las recomendaciones derivadas del estudio de análisis de riesgo de proceso							
METODOLOGIA	RECOMENDACIÓN	MAG. DEL RIESGO	INVERSIÓN	FACTOR DE COSTO	GRADO DE CORRECCIÓN (REDUCCIÓN DE RIESGO)	FACTOR DE JUSTIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN DE INVERSIÓN
	negocio para funcionamiento calderas						
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Instalar una línea de venteo manual, en la línea a la salida del medidor y antes de la Turbina Integrar el procedimiento de despresurización de líneas, por fallo de suministro de gas e integrarlo en el Plan de continuidad de negocio Calibración de la válvula de seguridad a la salida a 22 bar Verificar la especificación de regulador de alimentación a (tubería de 2") a presión máxima (mínimo 40 bar) 	70	12,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Cumplir con el programa de mantenimiento que incluya el sistema de redundancia de calentamiento dos acumuladores de agua, dos bombas y las válvulas reguladoras 	70	6,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Instalar una línea de venteo manual, en la línea a la salida del medidor y antes de la Turbina Integrar el procedimiento de despresurización de líneas, por fallo de suministro de gas e integrarlo en el Plan de continuidad de negocio Calibración de la válvula de seguridad a la salida a 22 bar 	150	10,000.00	4	2	25	MUY JUSTIFICADO
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de sistema neumático 	150	5,000.00	4	2	25	MUY JUSTIFICADO

Factor de justificación para la implementación de las recomendaciones derivadas del estudio de análisis de riesgo de proceso							
METODOLOGIA	RECOMENDACIÓN	MAG. DEL RIESGO	INVERSIÓN	FACTOR DE COSTO	GRADO DE CORRECCIÓN (REDUCCIÓN DE RIESGO)	FACTOR DE JUSTIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN DE INVERSIÓN
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Cumplir con logística de envío de semirremolques Mantener en operación constante. Aviso de problemas en el suministro anticipado. Activación de plan de contingencia. 	70	10,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Programa de mantenimiento de UPS y planta de emergencia. 	70	2,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Integrar en programa de mantenimiento de sistema de control. 	30	5,000.00	1	2	10	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Verificación de especificación de bridas de acuerdo a las presiones de diseño. Realizar pruebas hidrostáticas de acuerdo a normatividad aplicable, al sistema completo. Verificación de fecha de calibración vigentes de los sensores de gas natural, y tomar en cuenta la vida útil del instrumento. 	70	10,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas hidrostáticas de acuerdo a normatividad aplicable, al sistema completo que incluya la mesa de descarga. Verificación de fecha de calibración vigentes de los sensores de gas natural, y tomar en cuenta la vida útil del instrumento. 	70	10,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	<ul style="list-style-type: none"> Verificar el certificado de acuerdo a norma de la estación de 	70	2,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN

Factor de justificación para la implementación de las recomendaciones derivadas del estudio de análisis de riesgo de proceso							
METODOLOGIA	RECOMENDACIÓN	MAG. DEL RIESGO	INVERSIÓN	FACTOR DE COSTO	GRADO DE CORRECCIÓN (REDUCCIÓN DE RIESGO)	FACTOR DE JUSTIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN DE INVERSIÓN
	medición. • Verificación de fecha de calibración vigentes de los sensores de gas natural, y tomar en cuenta la vida útil del instrumento.						
Que pasa si?	• Mantenimiento a equipos, válvulas. • Asegurar que para el re-arranque se realice el barrido en hasta el quemador.	70	3,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	• Identificación de válvula de corte manual de gas natural. • Colocar un transmisor de alarma a la entrada del sistema.	70	6,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	• Instalar sensor de gas a la altura de filtro. • Verificar especificaciones de materiales de sistema de gas.	70	2,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	• Revisión instrumentación de baja presión de Estación de Descompresión de Gas Natural.	70	3,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	• Colocar válvulas de alivio junto al medidor.	30	1,000.00	1	2	10	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	• Instalar un sensor de gas en el regulador de presión del sistema con conexión a paro de EDGN (altura desde piso de 40 cm aproximadamente)	70	7,000.00	3	2	12	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	• Mantenimiento a equipos como válvulas Revisar recomendaciones de Estación de Descompresión de Gas Natural. • Asegurar que para el re-arranque se	150	10,000.00	3	2	25	MUY JUSTIFICACIÓN

Factor de justificación para la implementación de las recomendaciones derivadas del estudio de análisis de riesgo de proceso							
METODOLOGIA	RECOMENDACIÓN	MAG. DEL RIESGO	INVERSIÓN	FACTOR DE COSTO	GRADO DE CORRECCIÓN (REDUCCIÓN DE RIESGO)	FACTOR DE JUSTIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN DE INVERSIÓN
	realice el barrido en el quemador. • *Instalar una línea de venteo que soporte el flujo por alta presión (20 bar aproximadamente).						
Que pasa si?	• Instalar sensor a la altura del regulador de gas, en la línea de alimentación al quemador. • Instalar una válvula de alivio después del regulador de 20-3 bar de alimentación a quemador.	70	7,000.00	3	2	10	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	• Verificar especificaciones de materiales de sistema de gas. • Visto en baja presión de EDGN.	40	3,000.00	3	2	10	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	• Asegurar que la instrumentación se encuentre calibrada que incluye el regulador de baja presión.	70	3,000.00	3	2	10	PROBABLE JUSTIFICACIÓN
Que pasa si?	• Asegurar que el rango de entrada del regulador se especifique a 30 bar.	70	3,000.00	3	2	10	PROBABLE JUSTIFICACIÓN

Rejerquización

En el Anexo Técnico V.2.4 se incluye la rejerquización del listado de los riesgos tipo (I, II, III, IV) ponderando la consecuencia de cada escenario, con la aplicación de las acciones recomendadas por la reducción del riesgo.

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

II.1. Radios potenciales de afectación

El análisis de consecuencias permite cuantificar la magnitud de las desviaciones que el proceso puede sufrir. El objetivo del análisis de consecuencias es cuantificar la magnitud del impacto que sobre su entorno puedan tener las desviaciones intolerables que un proceso pueda sufrir. En el análisis de consecuencias se realizan modelaciones de accidentes o desviaciones de un proceso, utilizando un modelo matemático que arroja como resultado el área de impacto como consecuencia del accidente. El peligro que puedan representar los materiales involucrados en el evento analizado depende de sus características tales como toxicidad (nube tóxica), explosividad (explosión) e inflamabilidad (incendio). Las herramientas que se emplearon para el Análisis de Consecuencias fue el siguiente modelo:

A. Modelo Aloha (Nube tóxica y explosividad).

El programa ALOHA (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*), Localización de Áreas de Atmósferas Peligrosas fue desarrollado por la EPA (*Environmental Protection Agency*) y la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). ALOHA utiliza el modelo gaussiano para predecir la dispersión de gases neutros considerando una distribución de la concentración.

El Software ALOHA es un programa informático diseñado especialmente para el uso de personas que responden a situaciones de emergencia tales como emisiones de sustancias químicas, explosiones y incendio, así como para la planificación de atención de emergencias y la formación del personal antes mencionado.

El programa ALOHA cuenta con modelos para simular los principales peligros como toxicidad, inflamabilidad, radiación térmica (calor) y sobrepresión (explosión) relacionados con emisiones de sustancias químicas que resultan en la liberación de gases tóxicos, incendios y / o explosiones.

Los modelos implementados en ALOHA permiten considerar dispersiones originadas en fuentes continuas o instantáneas. Como resultado de la resolución de los modelos implementados se obtiene la distancia máxima a la cual se alcanza la concentración de interés determinada. A partir de esta información el programa establece el contorno de la nube formada para la concentración elegida (valor umbral) y predice, en forma gráfica, el perfil de concentración y la dosis para cualquier punto de coordenadas (x,y) a cierta distancia de la fuente.

Características principales del programa:

- Genera una gran variedad de producción en escenarios específicos, incluyendo la zona de amenaza, amenaza en lugares específicos y gráficos de la fuente.
- Calcula la tasa de liberación de productos químicos de escape en los tanques, charcos (tanto en la tierra y el agua), las tuberías de gas y predice los cambios de velocidad de liberación a través del tiempo.
- Modelos de escenarios diferentes: por ejemplo, las nubes de gas tóxico, BLEVEs (vapor saturado), los incendios de chorro, las explosiones de nube de vapor y los incendios de charco.
- Evalúa los diferentes tipos de riesgo (en función de la hipótesis de emisión): toxicidad, inflamabilidad, radiación térmica y sobrepresión.

Consideraciones para el modelo.

La información necesaria para la evaluación del modelo de simulación es:

- Características físicas y químicas del fluido.
- Condiciones meteorológicas para el escenario del sitio y clase de la estabilidad atmosférica.
- Tiempo de fuga.

- Diámetro equivalente del orificio de la fuga.
- Condiciones de operación.

Clases atmosféricas de la estabilidad de Pasquill

La estabilidad atmosférica es una variable que se establece para caracterizar la capacidad que la atmósfera tiene para dispersar un contaminante; en realidad, lo que representa es el grado de turbulencia existente en un momento determinado.

La cantidad de turbulencia en la atmósfera ambiente tiene un efecto principal en la dispersión de las plumas (contaminantes vapores o gas) de la contaminación atmosférica, porque la turbulencia aumenta arrastre y al mezclarse con aire no contaminado en la pluma, de tal modo que actúa para reducir la concentración de agentes contaminadores en el pluma (es decir, realza la dispersión de la pluma). Es por lo tanto importante categorizar la cantidad de turbulencia atmosférica presente en cualquier hora dada.

El método de categorizar la cantidad del presente atmosférico de la turbulencia era el método desarrollado por Pasquill en 1961, él categorizó la turbulencia atmosférica en seis clases de estabilidad nombró A, B, C, D, E y F. La clase A que es la más inestable o la más turbulenta, y la clase F es la más estable o menos turbulenta. La Tabla 20 enumera las seis clases y la Tabla 21, proporciona las condiciones meteorológicas que definen cada clase.

Tabla 20 Clases.

Tipo de estabilidad	Definición
A	Muy inestable
B	Inestable
C	Levemente inestable
D	Neutral
E	Levemente estable

F	Estable
---	---------

Una condición estable se caracteriza por un flujo laminar de las capas del aire y presenta ausencia de turbulencia, un gradiente vertical de temperatura, fluctuaciones mínimas de la dirección del viento y un bajo nivel de insolación (condiciones más adversas para la dispersión de contaminantes). La relación entre las clases de estabilidad y las condiciones meteorológicas (radiación solar y cobertura del cielo) se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 21 Condiciones meteorológicas que definen la Clase.

Velocidad del viento (m/seg)	Día e Insolación fuerte	Día e Insolación moderada	Día e Insolación débil	Noche y nubosidad Más de 50%	Noche y nubosidad Menos del 50 %
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

En el Anexo V.2.5 se incluyen las hojas de datos con información de condiciones de operación y condiciones meteorológicas, utilizados en el modelo de simulación.

Resultados de la modelación de eventos.

Tomando como base estos parámetros, así como las consideraciones indicadas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para la presentación de Estudios de Riesgos, indican que los radios potenciales de afectación para definir y justificar las zonas de seguridad deberán utilizar los siguientes valores:

Tabla 22 Criterios de zonas de seguridad

	Toxicidad (Concentración)	Inflamabilidad (Radiación térmica)	Explosividad (Sobrepresión)
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m ²	1.0 psig
Zona de Amortiguamiento	TLV ₈ o TLV ₁₅	1.4 KW/m ²	0.5 psig

Una vez determinados los riesgos, definidos como escenario de accidentes o escenario accidentales más significativos de las instalaciones en estudio, se debe evaluar el alcance de las consecuencias derivadas de los mismos, el análisis de consecuencias se efectúa mediante un software Aloha (Herramienta computacional de análisis de riesgos de proceso) aceptado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). De acuerdo a los resultados de la metodología aplicada se realizó la evaluación de consecuencia de los siguientes eventos:

Tabla 23 Resultados de la evaluación de consecuencias

Evento	Radios de Afectación (metros)					
	Inflamabilidad		Explosividad		Toxicidad	
	Zona Riesgo 5 kW/m ²	Zona Seguridad 1.4 kW/m ²	Zona Riesgo 1 PSI	Zona Seguridad 0.5 PSI	Zona Riesgo IDLH	Zona Seguridad TLV ₈ o TLV ₁₅
Caso 1 Fuga de gas natural en válvula de descarga de 1" (25.4 mm) del remolque (TITAN). Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 1.6 Caso catastrófico).	33	60	86	115		
Caso 2 Fuga de gas natural por ruptura de manguera de 1" (25.4 mm) durante la descarga del remolque. Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 1.8).	27	50	65	73		
Caso 3 Fuga de gas natural debido a falla en bridas, empaques, soldaduras y/ elementos roscados en válvula reguladora o línea de	28	51	65	74		

Evento	Radios de Afectación (metros)					
	Inflamabilidad		Explosividad		Toxicidad	
	Zona Riesgo 5 kW/m ²	Zona Seguridad 1.4 kW/m ²	Zona Riesgo 1 PSI	Zona Seguridad 0.5 PSI	Zona Riesgo IDLH	Zona Seguridad TLV ₈ o TLV ₁₅
alimentación de 1" (25.4) en cualquier parte de la Estación de Descompresión de Gas Natural. Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 2.16).						
Caso 4 Fuga de gas natural en regulador de presión de 2" (50.8 mm). Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 3.6).	17	32	56	64		

Análisis de frecuencias

Respecto al análisis de frecuencia, en la tabla 24 se presenta la probabilidad de ocurrencia de los casos analizados anteriormente donde los datos fueron tomados de bases de datos internacionales (Lees y Atallah).

Tabla 24 Resultado del análisis de frecuencias.

Evento	Probabilidad	Referencia	Conclusión
Caso 1 Fuga de gas natural en válvula de descarga de 1" (25.4 mm) del remolque (TITAN). Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 1.6 Caso catastrófico).	1.8×10^{-9} /ft-año	Lees	Poco Probable.
Caso 2 Fuga de gas natural por ruptura de manguera de 1" (25.4 mm) durante la descarga del remolque. Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 1.8).	1.8×10^{-8} /h	Lees	Poco probable.
Caso 3 Fuga de gas natural debido a falla en bridas, empaques, soldaduras y/ elementos roscados en válvula reguladora o línea de alimentación de 1" (25.4) en cualquier parte de la Estación de Descompresión de Gas Natural. Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 2.16).	3.0×10^{-6} / hr	Lees	Poco Probable.
Caso 4 Fuga de gas natural en regulador de presión de 2" (50.8 mm). Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 3.6).	1.8×10^{-8} /h	Lees	Poco probable.

Todos los casos tienen valores mayores de 1×10^{-6} , por lo que se consideran poco probables de ocurrir.

II.2 Interacciones de riesgo

Del análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos, ductos o instalaciones que se encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo, considerando la posibilidad de un efecto dominó, de acuerdo a los radios potenciales de afectación con medidas de control, de acuerdo al apartado III.1 de este estudio; posteriormente se indican las medidas preventivas orientadas a la reducción de la probabilidad de ocurrencia de dicha interacción.

Los eventos son poco probables debido a que el centro de trabajo aplicará programas de operación, mantenimiento, seguridad e inspección de las tuberías, remolques, bombas, quemador, además incluirán las condiciones de integridad mecánica y de operación, como las pruebas de hermeticidad, y las constancias del radiografiado. Así mismo, se aplicará un procedimiento para la inspección, se dará capacitación al personal, se inspeccionarán y calibrarán periódicamente las válvulas de corte e instrumentación, así como todas las medidas de seguridad y atención de emergencias que se implemente en las instalaciones, como el programa para la prevención de accidentes y el plan de respuesta a emergencias. A continuación, se presentan las interacciones de riesgo:

Tabla 25 Interacciones de riesgo

Evento	Zona de Alto Riesgo (m)*	Interacciones de Riesgo y efectos
Caso 1 Fuga de gas natural en válvula de descarga de 1" (25.4 mm) del remolque (TITAN). Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 1.6 Caso catastrófico).	86.0	Daños a personal, tuberías, estructura de la Plantas Asfaltadoras, Estación de Descompresión y Estacionamiento de los remolques TITAN (Efecto domino). No hay efectos a la población e instalaciones externas. La Zona de Riesgo no rebasa los límites del Predio del Proyecto.

Evento	Zona de Alto Riesgo (m)*	Interacciones de Riesgo y efectos
Caso 2 Fuga de gas natural por ruptura de manguera de 1" (25.4 mm) durante la descarga del remolque. Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 1.8).	65.0	Daños a personal, tuberías, estructura de la Plantas Asfaltadoras, Estación de Descompresión y Estacionamiento de los remolques. No hay efectos a la población e instalaciones externas. La Zona de Riesgo no rebasa los límites del Predio del Proyecto.
Caso 3 Fuga de gas natural debido a falla en bridas, empaques, soldaduras y/ elementos roscados en válvula reguladora o línea de alimentación de 1" (25.4) en cualquier parte de la Estación de Descompresión de Gas Natural. Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 2.16).	65.0	Daños a personal, tuberías, estructura de la Plantas Asfaltadoras, Estación de Descompresión y Estacionamiento de los remolques. No hay efectos a la población e instalaciones externas. La Zona de Riesgo no rebasa los límites del Predio del Proyecto.
Caso 4 Fuga de gas natural en regulador de presión de 2" (50.8 mm). Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 3.6).	56.0	Daños a personal, tuberías, estructura de la Plantas Asfaltadoras, Estación de Descompresión y Estacionamiento de los remolques. No hay efectos a la población e instalaciones externas. La Zona de Riesgo no rebasa los límites del Predio del Proyecto.

En el Anexo V.2.5, se muestran los planos con los radios de afectación donde se presentan las zonas de riesgo y amortiguamiento, se indican los puntos de interés que pudieran afectar por incendio y la formación de nube explosiva por el manejo de gas natural.

En el Anexo V.2.5 se presenta planos con escala donde se representan los 4 casos propuestos. Los sitios donde son más probables de la ocurrencia de incidentes o accidentes son fallas en mangueras, prenses y empaques de las válvulas, en empaques o tornillos de las bridas de las válvulas, debido a desgaste de los materiales en las instalaciones y a lo largo del sistema de tuberías de gas natural. Sin embargo, se aplicarán medidas de diseño, construcción, mantenimiento, inspección, operación y seguridad para reducir el riesgo. En los planos se observan que no se encuentran asentamientos humanos, cuerpos de agua, caminos que pudieran afectarse por incidentes.

Efecto domino

El efecto dominó se puede definir como "un conjunto correlativo de sucesos en los que las consecuencias de un accidente previo se ven incrementadas por éstos, tanto espacial como temporalmente, generando un accidente grave".

La definición que se presenta es la siguiente: la concatenación de efectos que multiplica las consecuencias, debido a que los fenómenos peligrosos pueden afectar, además de los elementos vulnerables exteriores, otros recipientes, tuberías o equipos del mismo establecimiento o de otros establecimientos próximos, de tal manera que se produzca una nueva fuga, incendio, reventón, estallido en los mismos, que a su vez provoque nuevos fenómenos peligrosos.

Un efecto dominó implica la existencia de un accidente "primario" que afecta a una instalación "primaria" (este accidente puede no ser un accidente grave), pero que induce uno o varios accidentes "secundarios" que afectan a una o varias instalaciones "secundarias". Este accidente o accidentes secundarios deben ser accidentes más graves y deben extender los daños del accidente "primario".

La extensión de los daños es tanto espacial (áreas no afectadas en el accidente primario, ahora resultan afectadas), como temporal (el accidente secundario afecta a la misma zona, pero retardado en el tiempo; en este caso las instalaciones primarias y secundarias pueden ser la misma), o ambas.

El análisis de estos accidentes, permite clasificar el efecto dominó de la manera siguiente:

- El tipo de instalaciones primarias y secundarias afectadas.

- La naturaleza de los efectos físicos primarios y secundarios que se han producido.

En las estadísticas de accidentes industriales se han identificado algunas áreas principales que son las más afectadas por el efecto dominó:

- Tanques de almacenamiento bajo presión.
- Tanques de almacenamiento atmosféricos o criogenizados.
- Equipos de proceso.
- Redes de tuberías.
- Áreas de almacenamientos de productos sólidos.
- Áreas de carga y descarga.

El caso 1 (catastrófico) puede presentar el efecto Domino, en el Anexo V.5.1 se presenta los planos con los radios de afectación. Sería la explosión de un remolque con gas natural.

II.3 Efectos sobre el sistema ambiental

Dada la problemática ambiental de la zona, y las características bióticas y abióticas, así como la caracterización socioeconómica que se llevan a cabo en el área, se delimito el área de estudio.

Por lo que, para tal fin, se realizó una corrida de cartografía ambiental, que describirá la delimitación y justificación del SA, que incluyera la poligonal del predio del Proyecto, su extensión y orientación, así como la ubicación de la representación esquemática del “Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México” ésta poligonal, a fin de que abarque todos los criterios ambientales y socioeconómicos que son analizados e integrados en esta MIA-P y los impactos identificados y

evaluados por la implantación del Proyecto, dentro de la dinámica ambiental territorial del SA delimitado y su escenario definido.

Por lo que, la delimitación del Sistema Ambiental (SA) se realizó con base en el Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Atenco, mismo que establece el SA delimitado para el proyecto se encuentra determinado como una zona de Plan Parcial/Proyecto Especial. Por lo que, se consideró viable delimitarlo así al ser un criterio de uso de suelo determinado por un instrumento de política ambiental vigente. Cabe mencionar, que la superficie del SA delimitado para el proyecto es de 27.9949 Km².

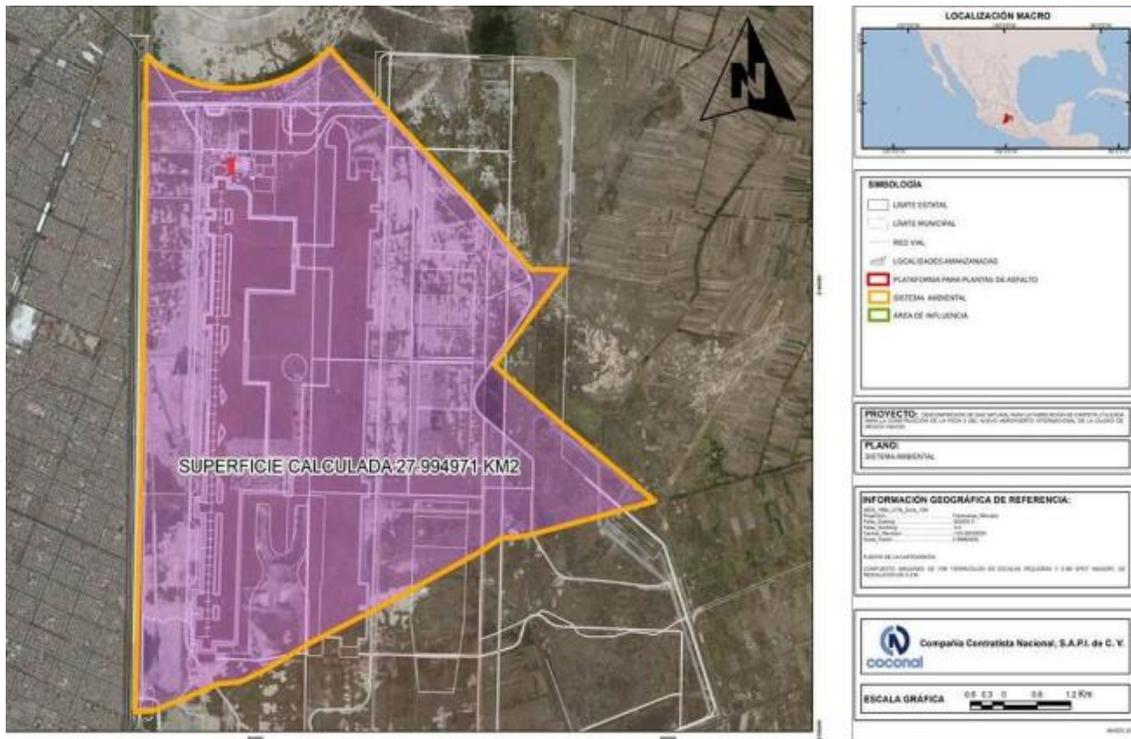


Figura 10 Sistema Ambiental delimitado para el proyecto

Caracterización y análisis del Sistema Ambiental

Para poder caracterizar el Sistema Ambiental delimitado para el proyecto, se tiene que integrar ciertos criterios ambientales y sociales, como se indican a continuación:

- Hidrología superficial (cuenca hidrológica funcional)
- Hidrología subterránea (acuíferos)
- Socioeconómico
- Flora
- Fauna (mamíferos, reptiles y anfibios)
- Fauna (aves)

Cabe mencionar, que aún y cuando los tres criterios referidos fueron tomados en cuenta, no fueron de gran utilidad para la toma de decisiones, dadas las condiciones actuales del predio del proyecto el área de influencia y el Sistema Ambiental delimitado. La proyección cartográfica apporto información valiosa para cada uno de los criterios señalados, mismos que serán abordados en el presente capítulo. Sin embargo, en este capítulo se analizarán factores tales como el factor biótico (flora y fauna) y el socioeconómico que tienen sus propias Áreas de Influencia, a las cuales se les hace mención especial en el desarrollo del tema, sin olvidar que todas ellas se encuentran contenidas en el Sistema Ambiental y Área de Influencia del proyecto. En este sentido, se presenta a continuación, el siguiente mapa ambiental, donde se pueden observar las superficies delimitadas para el proyecto (Sistema Ambiental y Área de Influencia), donde resulta evidente que son acordes y proporcionales con respecto a la superficie que el proyecto ocupará.



Figura 12 Colindancias del Sistema Ambiental delimitado

Por lo anterior y dada la importancia de los equipamientos existentes en el municipio de Texcoco, el municipio de Atenco se manifiesta como un elemento de suma importancia para el desarrollo no sólo de la región Cuautitlán-Texcoco, sino también de la Zona Metropolitana del Valle de México. Y se convierte en un municipio estratégico para el desarrollo integral de la zona que si bien no es el municipio el destino primordial de los usuarios, mercancías y dinámica se convierte en una zona primordial para dotar de servicios y mano de obra calificada.

Clima

Los tipos climáticos, según la clasificación de Köppen y modificada por E. García, están determinados por las zonas de transición, para el caso que nos ocupa, y de acuerdo con dicha clasificación, se tiene que el clima presente en el municipio de Atenco es el siguiente (ver Anexo Técnico V.B.1):

BS1Kw(w)(1´)g Semiseco estepario (semiárido-templado), con verano fresco (temperatura media del mes más caliente inferior a 18°C) y lluvioso, en invierno con total de lluvia menor al 5% del total anual.

La temperatura media anual es de 16.1°C, con una variación de 6.4°C; la media más baja se registra durante el mes de enero con 11.6°C y la media más alta en el mes de junio con 18°C. Las temperaturas máximas extremas son de 28°C siendo la más baja durante diciembre y de 36°C la más alta en abril con una variación de 8°C.

Precipitación pluvial

Con base en los datos históricos reportados para el período de 1967-1996 por la estación meteorológica ubicada en el campamento de la Comisión del Lago de Texcoco, la precipitación media anual es de 544.2 mm, con una precipitación anual máxima de 697.3 mm y una mínima de 432.1 mm. Existe un periodo definido de lluvias que comprende de finales de mayo a principios de octubre, siendo julio el mes más lluvioso y febrero el mes más seco, la precipitación en término de porcentaje se distribuye en un 87% para el periodo lluvioso y 12.2% para el periodo seco, ésta precipitación se presenta generalmente de tipo torrencial. Cabe señalar que la lluvia invernal en este sitio es inferior al 5% con reducida oscilación térmica.

Viento

Los vientos son dominantes del Noreste en otoño e invierno y del Este en primavera y del Sur en verano. Se tiene que las perturbaciones que viajan dentro de la corriente aérea del Oeste en forma de ondulaciones o vaguadas, ocasionan una intensificación del viento a su paso por la Cuenca de México, el SAR, levantando en algunas ocasiones altas y densas cortinas de polvo, especialmente en la segunda mitad del período seco, es decir de febrero a abril. Las características físicas de la superficie terrestre influyen en el desplazamiento del flujo de viento. Los rasgos topográficos provocan turbulencia térmica o mecánica de la atmosfera, dicha

turbulencia se produce por el calentamiento diferencial de la superficie, es decir, los rasgos del terreno absorben y emiten calor a tasas distintas. En cambio, la turbulencia mecánica es causada por la rugosidad del terreno. En este sentido, los vientos que predominan el SA son tres, de acuerdo con la clasificación de Cruickshank, 1995.

Vientos de Altura: provienen de la Sierra del Ajusco a una altura de 3,000 msnm.

Vientos Rasantes: Proviene del Noroeste, Sureste, Norte y Noroeste. Los del Noroeste son vientos polares que entran al Lago de Texcoco; los del Sureste provienen del Antiguo Lago de Chalco; los del Norte son vientos fríos que corren de Norte a Sur durante las noches y los vientos del Noreste provienen de la Región de Pachuca.

Vientos Conectivos: Se producen durante las horas más calientes, provocando los remolinos que alcanzan grandes alturas, llevando en suspensión grandes cantidades de polvo.

Desde el punto de vista estacional, se observan dos flujos de viento promedio para las épocas de sequía y lluvia, durante la temporada húmeda (verano), el flujo tiene un intenso componente del Norte en todo el Valle. Por otra parte, la temporada de seca presenta una característica importante *un vórtice* (remolino) se forma muy cerca del centro de la Ciudad de México, lo cual se debe al efecto conocido como "Isla de Calor", situación meteorológica generada por el aumento de la temperatura del suelo de tipo urbano, con materiales de construcción de cemento y asfalto, en contraste con las áreas forestales que circundan, éste vórtice interno del Valle de México y que se extiende a varios municipios del Estado de México, entre ellos el de Atenco, se alimenta de los vientos predominantes del Noroeste y Noreste, ya que permanecen en su trayectoria todo el año. Por, lo que los vientos a nivel rasante, tienen dirección del Noroeste y Noreste y ambos hacia el Sur.

Aire

El Sistema Ambiental (SA) del proyecto se encuentra completamente inmerso en la Cuenca Atmosférica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), la cual tiene un perímetro aproximado de 886 KM y un área superficial de 2,702,328 ha, su área geográfica está delimitada por los rasgos fisiográficos que conforman esta región y se encuentra conformada por obstáculos topográficos (líneas costeras, formaciones montañosas, etc.), de tal manera que dentro de ésta se modifica la circulación general de la atmosfera sobre la superficie (capa límite de la atmósfera), dando lugar a la formación de los vientos locales, diferentes del flujo de la atmósfera libre.

En el Valle de México, el flujo del viento en superficies es influenciado por diversos factores como es que su nivel es por debajo de la troposfera; es decir, el flujo que determina el movimiento de las partículas de aire en las capas atmosféricas que se encuentran en contacto con la superficie terrestre y las que están dentro de los tres primeros kilómetros de altitud. El efecto de las características montañosas, que circulan al Valle sobre el flujo del viento en los niveles bajos, se deja sentir en los patrones de viento propios de las áreas montañosas que, de acuerdo con los cambios diurnos de temperatura, se torna ascendente durante el día (desde el Valle hacia las montañas), o descendente por las noches (desde la montaña hacia el Valle), lo que meteorológicamente se conoce como brisa de Valle y brisa de montaña, respectivamente.

En conjunto, las características ya mencionadas entre otras, originan cambios diarios en el flujo de viento y por lo tanto de los contaminantes que transportan. De igual forma se cumple la última condición sobre la formación de los vientos locales, diferentes del flujo de la atmosfera libre, que nos permite indicar que el SA está inmerso en la cuenca Atmosférica Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

En mayo de 2011, el Centro Mario Molina publicó el “Desarrollo y Actualización de los inventarios de emisiones contaminante en el Valle de México, donde se

evaluaron los consumos de energéticos precursores o que generan algún tipo de contaminante atmosférico, en donde se puede observar que las fuentes móviles son las principales generadoras de contaminación atmosférica y de éstos los transportistas que emplean gasolina y diésel, seguido de la industria que emplea gas natural, y posteriormente los generadores residenciales que consumen gas L.P. y finalmente los servicios que emplean dicho combustible.

En lo particular, se tiene que de acuerdo con lo señalado por el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Atenco Estado de México, en el tema de la contaminación del aire se pueden observar diversos aspectos: el principal se da en las zonas urbanas ya hay un creciente número de vehículos, así como la cercanía a la Ciudad de México y el área conurbada metropolitana no permite implantar políticas que frenen el proceso de deterioro; en las áreas rurales, por el contrario, la contaminación se sigue dando mediante la quema sistemática de desechos sólidos procedentes de materiales inflamables y basura. A esto se suma la contaminación generada por un exceso de gases vehiculares y de ruido generado por las unidades automotoras que transitan por la carretera federal Lechería-Texcoco, cuyo tráfico se ha incrementado sustancialmente en los últimos años. Esta importante arteria recorre una parte importante del Municipio, y hasta el momento no hay estudios adecuados de su impacto ambiental global. En el mismo renglón se hallan todas las empresas de instalación reciente en el Municipio que de una u otra forma emiten contaminantes por diversos medios y que deben ser reglamentadas.

Ruido

De acuerdo con los reportes señalados por la Comisión Nacional del Agua, para el año 2014-2015, se tienen registros del nivel de ruido obtenidos mediante un muestreo en la zona federal denominada Ex vaso del Lago de Texcoco, la cual reportó que los niveles de emisión resultados de fuentes fijas son negativos en esta zona, es decir que no emiten nivel sonoro en horarios de medición diurno-nocturno, de conformidad

Con la NOM-081-SEMARNAT-1994, por lo que, en esta zona aledaña al sitio del proyecto, se cumple con lo establecido en la norma en comento. Es importante mencionar que de acuerdo con dicha norma se establece que el Límite Máximo Permitido de Emisiones de ruido son de 55 dBA en un horario diurno y de 50 dBA en un horario nocturno.

Por otra parte, de acuerdo a lo reportado por el Municipio de Atenco, se tiene que la principal fuente de emisiones de ruido presentes es la dada por las fuentes móviles (vehículos), ya que la capacidad de tránsito es reportada con un grado importante de afluencia vehicular dentro del SA delimitado. Asimismo, se tiene que reportado dentro de la acústica y megafonía que el Nivel de ruido máximo permisible de eventos de corta duración establece para la circulación en los caminos un nivel máximo de corta duración de dB (A) de 70, mientras que para el Nivel de ruido continuo máximo permisible para eventos externos dB (A) es de 50 para la circulación de vehículos. Por lo que, una vez realizada la comparación entre lo reportado por el Municipio y la norma, se puede visualizar, que los parámetros son muy semejantes, tomando como base que el proyecto prevé la instalación de una carretera, misma que al ser transitada será una fuente móvil de emisión de ruidos.

Fisiografía

La fisiografía del proyecto, el SA y el Área de Influencia se ubican dentro de la Región fisiográfica Sierra Volcánica Transversal o Eje Neovolcánico, es una provincia que se encuentra ubicada en el centro del territorio mexicano; se extiende desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México, constituyendo una ancha faja de 130 km. Políticamente abarca territorios de los estados de Aguascalientes, Colima, Distrito Federal, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas.

El origen de esta provincia se atribuye a un proceso de subducción en el que la placa que se introduce en forma oblicua respecto a la fosa, se caracteriza por ser un gran cumulo de rocas volcánicas de todos tipos (acumuladas desde el periodo terciario hasta el presente). Cabe señalar, que esta provincia a su vez cuenta con dos subprovincias denominadas Lagos y Volcanes de Anáhuac (57) y Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo (52), siendo la primera la de mayor extensión, para el caso del proyecto, se tiene que se encuentra ubicado totalmente dentro de la denominada Lagos y Volcanes de Anáhuac (57).

Asimismo, se tiene que las subprovincias antes mencionadas se encuentran conformadas por diferentes sistemas de topoformas; sin embargo, el SA del proyecto se ubica en la del subtipo denominado Vaso lacustre con lomerío salino, donde también se puede encontrar Vaso lacustre salino (ver Anexo Técnico V.2.2.B.7).

Para el caso particular de la ubicación del proyecto, se tiene que éste se ubica en el contexto topográfico del Ex-Lago de Texcoco, por lo que, en términos generales es una superficie plana con pendientes menores a 1%. Sin embargo, las áreas aledañas al sitio del proyecto se sitúan a una altitud de 2,240 msnm, como es el caso de la ciudad de Nezahualcóyotl al poniente, San Salvador Atenco y Toluca al Oriente, San Isidro Atlahutenco al Norte y el Ejido de Chimalhuacán al Sur, lo anterior se indica ya que observan dos grandes geoformas predominantes, las cuales se mencionan a continuación: la planicie lacustre que corresponde en un 90% al área del Ex-Lago de Texcoco, la cual se formó por aporte de sedimentos volcánicos y clásticos, los primeros derivados de erupciones volcánicas y los segundos fueron arrastrados por diferentes corrientes que descargaban a sus aguas en el antiguo Lago de Texcoco; y la planicie volcánica, la cual se localiza en las faldas de la serranía oriental y presenta estratos de rocas con pendientes de moderadas a fuertes en sentido del Este al Oeste, geomorfológicamente es una planicie y se le califica como volcánica por la presencia de materiales piroclásticos; por su génesis, se puede considerar que se formó por depósitos de sedimentos volcánicos de diferente graduación textural.

Geología y geomorfología

El municipio de Atenco presenta una pendiente mínima, que oscila entre 0 y 2%, lo que representa un ángulo de inclinación menor a los 5°, siendo San Salvador Atenco el punto más alto de todo el municipio, con una altitud de 2,240 msnm, que disminuye gradualmente hacia el suroeste; es decir, hacia el Vaso del Ex Lago de Texcoco como se indicó anteriormente, donde las pendientes son menores a 1% (ver Anexo Técnico V.2.2.B.3).

Asimismo, se tiene que el Sistema Ambiental, el Área de Influencia del proyecto, así como la poligonal del proyecto forman parte del Cinturón Volcánico Transmexicano, por lo tanto, la evolución geológica está ligada al origen de éste. Cabe mencionar, que el Cinturón Volcánico es una unidad tectónica que cruza el país de Oeste a Este; sin embargo, la región donde se ubica el proyecto se caracteriza por sus grandes planicies azolvadas con sedimentos volcano-sedimentarios, interestratificados con derrames de lava en su composición química diversa. Por ello, está constituido en su mayor parte por rocas volcánicas, depósitos sedimentarios fluviales y lacustres en las porciones centro, norte y oeste que ocupan el 70% de la superficie estatal (ver Anexo Técnico V.2.2B.3).

Desde el punto de vista estructural, destacan los sistemas de fallas geológicas normales en el Valle de Toluca, la zona de Ixtlahuaca-Perales y la falla Tixmadejé-Acambay en el municipio de Acambay.

Cabe señalar, que la región de la zona del proyecto fue originada por diversos procesos geológicos, por lo cual las características litológicas son variadas

De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano (2002), se presenta una imagen de la columna geológica de las formaciones presentes dentro del Sistema Ambiental,

con la finalidad de representar la conformación geológica y su evolución de acuerdo con los periodos y las épocas geológicas presentes en dicho sitio.

De acuerdo con la distribución de las unidades litológicas establecidas por el INEGI en 2014, dentro de la Región y para el Sistema Ambiental propuesto para el proyecto, se tiene que estas están formadas dentro de los periodos Cuaternario (Ígnea extrusiva ácida (Qlgea), Ígnea extrusiva básica (Qlgeb), Suelo (Qs)) y Terciario Neógeno (Ígnea extrusiva ácida (Qlgea), Ígnea extrusiva intermedia (Qlgeb), Ígnea extrusiva básica (Qlgei), Volcanoclástico (TsVc) y Conglomerado (Tscg).

Geomorfología

Se tiene que la geomorfología presente en el sitio del proyecto, es de forma irregular, con una extensión amplia que comprende desde las chinampas de Xochimilco al suroeste, hasta las regiones semiáridas de Pachuca en el norte, también comprende los bosques que coronan la Sierra de las Cruces en el oeste, hasta las cimas nevadas del Iztaccíhuatl en el este, se incluye también la región de Apan y Tecocomulco. La zona meridional de la Cuenca del Valle de México está limitada al Oeste por las Sierras Nevada y Río Frío, al Este por Sierra de las Cruces, al Sur por la Sierra Chichinautzin y al Norte por las elevaciones de la Sierra de Guadalupe, Sierra Patlachique y Sierra de Pachuca; esta gran planicie central tiene una altitud que oscila entre los 2,240 metros en el Sur y los 2,390 metros en el Norte.

Asimismo, se reporta para la región donde se pretende desarrollar el proyecto un tipo de Relieve de Planicie lacustre (PII61), con un origen de relieve Lacustre (exógeno acumulativo), con una edad del Pleistoceno y Holoceno, y la litología marcada de concentración de sedimentos clásticos y productos piroclásticos los cuales se depositaron en un ambiente lacustre.

Edafología

Las condiciones geológicas, topográficas y climáticas del Estado de México propician una gran diversidad de suelos, los cuales están representados por 13 de los 38 grupos edáficos.

Por lo que, particularmente, para el municipio de Atenco (sur y poniente), se encuentra cubierta por suelos Zolonchak, para el caso particular del municipio de Atenco se reporta el de tipo gleyico (Zg) los cuales tienen un origen lacustre y contienen un alto grado de sales con una conductividad eléctrica del extracto de saturación mayor de 16 mmhos/cm debido al medio anaeróbico en que se desarrollan como es el continuo exceso de agua, son usuales en sitios con escasa vegetación principalmente formada por pastizales y algunas plantas que soportan la elevada composición de sal, su color es gris o azulado y al exponerse al aire se mancha de rojo, por lo que, para este tipo de suelo la agricultura es un uso muy limitado (ver Anexo Técnico V.2.2.B.4).

Suelos lacustres: La mayor parte del municipio está conformada por suelos lacustres, principalmente arcillas y sales que son producto de la destrucción de las rocas preexistentes por agentes químicos y climatológicos que ocurren en los lagos o en las lagunas. Cabe mencionar que, para el municipio de Atenco, la edad de los depósitos aluviales y lacustres datan del período cuaternario.

Suelos aluviales: en el extremo oriente del territorio municipal se ubica una superficie con suelos aluviales, formados con materiales sueltos (gravas o arenas), provenientes de rocas preexistentes que han sido transportadas por corrientes superficiales de agua. Es importante señalar que estos tipos de suelo son altamente telúricos, ya que el efecto de resonancia o propagación de las ondas telúricas alcanzan su punto máximo en este tipo de suelos blandos.

También existen dentro del municipio (centro, este y sureste) suelos denominados Vertisoles, sus principales características son las grietas anchas y profundas que aparecen en la época de sequía, además de ser suelos muy arcillosos y pegajosos

cuando están húmedos, y muy duros cuando están secos. Su utilización óptima es agrícola, ya que ofrece una productividad alta y variada. El tipo Vertisol Pélico (Vp) cubre Acuexcomac y Atenco, donde se practica la agricultura de temporal, es un suelo de color negro a gris oscuro, se caracteriza por presentar grietas anchas y profundas en la época de sequía, son suelos muy arcillosos y su utilización en la agricultura es muy extensa, variada y productiva; pues presentan contenidos muy altos de arcilla, materia orgánica y nutrientes (mayores al 40%).

Otro tipo de suelo que podemos encontrar en el municipio es el Cambisol (norte y noreste), sus características predominantes son de suelos jóvenes y poco desarrollados, se presentan en cualquier tipo de clima, menos en zonas áridas, se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa que parece suelo de roca, ya que en ella se forman terrones; además, pueden presentar acumulaciones de algunos materiales como arcilla, carbonato de calcio, fierro, manganeso, entre otros, pero sin que esta acumulación sea muy grande. En su mayor parte son suelos menores a 50 cm y cuentan con un horizonte A ócrico, el cual tiene una materia orgánica suficiente que le da un color obscuro, aunque puede seguir siendo pardo claro, pardo amarillento o gris rosado. Es considerado apto para el uso urbano y su rendimiento en cuanto a la agricultura puede ir de lo moderado a lo alto.

Es importante mencionar, que los municipios del Oriente de la Zona Metropolitana del Valle de México, vinculados por la carretera Los Reyes-Texcoco y cuyos 7 municipios se encuentran funcionalmente conurbados con la Ciudad de México (Texcoco, Atenco, Chiautla, Chiconcuac, Papalotla, Tezoyuca y Tepetlaoxtoc), son sitios en los que se pretende impulsar proyectos productivos de infraestructura y equipamiento para elevar la competitividad de la región, por lo que, se evidencia que el proyecto es viable de desarrollarse, toda vez que el tipo de suelo se considera adecuado.

Sismicidad

De acuerdo con los registros reportados para la zona del proyecto, el SA ha sido afectado por muchos tipos y diversas intensidades sísmicas pues, aunque existe una gran distancia epicentral que va de entre 280 a 600 Km, el Valle de México es muy vulnerable a los sismos de subducción por el tipo de ondas que llegan en periodos largos, lo que produce una atenuación menor y una amplificación al atravesar las arcillas presentes. Sin embargo, es importante mencionar, que los sismos con epicentro cercano al sitio del proyecto no son de gran magnitud, ya que por lo regular son menores de 4.9 grados en escala de Richter; sin embargo, pueden ocasionar fuertes daños a nivel local, ya que estos ocurren a profundidades muy someras próximas a las construcciones en la superficie.

En el caso de las ondas sísmicas registradas al llegar a las zonas lacustres e incluso a la cercanía del polígono del proyecto, tienden a presentar una amplificación por el tipo de suelo presente, por lo que, se pueden clasificar en cuatro grupos, los cuales, se describen a continuación:

- Temblores locales $M= 5.5$ originados dentro o cerca de la cuenca.
- Temblores tipo Acambay $M=7.0$ originados en el resto de la placa norteamericana.
- Temblores de profundidad intermedia de falla norma, causados por rompimientos de la placa de Cocos ya subducida pudiendo llegar hasta los $M=6.5$ debajo del Valle de México.
- Temblores de subducción los cuales tienen una intensidad $M=8.2$ (nula posibilidad de ocurrencia).

Fallas y Fracturas

De acuerdo con el SA delimitado, se tiene que este se encuentra dentro del Sistema Volcánico Transversal, donde se desarrollan grandes sistemas de fallas y fracturas asociadas a procesos volcánicos activos o inactivos al igual que a una dinámica

actividad sísmica. Particularmente, para el sitio del proyecto se reportan fracturas cercanas, mismas que señalan en el mapa elaborado por el Gobierno del entonces Distrito Federal, actualmente Ciudad de México sobre los Riesgos Geológicos de la Zona Metropolitana del Valle de México, en este se observa que existen dos fracturas, aunque son inferidas, de acuerdo con los estudios y análisis realizados para la elaboración de dicho mapa diseñado. Por lo que, en conclusión, es importante señalar que sobre dichas fracturas inferidas aún no se ha podido demostrar su presencia física.

Actividad volcánica potencial

Respecto a la presencia del vulcanismo en la zona del proyecto y en conjunto con su SA delimitado, se puede determinar que se encuentran expuestos a este fenómeno, ya que el riesgo mayor lo constituye el Volcán Popocatepetl cuyas cenizas, en caso de erupción afectarían el sitio del proyecto. Tal y como se observa en la siguiente figura:

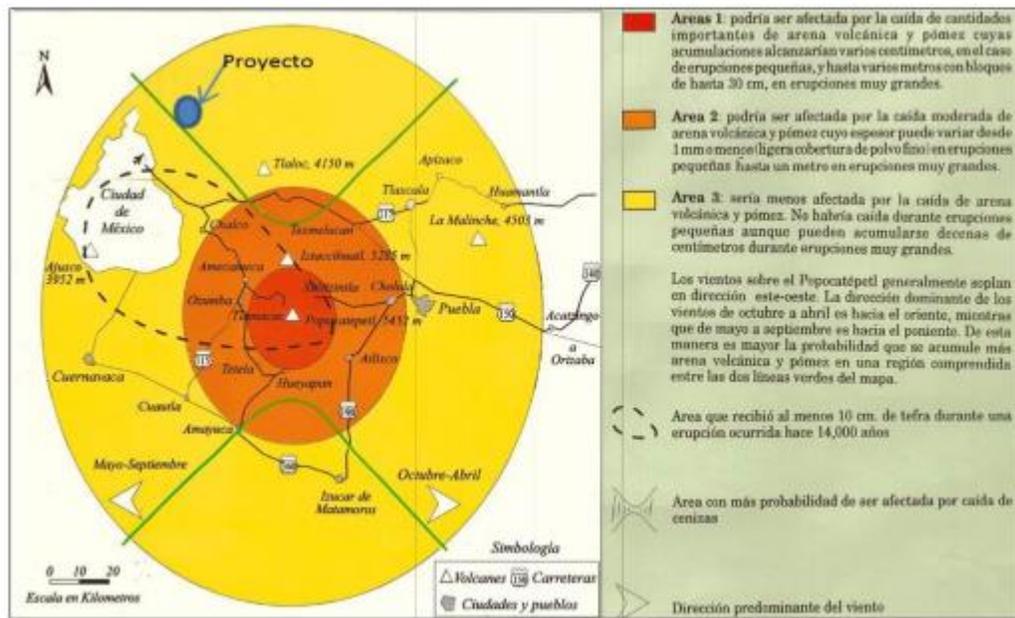


Figura 12 actividad volcánica potencial

Como es evidente, se observó que el proyecto se ubica en el área 3 para caída de materiales volcánicos, como son fragmentos de roca o bombas volcánicas y principalmente cenizas volcánicas, por lo que, se puede deducir que esta zona es la que comprende menor riesgo para este tipo de evento. Asimismo, se tiene que la poligonal del proyecto, con relación al riesgo por flujo de materiales volcánicos (flujos piroclásticos, lahares, flujos de lava y avalanchas de escombros) no se vería afectada por dicho evento, debido a la forma y orientación actual del cráter, por lo que dichos flujos se dirigirían hacia la parte sur de dicho volcán.

Hidrología

De acuerdo con los antecedentes geológicos, el origen de la cuenca del Valle de México no han sido producidos por un solo evento, sino por una sucesión de ellos, la mayor parte del territorio se conformó durante la era del Cenozoico, hace aproximadamente 63 millones de años; por lo que, los sedimentos depositados en este largo periodo se formó al cerrarse la cuenca produciendo casi 50 Km de suelos muy compactos y permeables de varios centenares de metros de espesor, los cuales fueron cubiertos finalmente por capas de arcilla impermeable y blanda cuyo espesor llega hasta los 80, hacia el centro de lo que fuera el Lago de Texcoco (antes de su desecación), el cual se ubica muy cercano del Sistema Ambiental propuesto para el proyecto. Sin embargo, debido a las obras de drenado del Ex Lago de Texcoco las condiciones naturales del municipio han sido bruscamente alteradas (ver Anexo Técnico V.2.2.B5).

Los recursos hidrológicos sin lugar a duda son los elementos que han sido más perjudicados, el primero ha venido modificándose gradualmente, originando grandes extensiones salinas que, si bien anteriormente permitían la pesca y el cultivo de maíz, frijol y chile, en la actualidad son terrenos ociosos, que por sus características tampoco pueden ser ofrecidas al uso urbano.

Por otro lado, los cuerpos de agua presentan un grave grado de contaminación originado primordialmente por las descargas sin control de aguas residuales domiciliarias provenientes de Tepetlaoxtoc, Chiconcuac y de la totalidad de localidades del municipio; a lo anterior se debe sumar la disminución de los niveles de agua en los pozos por la sobreexplotación que ha repercutido directamente en la disminución de la producción agrícola. Asimismo, las reducidas áreas forestadas y las extensas zonas áridas generan tolvaneras salitrosas en la parte contigua a la zona conocida como el caracol de Texcoco.

Para el Sistema Ambiental, se tiene particularmente que se encuentra en la Región Hidrológica del Pánuco, dentro de la Cuenca del Río Moctezuma (RH26DR), Subcuenca Lago de Texcoco y Zumpango (RH26Dp); administrativamente ésta dentro de la Región Hidrológica-Administrativa "XIII Aguas del Valle de México" (ver Anexo Técnico V.2.2.B.6).

Cabe mencionar, que en la actualidad dentro del SA los cuerpos que se pudieran encontrar presentes son lagunas efímeras o de temporal, alimentadas por excedencia en los canales de drenado y por la lluvia, así como cuerpos artificiales o mantenidos por el hombre con aguas residuales tratadas.

Hidrología superficial

Anteriormente, la mayor parte de la superficie municipal de Atenco formaba parte del Lago de Texcoco, sin embargo, en la actualidad solamente se pueden localizar los siguientes cuerpos de agua:

- Nexquipayac, comprende afluentes pequeños provenientes de los municipios de Tezoyuca y Acolman y que marca el límite natural de la localidad de San Cristóbal Nexquipayac.

- Papalotla que nace en San Lucas Tepango, Teotihuacán, y recorre los pueblos de San Mateo Chipiltepec del municipio de Acolman; Jolalpan del municipio de Tepetlaoxtoc, Tlaltecahuacán y Tepetitlán de Chiautla.
- San Bartolo, nace a partir de una división del río Papalotla, el cual sirve de borde natural para la colonia Francisco I. Madero, su uso es principalmente agropecuario.
- Jalapango, nace en San Miguel Tlaixpan y San Juan Tezontla, cruza Chiautla y antes de desembocar en el suroeste de Atenco se junta con el Coxcacoaco. Se localiza al sur de la cabecera municipal, entre La Pastoría y Zapotlán, debido a su utilización como drenaje abierto, se encuentra gravemente contaminado.
- Coxcacoaco, se utiliza primordialmente para el riego, no obstante, por su afluente recolecta aguas negras de Magdalena Panohaya del municipio de Texcoco.

Otros recursos hidrológicos son los ríos San Juan, que cruza el pueblo de Nexquipayac, y el Jalapango y Papalotla, sobre éstos, es importante mencionar que todos permanecen secos en la mayor parte el año y sólo en temporadas de lluvias tienen caudal, por lo que generalmente son utilizados para descargar las aguas negras al pasar por los municipios de Tepetlaoxtoc, Papalotla, Tezoyuca, Chiconcuac y el mismo Atenco.

Es importante mencionar que el sistema hidrológico en la Cuenca del Valle de México consistente en su gran mayoría en escurrimientos intermitentes y de bajo caudal de carácter torrencial como ya se había indicado anteriormente, con avenida de corta a mediana duración, respecto a los arroyos presentes se reportan secos durante la temporada de estiaje, de acuerdo con la geomorfología de la región, el drenaje es del tipo radial centrifugo, dendrítico y dendrítico paralelo.

Para esta región se identifica el origen de los arroyos por la Sierra Nevada (a excepción de San Juan Teotihuacán) y desaparecen en las faldas de la misma debido a la buena permeabilidad del suelo. Los Arroyos más cercanos al proyecto y

principales en la región son el Barranca Seca, Coxcacoac, Texcoco, Chapingo, San Bernardino, Coantlinchan y Manzano-Coatepec, localizados al éste del Sistema Ambiental (Vaso regulador Nabor Carrillo construido en 1982). Respecto a estos arroyos todos convergen a diversos canales. Los cuales se localizan en los alrededores del Vaso regulador Nabor Carrillo y algunos otros se canalizan para diversos usos en la región. Es importante mencionar que todo escurrimiento superficial que confluye en la planicie de Texcoco es conducido a través de canales artificiales hacia el exterior de la Cuenca de México, con el fin de atenuar las inundaciones que afectaban a toda esta región.

Hidrología subterránea

Las aguas subterráneas presentes en la región de acuerdo con la Comisión del Lago de Texcoco, son de tres tipos: aguas someras o de las capas superficiales, aguas de pozos someros y profundidad media a los mantos acuíferos profundos. Las aguas someras, presentan un elevado contenido en sales, el cual decrece con los diversos niveles de profundidad. Los mantos acuíferos profundos por sus características químicas son utilizados para consumo. Los acuíferos presentes en la región ubicada en la planicie de Texcoco son de dos tipos, los cuales se mencionan a continuación: Acuífero hidrogeológico intergranular, está constituido por arcillas, limos, arena fina, esta unidad constituye un acuitardo (se refiere a que la estructura contiene agua pero la transmite muy lentamente o no la transmite en su totalidad), con espesor de hasta 200 m que sobreyace a un acuífero confinado, y el acuífero granular, debajo de la secuencia lacustre e interdigitado lateralmente a esta, existen materiales granulares de origen fluvial (arenas, gravas y limos); por lo regular son acuíferos confinados que se ubican hacia las faldas de las Sierras donde pasan a ser acuíferos libres (ver Anexo Técnico V.2.2.B7).

Es importante señalar que el Acuífero de Texcoco dentro del cual se ubica el Municipio de Atenco, se encuentra bajo un decreto de Veda publicado en el Diario Oficial el 19 de agosto de 1954. Este Acuífero se considera semiconfinado debido a

que se encuentra un acuitardo formado de material arcilloso con un espesor superior a los 60 m en la parte central del Lago, dicho espesor se adelgaza hacia las estribaciones de las sierras que limitan al acuífero.

Las recargas verticales de este acuífero son nulas debido a que el agua de lluvia no puede penetrar por la estratigrafía constituida a base de arcilla con un promedio de 60 m. Tampoco se considera una recarga inducida, ya que por el mismo material arcilloso que forma el primer estrato de la zona no existe dicha recarga. Sin embargo, de acuerdo con lo reportado para esta región, la recarga de agua al Acuífero por flujo horizontal es en un promedio de 7.5 a 48.6 Mm³ /año.

La calidad del agua subterránea varía de no recomendable a buena; sin embargo, se reporta que conforme al paso de los años dicha calidad empeora en algunos de los pozos, mientras que para los otros se mantiene.

Dentro del Sistema Ambiental del proyecto, se detectó la presencia de pozo del cual se desconoce el nombre, sin embargo, se reporta un uso de autoconsumo humano, mismo que se presenta en la siguiente imagen.

Inundaciones

Dado que la Cuenca de México es una cuenca de tipo endorreica, se tiene que las inundaciones presentes en la zona son a causa de la naturaleza lacustre presente en la zona y al crecimiento urbano hacia las zonas que eran ocupadas por los antiguos lagos como el Xaltocan, Zumpango, Texcoco, Xochimilco y Chalco. El riesgo de inundaciones se ha incrementado en virtud de que la sobreexplotación de los mantos acuíferos pues se provoca hundimientos diferenciales que hacen que la infraestructura de desagüe pierda la capacidad para desahogar el agua de lluvia (ver Anexo Técnico V.2.2.B.6).

Calidad del Agua

En general, la calidad del agua de los cuerpos presentes en los Ríos de Oriente está conformada por agua sanitarias domésticas de los núcleos poblacionales que recorren, lo que los hace no aptos para el consumo humano o su empleo en actividades agrícolas. En la temporada de lluvias, esta condición no varía ya que además del agua sanitaria se registra el arrastre de residuos sólidos urbanos.

II.3.2 Medio biótico

Flora

Actualmente, el Sistema Ambiental no cuenta con ningún tipo de vegetación existente, derivado de las obras previamente autorizadas para la ejecución del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, por lo que, durante los recorridos de campo, no se detecta la presencia de ningún tipo de vegetación que pudiera ser afectada por el proyecto.

Para determinar el uso de suelo y tipo de vegetación, se realizó un recorrido físico en el predio del Proyecto para identificar el uso del suelo actual y el tipo de vegetación presente. Dadas las condiciones en el predio del Proyecto, se detectaron cuerpos de agua cercanos, caminos internos y obras civiles. Sin embargo, bibliográficamente para esa zona se reporta vegetación de tipo agricultura, por lo que para su identificación y clasificación se utilizaron los datos vectoriales de uso de suelo y vegetación de la Serie IV del INEGI (2010). Los principales tipos de vegetación reportados para las zonas aledañas se describen a continuación.

Agricultura de Riego (AR). Estos agroecosistemas utilizan agua suplementaria para el desarrollo de los cultivos durante el ciclo agrícola, por lo que su definición se basa principalmente en la manera de cómo se realiza la aplicación del agua, por ejemplo la aspersión, goteo, o cualquier otra técnica, es el caso del agua rodada

(distribución del agua a través de surcos o bien tubería a partir de un canal principal y que se distribuye directamente a la planta), por bombeo desde la fuente de suministro (un pozo, por ejemplo) o por gravedad cuando va directamente a un canal principal desde aguas arriba de una presa o un cuerpo de agua natural. Los cultivos característicos son hortalizas, verduras, frutales, semillas básicas como maíz, frijol etc.

Agricultura de Temporal (AT). Se clasifica como tal al tipo de agricultura de todos aquellos terrenos en donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran depende del agua de lluvia, por lo que su éxito depende de la precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua. Su clasificación es independiente del tiempo que dura el cultivo en el suelo, que puede llegar a más de diez años, en el caso de los frutales, o bien son por periodos dentro de un año como los cultivos de verano. Incluye los que reciben agua invernal como el garbanzo. Pueden ser áreas de monocultivo o policultivo y pueden combinarse con pastizales o bien estar mezcladas con zonas de riego, lo que conforma un mosaico complejo, difícil de separar, pero que generalmente presenta dominancia de los cultivos cuyo crecimiento depende del agua de lluvia.

Pastizal cultivado (PC). Vegetación dominada por herbáceas, principalmente gramíneas (pastos, zacates o graminoides). Se le encuentra en cualquier clima, pero principalmente en las regiones semiáridas del norte y en las partes más altas de las montañas (por arriba de los 4,000 metros). Casi todos los pastizales de nuestro país se emplean para la producción ganadera, casi siempre con una intensidad excesiva. Otros pastizales fueron bosques o matorrales, y la acción del ganado y el fuego los mantienen en esta forma alterada. A éstos se les conoce como pastizales inducidos.

Pastizal Inducido (PI). En el Valle de México se describen comunidades de este tipo, que en general son bajas y muchas veces abiertas a menudo incluyen un gran

número de gramíneas anuales. Los géneros Buchloe, Erioneuron, Aristida, Lycurus y Bouteloua contienen con frecuencia las especies dominantes.

Grado de degradación de la vegetación

De acuerdo a la cartografía de Uso de suelo y Vegetación Serie III (INEGI, 2007) y CONABIO, el SA presenta un grado de degradación de la vegetación alto, al ya no contar en todo el SA de vegetación.

Fauna

Dada la ubicación dentro del Sistema Transversal Volcánico (STV) y el Valle de México en el cual se encuentra el Estado de Morelos, Estado de México y Ciudad de México, hacia la parte central del mismo STV, y hacia la parte Central y Sur del SA, es decir la porciones correspondientes a la Ciudad de México y al Estado de México, se reporta un total de 135 especies (Navarro, et al., 2007; SEDEMA, 2007-2012; Bárcenas y Medellín 2007; GODF, 2006 y Granados, et al., 2004).

Sin embargo, para el SA delimitado, la fauna de mamíferos reportada y vista en campo es limitada a jaurías de perros (*canis lupus familiaris*), *Sylvilagus audubonii*, *S. cunicularius*, *S. floridanus* (conejos), rata (*Rattus norvegicus*).

Diagnóstico ambiental

En la actualidad y desde un punto de vista ecológico, el Ex-Lago de Texcoco es un ecosistema alterado que ha perdido parte de su importancia ambiental original, desde su desecación y por la expansión del área urbana, a pesar de los intentos por mejorar su imagen, quedando solamente como un área desolada y abandonada. La calidad visual del predio, en general, es baja esto debido a que es un espacio abierto sin urbanizar. Sin embargo, en lo referente a la actividad antrópica en su interior, los valores son bajos debido a que la perspectiva visual que presenta la red de caminos

que lo delimitan y por el área del relleno sanitario que se percibe. Se encuentra también muy cercano la infraestructura hidráulica que generó el Plan Texcoco desde 1970, la cual determina un paisaje medio debido a que algunas instalaciones cuentan con áreas verdes y espejos de agua.

En cuanto a la fragilidad visual el predio ha quedado calificado como de fragilidad visual baja, lo cual es de ponderar por el hecho de que esta calificación está dada por la poca actividad humana en su interior y por lo que el sitio representa un espacio sin vegetación y sin urbanizar, en aras de albergar el nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Asimismo, a efecto de medir el nivel del paisaje dentro del SA delimitado, se tomaron parámetros de mayor importancia para la determinación del índice del estado de conservación instantáneo, los cuales se citan a continuación:

- Pérdida total de hábitat.
- Bloques hábitat.
- Fragmentación del hábitat.
- Conversión del hábitat.
- Grado de protección.

Conclusión

La determinación de la importancia relativa de los diferentes parámetros para el SA delimitado es muy baja, dado que con anterioridad se llevó a cabo el cambio de uso del suelo en todo el SA delimitado, para la conformación de caminos de terracerías, así como la instalación de obras civiles propias del proyecto original del AICMX (previamente autorizado). En este sentido, se tiene que el SA se encuentra perturbado y con un nivel de calidad muy bajo al encontrarse completamente transformado.

Por lo que, la instalación de las plantas de asfalto para la producción de material constructivo para la conformación de la pista 2 es viable de llevarse a cabo, toda vez que su instalación no repercutirá en el estado de conservación del Sistema Ambiental.

delimitado, ni en el área de influencia del proyecto. Asimismo, de acuerdo con las medidas de mitigación propuestas se prevé que los posibles impactos ocasionados serán mínimos.

III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL

III.1 Recomendaciones técnico-operativas

A continuación, se presentan las recomendaciones resultantes de la metodología What If...?:

No.	RECOMENDACIONES
1.1	<ul style="list-style-type: none"> • Contar con certificación de cada una de las mangueras • Cambio periódico de mangueras y conexiones por el proveedor de acuerdo al programa establecido en conjunto. • El proveedor deberá presentar el reporte de mantenimiento de cada semirremolque que incluya el cambio de mangueras y conexiones. • Capacitación por parte del proveedor al personal encargado sobre operación de la Estación de Descompresión de gas natural comprimido. • Elaborar un plan de contingencia en caso de fallo de gas natural.
1.3	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar al proveedor el Programa de mantenimiento del semirremolque que incluya válvulas de apertura, seguridad, alivio. • Asegurar que el programa de suministro de gas natural comprimido esté basado en la presión del semirremolque, por parte del proveedor
1.4, 1.6. 1.9 1.10	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar al proveedor el Programa de mantenimiento del semirremolque que incluya válvulas de apertura, seguridad, alivio. • Asegurar que el programa de suministro de gas natural comprimido esté basado en la presión del semirremolque, por parte del proveedor.
1.5	<ul style="list-style-type: none"> • Activación de Plan de Emergencia en conjunto con el proveedor • Solicitar al proveedor el plan de emergencia para operación del sistema, manuales de operador y capacitación al operador en caso de emergencia • Solicitar al proveedor la hoja de especificación de la válvula de seguridad para cálculo de flujo.
1.7	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación del personal para la operación de descarga de semirremolque incluya la correcta colocación de mangueras en un lugar seguro evitando aplastamientos. • Colocación de topes en el área de maniobras para cada semi-remolque, evitando colisiones con estación de carga. • Garantizar la certificación de operadores de gas natural comprimido. • El proveedor presentará a la empresa, la lista de operadores- transportistas certificados en operación gas natural comprimido.
1.8	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de las mangueras previo a la instalación en planta. • Garantizar la operación del detector de gas ubicado en las mesas de descarga.

No.	RECOMENDACIONES
1.11	<ul style="list-style-type: none"> • Presentar el programa por parte del proveedor del mantenimiento a sistema neumático. • El proveedor deberá presentar el reporte de mantenimiento del sistema neumático y su periodicidad. • La alimentación eléctrica deberá respaldada con planta de emergencia por parte de planta. • El sistema de control deberá contar con UPS.
1.121 .13	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación del personal para la operación de descarga de semirremolque que incluya la apertura gradual de válvula de descarga.
1.14	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar pruebas y mantenimiento a los equipos de mesas de descarga. • Presentar el programa por parte del proveedor del mantenimiento a las mesas de descarga.
No.	RECOMENDACIONES
2.1	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de calibración, mantenimiento a válvula de seguridad.
2.4	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con logística de envío de semirremolques. Mantener en operación constante el Aviso de problemas en el suministro anticipado. • Activación de plan de contingencia de continuación de negocio para funcionamiento calderas.
2.5	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar una línea de venteo manual, en la línea a la salida del medidor y antes de la Turbina. • Integrar el procedimiento de despresurización de líneas, por fallo de suministro de gas e integrarlo en el Plan de continuidad de negocio C • Calibración de la válvula de seguridad a la salida de la EDGN a 22 bar • Verificar la especificación de regulador de alimentación (tubería de 2" diámetro) a presión máxima (mínimo 40 bar).
2.6 2.7	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con el programa de mantenimiento que incluya el sistema de redundancia de calentamiento dos acumuladores de agua, dos bombas y las válvulas reguladoras de EDGN.
2.8	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar una línea de venteo manual, en la línea a la salida del medidor y antes de la Turbina Integrar el procedimiento de despresurización de líneas, por fallo de suministro de gas e integrarlo en el Plan de continuidad de negocio • Calibración de la válvula de seguridad a la salida de la EDGN a 22 bar.
2.9	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento de sistema neumático.
2.10	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con logística de envío de semirremolques Mantener en operación constante el Aviso de problemas en el suministro anticipado. • Activación de plan de contingencia de continuación de negocio para funcionamiento calderas
2.11	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de mantenimiento de UPS y Programa de mantenimiento de planta de emergencia.
2.12	<ul style="list-style-type: none"> • Integrar en programa de mantenimiento de sistema de control.
2.13	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de especificación de bridas de acuerdo a las presiones de diseño.
2.14	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas hidrostáticas de acuerdo a normatividad aplicable, al sistema completo.
2.15	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de fecha de calibración vigentes de los sensores de gas natural, y tomar en cuenta la vida útil del instrumento.
2.16	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir dentro del rondín de personal de la planta asfaltadora, una inspección

No.	RECOMENDACIONES
2.17	al área, de acuerdo al programa de capacitación. <ul style="list-style-type: none"> • Activación de plan de emergencia elaborado (que integre la comunicación entre el paro de emergencia- estaciones manuales de la planta asfaltadora) • Contar con válvula de corte manual antes del regulador.
No.	RECOMENDACIONES
3.1	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento a equipos y válvulas. Asegurar que para el pre-arranque se realice el barrido en el hogar de la turbina.
3.2	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de válvula de corte manual de gas natural. • Colocar un transmisor de alarma a la entrada del sistema.
3.3	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar sensor de gas a la altura de filtro. • Verificar especificaciones de materiales de sistema de gas.
3.4	<ul style="list-style-type: none"> • Visto en baja presión de estación de descompresión de gas natural.
3.5	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar válvulas de alivio junto al medidor.
3.7	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar un sensor de gas en el regulador de presión del sistema de descompresión, con conexión a paro de estación de descompresión de gas natural (altura desde piso de 40 cm aprox.)
No.	RECOMENDACIONES
4.1	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento a equipos como válvulas Revisar recomendaciones de EDGN • Asegurar que para el re-arranque se realice el barrido en el quemador • Instalar una línea de venteo que soporte el flujo por alta presión (20 bar aproximadamente).
4.2	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar sensor a la altura del regulador de gas, en la línea de alimentación al quemador. • Instalar una válvula de alivio después del regulador de 20-3 bar de alimentación a quemador. • Pruebas de arranque del piloto y mantenimiento en la operación.
4.3	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar especificaciones de materiales de sistema de gas.
4.4	<ul style="list-style-type: none"> • Visto en baja presión de estación de descompresión de gas natural.
4.5	<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar que la instrumentación se encuentre calibrada que incluye el regulador de baja presión.
4.6	<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar que el rango de entrada del regulador se especifique a 30 bar.

III.2 Sistema de seguridad

En la presente sección se indican las medidas de seguridad que tendrá la estación de Descompresión de Gas Natural:

Sistema de descarga de gas natural comprimido

El Sistema de Descarga de gas natural comprimido que incluirá los componentes y condiciones siguientes:

- Las mangueras de alta presión las cuales cumplirán, entre otros, con los requisitos especificados en los numerales 5.4.2.3 y 5.4.2.4 de esta Norma Oficial Mexicana.
- Las mangueras contarán con un dispositivo de ruptura que se separa cuando la manguera es jalada accidentalmente con una fuerza que excede el valor especificado a efecto de suspender el flujo de gas natural comprimido y proteger contra daños al poste de descarga.
- La boquilla de descarga será adecuada para los conectores de descarga de los módulos de almacenamiento transportables que entregan el gas natural comprimido.
- Contar con los componentes, dispositivos y accesorios necesarios para controlar la fuga de gas natural comprimido que pueda presentarse en caso de que la manguera se reviente por la presión o se rompa porque el módulo de almacenamiento transportable se aleje sin haber sido desconectado.
- Los postes para soportar la manguera de descarga, los cuales deben cumplir, entre otros, con los requisitos especificados en los numerales 5.4.1 a 5.4.1.3, 5.4.2 a 5.4.2.2 de esta Norma Oficial Mexicana. gas natural comprimido
- Las tuberías de alta presión contarán con los componentes, dispositivos y accesorios necesarios para controlar el flujo de descarga de gas natural comprimido y, en su caso, la fuga de gas natural comprimido que pueda

presentarse cuando el poste de descarga es dañado o arrancado de posición. Entre otros, se requieren al menos los componentes siguientes:

- Válvulas de bola de alta presión manual de ¼ de vuelta.
- Válvulas de Retención.
- Válvulas de Exceso de Flujo.
- Válvula de Paro de Emergencia manual.
- Válvulas y Dispositivos de Relevo de Presión.
- Filtros.

Sistema de Calentamiento de Gas Natural.

El sistema de calentamiento de gas natural tendrá uno ó más pasos de calentamiento con temperaturas y presiones del gas natural diferentes. Se incluirán los intercambiadores y sus fuentes de calor, así como un sistema de control para mantener la temperatura de salida y evitar congelamiento de componentes en los sistemas después de la descarga. Contaran con los siguientes componentes:

- Sistema de regulación de presión.
- Sistema de medición de flujo.
- Sistema de venteo de las descargas de las válvulas y dispositivos de relevo de presión.

Sistema de Paro de Emergencia.

En la estación de descarga de gas natural comprimido contará con activadores manuales de Paro de Emergencia, ubicados en lugares estratégicos, que cuando se active uno de ellos se ejecute lo siguiente:

- a. Cierre el suministro de energía eléctrica y de gas natural hacia el sistema de reducción de presión de gas natural comprimido.
- b. Cierre de la válvula de cierre automático.
- c. Desactive los Postes de Descarga.
- d. Active una alarma sonora y visual.

Los activadores de Paro de Emergencia requeridos se ubicarán donde sean fácilmente accesibles y claramente visibles a una distancia no mayor a 3 m de cada punto de descarga. Se señalarán en forma prominente la ubicación de los activadores de Paro de Emergencia

La ubicación de los activadores del Sistema de Paro de Emergencia se señalará en forma prominente con señales que cumplan los requisitos siguientes:

1. La leyenda "paro de emergencia" en letras rojas sobre fondo blanco.
2. Letras de altura acorde con lo establecido en la normatividad nacional aplicable en materia de Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías, vigente, y
3. Colocadas en un lugar fácilmente visible adyacente a cada activador del Sistema de Paro de Emergencia.

Los sistemas de control que dejen de operar cuando se activa el Sistema de Paro de Emergencia o se interrumpe la energía eléctrica, deberán permanecer sin operar hasta que sean activados manualmente, una vez que se hayan restablecido las condiciones normales y de seguridad del sistema.

El restablecimiento de la operación debe ser realizado por personal calificado y se deberá avisar a través de una alarma sonora y visual en el momento en que se está efectuando dicho restablecimiento.

Seguridad Operativa para el inicio de operaciones.

La Organización contará con procedimientos aplicables al inicio de operaciones de la Estación de Descompresión de gas natural comprimido de los componentes, los cuales contendrán como mínimo lo siguiente:

- Descripción de cada sistema para el cual está hecho, incluyendo la filosofía de control y condiciones de diseño.
- Secuencia lógica detallada de dicho proceso para garantizar que los componentes operen satisfactoriamente.
- Secuencia lógica para vaciar y sacar de servicio, llenar y poner nuevamente en servicio componentes y sistemas.
- Descripción del purgado e inertizado de sistemas y tuberías para la operación inicial que contengan fluidos peligrosos.
- Listado de soluciones a problemas típicos de la operación.
- Descripción de las obligaciones de la persona asignada a la operación de cada sistema o instalación.

El centro de trabajo considerará que durante el inicio de operaciones se pueden presentar desviaciones en los parámetros previstos en los procedimientos escritos, por lo que será necesario hacer ajustes y cambios en dichos procedimientos. Por ello realizará las siguientes actividades:

- Designará un grupo responsable de aprobar los ajustes y cambios en los procedimientos que sean necesarios.
- Cualquier ajuste o cambio de cualquier parámetro, se ajustará para operar dentro de los límites seguros de operación, y debe ser analizado y aprobado por este grupo responsable.
- Los cambios aprobados se incorporarán en la documentación definitiva como quedó construida la Estación.

Pruebas de desempeño de inicio de operaciones.

Para las pruebas de desempeño para evaluar el cumplimiento de las especificaciones de diseño, se contará con procedimientos donde se establezcan los parámetros y aspectos operativos siguientes:

- El flujo nominal de recepción de gas natural.
- El flujo nominal de entrega de gas natural comprimido.
- La operación a capacidad nominal del Sistema de Acondicionamiento de gas natural comprimido.
- La operación del sistema de Paro de Emergencia.
- La operación del sistema de alarmas.
- El consumo de energía eléctrica.

Seguridad en las tuberías de alta presión.

Las tuberías de gas natural comprimido cumplirán con los requisitos siguientes:

- Antes de los puntos de conexión con mangueras, se instalará una válvula de retención, una válvula de exceso de flujo y una válvula de cierre de activación remota para evitar que el gas natural escape en caso de que se rompa la manguera.
- Las válvulas de exceso de flujo se cerrarán automáticamente al circular el flujo de corte. Las válvulas y accesorios instalados antes de una válvula de exceso de flujo tendrán una capacidad de flujo mayor que el flujo de corte.
- Todas las uniones por soldadura en tuberías de acero al carbono y de acero inoxidable serán radiografiadas al 100% de su longitud por un laboratorio acreditado.

- Se podrá usar bridas en líneas de alta presión cuando sea compatible con la presión de operación de la tubería.

III.3 Medidas preventivas

Manual de Operación

El Manual de Operación estará disponible en un lugar de acceso inmediato, donde pueda ser consultado por el personal que lo requiera, describirá los Componentes de acuerdo con los Procedimientos establecidos en el manual. Se actualizará cuando se presenten cambios en los equipos o procesos de la Estación e incorporará un programa de capacitación al personal operativo con objeto de desarrollar conocimientos y experiencia en la aplicación de procedimientos e instrucciones de forma tal que las instalaciones se operen de manera segura y apegada a la regulación vigente. El contenido del Manual de Operación será de al menos los documentos siguientes:

- La documentación actualizada para la operación del sistema (diagramas de tubería e instrumentación, condiciones operativas, planos constructivos, diagramas unifilares, planos de clasificación de áreas eléctricas, manuales del fabricante, entre otros).
- Los Procedimientos de operación para los sistemas y componentes.
- El Plan de Respuesta a Emergencias.
- El Programa de capacitación del personal.

Procedimientos de operación.

El Manual de Operación tendrá procedimientos para el inicio de operaciones, procedimientos de operación normal, paro y vuelta a servicio normal de las

instalaciones, así como aquéllos específicos para operaciones de transferencia de gas natural comprimido y procedimientos especiales.

Los procedimientos para la operación normal incluirán los aspectos siguientes:

- Descripción de los componentes y sistemas del procedimiento, filosofía de operación y control, limitaciones, propósito y condiciones de operación normal;
- Ajuste de los sistemas de control para asegurarse que la operación se realice dentro de los límites de diseño, incluyendo un listado de alarmas de alta y baja donde corresponda.
- Monitoreo y control de temperatura, presión y flujo de entrega de gas natural comprimido para mantenerlos dentro de los límites de operación previstos.
- Identificación de condiciones de operación anormales y procedimientos para corregirlas y volver a la operación normal.
- Descripción para parar y volver a poner en servicio los componentes de la Estación.
- Calificación del personal.
- Descripción de las obligaciones de la persona asignada a la operación de cada sistema o instalación.
- Especificaciones de los ajustes de los dispositivos de relevo de presión o vacío, o la presión de operación máxima o mínima de cada componente.
- Descripción de los sistemas de seguridad de la Estación.
- Descripción de los parámetros que se deben verificar previo al suministro de gas natural comprimido al vehículo.

Los parámetros se verificarán previo a la operación de suministro de gas natural comprimido del vehículo, para garantizar que la actividad se lleve a cabo en condiciones seguras siguientes:

- La Identificación del vehículo.

- Revisión del cumplimiento de las condiciones de seguridad para la operación inicial y las revisiones anuales del equipo completo de conversión del vehículo, establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-SECRE-2000, Gas natural comprimido para uso automotor. Requisitos mínimos de seguridad en instalaciones vehiculares.
- Revisión en su caso, el cumplimiento de las revisiones quinquenales del cilindro de almacenamiento de gas natural comprimido, cuya verificación se podrá realizar a través del sistema de información para el suministro de gas natural comprimido o del dictamen de cumplimiento de la norma citada.
- En caso de no cumplir con las condiciones indicadas que permiten una carga segura, no se realizará la actividad de suministro de gas natural comprimido.

Los procedimientos para el monitoreo de la operación de cada sistema y la integridad mecánica de las estructuras en las cuales existe peligro para las personas, considerarán los siguientes aspectos:

- Actividades de monitoreo permanente de las variables de operación mediante un sistema de control y actividades de inspección a los procesos y equipos por personal competente.

Operación Anormal. Se contará con un plan de atención de condiciones anormales que describa los procedimientos que se deben aplicar para corregir, en el menor tiempo posible, las condiciones anormales de operación para evitar una fuga de gas natural comprimido en alguna parte del centro de trabajo, que pudiese causar daños a las personas e instalaciones propias o de terceros en la vecindad.

Procedimientos o secuencia de apagado de emergencia de la estación (ESD Emergency shut down)

El objetivo del control de emergencia es asegurar la seguridad en la estación:

- Desconectando la tensión eléctrica a todas las partes de la estación que no son necesarias y /o peligrosas y dejando la alimentación a los circuitos que se utilizan para gestionar la emergencia;
- Impidiendo posibles fugas de gas actuando sobre las válvulas de interceptación o cierre.

Sensor para presencia de fugas de gas

Dentro de la cabina de la estación de medición y reducción de presión, se instalará un sensor de gas, el cual, en caso de presencia de gas, se activa y envía una señal que es procesada por el controlador del PLC del SKID o patín de la estación:

- Al 10% del umbral de LEL (límite inferior de explosividad: concentración de gas en el aire por debajo del cual la atmósfera no es explosiva), el PLC a través de la tarjeta de módem envía una alarma remota a través de SMS con la red GSM al operador responsable de la estación y emite una señal acústica de pre-alarma en la estación.
- Al 20% del umbral de la LIE, LIE (Límite inferior de explosión), el PLC envía una señal al módulo de emergencia instalado en la gestión local, que implementa la secuencia de apagado de emergencia "ESD (Emergency Shut Down)".

Pulsantes de emergencia

La estación está equipada con cuatro (4) pulsantes de emergencia tipo hongo de color rojo:

- a. (ESD1 - ESD2 n°2 pulsantes, n°1 para cada uno de los paneles de operación (DP1 e DP2).
- b. (ESD3) n°1 pulsante en el gabinete del skid para medición y reducción.

c. (ESD4) n° 1 pulsante en el comando de gestión.

Al pulsar cualquiera de los botones de emergencia se activa la mencionada secuencia de apagado de emergencia "ESD (Emergency Shut Down)".

Activadores manuales de Paro de Emergencia

Se instalarán activadores de accionamiento manual local y remoto para paro de emergencia que paren los compresores, cierren las válvulas de los recipientes de almacenamiento, corten la energía eléctrica a los equipos y componentes donde pueda haber gas natural, excepto al sistema de detección de mezclas explosivas, sistema de iluminación y sistema contra incendio. El restablecimiento de la operación normal del sistema debe ser realizado por personal calificado. Se debe avisar a través de una alarma sonora y visual en el momento en que se está efectuando dicho restablecimiento.

Plan de Atención de fugas de gas natural

El Plan de Atención de fugas de gas natural en los sistemas de baja y alta presión gas natural comprimido. Se definirán acciones para detener la emisión y dispersar la nube de gas natural en el menor tiempo posible para minimizar la exposición del personal, las instalaciones y la comunidad.

Para controlar las fugas se considerará, entre otras, las acciones siguientes:

- Activar el Paro de Emergencia en caso de ser necesario.
- Cierre de las válvulas requeridas para aislar la fuga.
- Activar el sistema contra incendio si se presentara fuego.

Puesta en servicio

Para poner en operación la Estación de Descompresión, se deben subsanar las observaciones y hallazgos de la revisión de seguridad de pre-arranque.

Para la transferencia de gas natural comprimido se contará con los procedimientos necesarios para prevenir posibles riesgos, en caso de ocurrencia, para proteger al personal y las instalaciones. Entre los posibles riesgos se deben considerar los siguientes:

- Presión excesiva en los recipientes que se están descargando.
- Fugas en las mangueras de transferencia de gas natural comprimido. Se contará con dispositivos de cierre y válvulas de aislamiento adecuados para controlar oportunamente las condiciones anormales en los sistemas de transferencia.
- Contar con dispositivos de cierre y válvulas de corte adecuados para controlar oportunamente las condiciones anormales en los sistemas de transferencia.

Manual de seguridad.

La Estación de Descompresión contará con un manual de seguridad que contenga al menos la siguiente información:

- Las especificaciones de seguridad de los materiales y equipos.
- Las medidas de prevención de incidentes y accidentes.
- El Plan de respuesta a emergencias.
- El Programa anual de capacitación y entrenamiento a todo el personal de la Estación de Descompresión, adicionalmente, simulacros de siniestros que pudieran presentarse.

- El plan de capacitación y entrenamiento donde se establece el nivel de competencia individual para todo el personal de la Estación de Descompresión y sus registros.

Capacitación y realización de simulacros.

El responsable de la operación de la Estación de Descompresión de gas natural comprimido establecerá un programa de capacitación al personal. La capacitación debe atender como mínimo lo siguiente:

- El desarrollo de conocimientos sobre la operación y mantenimiento correctos.
- La atención de situaciones de riesgo y emergencia que pudieran presentarse.
- La implementación de simulacros que tengan como objetivo probar los conocimientos obtenidos en la capacitación y desarrollar las habilidades necesarias para tomar decisiones y atender adecuadamente situaciones de emergencia.

Programa de Mantenimiento

La Estación de Descompresión de gas natural mantendrá las condiciones seguras de operación de los sistemas de tuberías, equipos de descompresión, controles y dispositivos de detección, de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes.

La Estación de Descompresión de gas natural tendrá un Manual de Mantenimiento, escrito en español, sobre el mantenimiento de equipos e instalaciones para dar cumplimiento a las instrucciones de los fabricantes y a las disposiciones legales aplicables. Este manual debe contener al menos lo siguiente:

- Los planes, procedimientos e instructivos de trabajos de mantenimiento y detección de fugas de gas.

- El Programa anual de mantenimiento.
- El Programa anual de capacitación y entrenamiento del personal de mantenimiento.
- Registros, plan de capacitación y entrenamiento, así como establecer el nivel de competencia individual del personal de mantenimiento.

La Estación de Descompresión de gas natural elaborará un registro de la totalidad de los trabajos de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo en cada cambio de turno del personal de mantenimiento en un documento denominado bitácora de mantenimiento, que contendrá fecha, personal que realizó el trabajo correspondiente y comentarios que aclaren o proporcionen información adicional. La bitácora deberá ser conservada durante toda la vida útil del proyecto y puede ser elaborada en medios electrónicos. Se conservará los registros de mantenimiento durante la vida útil del Centro de Trabajo.

Programa Anual de Mantenimiento

El Programa Anual de Mantenimiento tiene como objetivo controlar y mantener el equipo que conforma la estación de descompresión en apropiadas condiciones de uso y funcionamiento a través del mantenimiento preventivo y correctivo de cada elemento.

El mantenimiento preventivo consiste en la sustitución de las piezas no metálicas normalmente sujetas a desgaste y/o abrasión, el envejecimiento, o que requieren lubricación y/o limpieza. El mantenimiento preventivo incluye todas de las siguientes actividades:

- Puesta fuera de servicio.
- Desmontaje total o parcial.
- La inspección visual de las partes internas.

- Sustitución de usados o envejecidos.
- De lubricación y/o de limpieza en caso necesario.
- Montaje.
- Pruebas y verificación.
- Volver a poner en servicio y verificación.

Metodología con frecuencia predefinida.

Esta metodología consiste en la realización de actividades de mantenimiento preventivo a intervalos fijos, los intervalos de mantenimiento dependen de las condiciones de funcionamiento y entorno.

Metodología con frecuencia variable.

El principal objetivo de esta metodología es garantizar las condiciones en el tiempo y la funcionalidad del sistema favoreciendo el mantenimiento preventivo o predictivo en condiciones en el lugar de las operaciones invasivas de desmontaje de los equipos.

Esta metodología consiste en adoptar un plan para las tareas específicas de mantenimiento preventivo que controla los privilegios funcionales y operacionales de alivio/control del rendimiento significativo con la identificación de los umbrales correspondientes a la aceptabilidad, la intervención de desmontaje de los equipos, por lo tanto, sea para superar los umbrales proporcionan rendimiento significativo identificado para cada sección de equipo/estación.

La política y los criterios de este enfoque de mantenimiento preventivo deben estar contenidos en un plan adecuado. Para cada equipo involucrado en este tipo de enfoque de mantenimiento preventivo deben ser identificados los siguientes elementos:

- El rendimiento significativo.
- El método de verificación de estos rendimientos, si no está incluido en las inspecciones y auditorías funcionales. Las inspecciones que se llevarán a cabo pueden ser tanto las inspecciones que no requieren ninguna acción del equipo involucrado, pero sólo las inspecciones visuales y lecturas de los parámetros más

importantes también a través de control remoto y las inspecciones que le obliguen a realizar comprobaciones funcionales en el sitio.

- Los umbrales de atención y/o de alarma para cada uno de los resultados considerables relacionado con cantidades mensurables.
- Acciones que deben emprenderse para garantizar que los equipos puedan continuar siendo operativos en materia de seguridad, aunque en caso de que las señales de alarma o advertencia hayan superado los umbrales.
- El umbral de atención consiste en la planificación de una intervención de mantenimiento en un plazo razonable.
- El umbral de alarma consiste en un servicio de intervención temprana de mantenimiento correctivo.

El análisis de anomalías encontradas, dependiendo del equipo y la criticidad del proceso en el que se registran y la gravedad de la misma, pueden requerir cambiar la frecuencia de la inspección.

El Mantenimiento preventivo de frecuencia variable puede imponerse cuando existan los siguientes requisitos:

- Disponer de un sistema de presentación de informes detallados sobre los resultados de las intervenciones de mantenimiento, que permite extraer, analizar y manejar la información.
- El equipo debe ser colocado en un contexto de instalación que permita el mantenimiento de la continuidad del ejercicio, incluso frente a un mal funcionamiento (por ejemplo, equipos en backup)

Las estaciones deben estar equipadas con un seguimiento por control remoto de parámetros significativos en relación con el funcionamiento y la seguridad, tales como, por ejemplo, la presión corriente abajo, la intervención del dispositivo de seguridad.

Programa de revisión semanal

- Verificación de satélites
- Válvulas actuadoras del satélite
- Verificar el set point
- Verificar los reguladores campana
- Válvula de seguridad
- Verificación de manómetros
- Verificación de válvulas de actuadoras dentro del sistema
- Equipos de calentamiento
- Filtro de salida
- Verificación e inspección de fugas
- Verificación e inspección de extintores
- Verificación de señalamientos
- Verificación y limpieza de trincheras
- Verificación de pintura a instalaciones

IV. RESUMEN

IV.1 Señalar las conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental

La empresa ha elaborado el Estudio de Riesgo Ambiental Modalidad Análisis de Riesgo para el Proyecto Descompresión de gas natural para la fabricación de carpeta asfáltica utilizada para la construcción de la Pista 2 del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México con los lineamientos vigentes Federales y Estatales en Materia de Actividades consideradas como Altamente Riesgosas y cumplir con el Artículo 147 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y de acuerdo a los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Ecológico de la región de estudio.

El área del proyecto no se encuentra en Áreas Protegidas, Reservas de la Biosfera, ni Parques Nacionales ubicados cerca del sitio.

La evaluación de las actividades consideradas como riesgosas se realiza con base en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), Capítulo V, del Título IV, Artículo 147. Asimismo, tomando como fundamento los listados 1 y 2 de las Secretaría de Gobernación, que determina las cantidades de reporte, para clasificar a las empresas que realizan actividades altamente riesgosas. El Centro de Trabajo estará considerada como de alto riesgo debido a que la cantidad que manejará de gas natural será mayor a la cantidad de reporte.

Para la identificación de riesgos, se empleó la técnica conocida como What If..? (Que pasa si ...?), esta es una metodología cualitativa para la identificación de riesgos concebida en la industria química y que ha sido utilizada, debido a la simplicidad, fácil aplicación y grandes aportaciones en los resultados.

Los criterios utilizados para definir las zonas de seguridad en la evaluación de consecuencias fueron los siguientes:

Tabla 26 Criterios de zona de riesgo y seguridad.

	TOXICIDAD (Concentración)	INFLAMABILIDAD (Radiación térmica)	EXPLOSIVIDAD (Sobrepresión)
Zona de Riesgo	IDLH	5 KW/m ²	1.0 psig
Zona de Seguridad	TLV ₈ o TLV ₁₅	1.4 KW/m ²	0.5 psig

Análisis de frecuencias

Respecto al análisis de frecuencia, en la tabla 27 se presenta la probabilidad de ocurrencia de los casos analizados anteriormente donde los datos fueron tomados de bases de datos internacionales (Lees y Atallah).

Tabla 27 Resultado del análisis de frecuencias.

Evento	Probabilidad	Referencia	Conclusión
Caso 1 Fuga por ruptura de manguera de 1" (25.4 mm) durante la descarga del remolque. Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 1.8).	1.8x10 ⁻⁸ /h	Lees	Poco Probable.
Caso 2 Falla en bridas, empaques, soldaduras y/ elementos roscados en válvula reguladora o línea de alimentación de 1" (25.4) en cualquier parte de la Estación de Descompresión de Gas Natural. Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 2.16).	1.8 x 10 ⁻⁹ /ft-año	Lees	Poco probable.
Caso 3 Fuga en regulador de presión de gas natural de 2" (50.8 mm). Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 3.6).	3.0 x 10 ⁻⁶ / hr	Lees	Poco Probable.
Caso 4 Fuga por falla de piloto del quemador por un orificio equivalente de 6.35 mm (1/4") de gas natural. Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 4.2).	1.8x10 ⁻⁸ /h	Lees	Poco probable.

Todos los casos tienen valores mayores de 1 x 10⁻⁶, por lo que se consideran poco probables de ocurrir.

IV.2 Hacer un resumen de la situación general que presentan el proyecto en materia de Riesgo Ambiental.

La evaluación de las actividades consideradas como riesgosas se realiza con base en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), Capítulo V, del Título IV, Artículo 147. Asimismo, tomando como fundamento los listados 1 y 2 de las Secretaría de Gobernación, que determina las cantidades de reporte, para clasificar a las empresas que realizan actividades altamente riesgosas. El Centro de Trabajo está considerado como de alto riesgo debido a que la cantidad que manejará gas natural (consecuencia de incendio y explosión).

El diseño y filosofía de construcción y operación del Centro de Trabajo es consistentemente seguro y contempla el cumplimiento de las normas y estándares de ingeniería y de operación, necesarios para la prevención y protección de la salud de los trabajadores, medio ambiente y a la comunidad circundante (en caso de que la hubiera) de manera permanente, para lo cual se implementará un Sistema de Administración de Seguridad de los Procesos y Programa de Protección Ambiental.

De acuerdo, al punto I.4.2 de la guía para elaborar Análisis de Riesgos publicado por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales indica que para el caso de sustancias peligrosas que se manejan se deberá considerar la ruptura total de la tubería o recipiente (Caso 1 caso catastrófico).

Resumen de riesgos.

Caso 1 Fuga de gas natural en válvula de descarga de 1" (25.4 mm) del remolque (TITAN). Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 1.6 Caso catastrófico).

Los límites de inflamabilidad tendrían alcances de 33.0 metros para la zona de riesgo y 60.0 metros para la zona de seguridad (amortiguamiento). Los límites de explosividad tendrían alcances de 86.0 para la zona de riesgo y 115.0 metros para la zona de seguridad (amortiguamiento).

Este evento es considerado como catastrófico, sin embargo, este evento es poco probable debido a que el Centro de Trabajo aplicará programas de operación, mantenimiento, seguridad e inspección que incluyan las condiciones de integridad mecánica y de operación, como las pruebas de hermeticidad, certificados y pruebas de las mangueras, además aplicará un procedimiento para el manejo de gas natural, se dará capacitación al personal, se inspeccionarán y calibrarán periódicamente las válvulas de corte e instrumentación, supervisarán que se revisen las mangueras, así como todas las medidas de seguridad y atención de emergencias que se implemente en las instalaciones, como el programa para la prevención de accidentes y el plan de respuesta a emergencias.

Caso 2 Fuga de gas natural por ruptura de manguera de 1" (25.4 mm) durante la descarga del remolque. Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 1.8).

Los límites de inflamabilidad tendrían alcances de 27.0 metros para la zona de riesgo y 50.0 metros para la zona de seguridad (amortiguamiento). Los límites de explosividad tendrían alcances de 65.0 metros para la zona de riesgo y 73.0 metros para la zona de seguridad (amortiguamiento).

Este evento es poco probable, sin embargo el Centro de Trabajo aplicará programas de operación, mantenimiento, seguridad e inspección que incluyan las condiciones de integridad mecánica y de operación, como las pruebas de hermeticidad, además aplicará un procedimiento para el manejo de gas natural, se dará capacitación al personal, se inspeccionarán y calibrarán periódicamente las válvulas de corte e instrumentación, equipo de la estación de descompresión, así como todas las medidas de seguridad y atención de emergencias que se implemente en las instalaciones, como el programa para la prevención de accidentes y el plan de respuesta a emergencias. Dichas medidas reducirán el posible efecto domino que se pudiera presentar.

Caso 3 Fuga de gas natural debido a falla en bridas, empaques, soldaduras y/ elementos roscados en válvula reguladora o línea de alimentación de 1" (25.4) en cualquier parte de la Estación de Descompresión de Gas Natural. Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 2.16).

Este evento es poco probable, sin embargo el Centro de Trabajo aplicará programas de operación, mantenimiento, seguridad e inspección que incluyan las condiciones de integridad mecánica y de operación, como las pruebas de hermeticidad, además aplicará un procedimiento para el manejo de gas natural, se dará capacitación al personal, se inspeccionarán y calibrarán periódicamente las válvulas de corte e instrumentación, equipo de la estación de descompresión, así como todas las medidas de seguridad y atención de emergencias que se implemente en las instalaciones, como el programa para la prevención de accidentes y el plan de respuesta a emergencias. Dichas medidas reducirán el posible efecto domino que se pudiera presentar.

Caso 4 Fuga de gas natural en regulador de presión de 2" (50.8 mm). Incendio y explosión puede presentarse en caso de presentarse una fuente de ignición en el sitio de la fuga (Nodo 3.6).

Este evento es poco probable, sin embargo el Centro de Trabajo aplicará programas de operación, mantenimiento, seguridad e inspección que incluyan las condiciones de integridad mecánica y de operación, como las pruebas de hermeticidad, además aplicará un procedimiento para el manejo de gas natural, se dará capacitación al personal, se inspeccionarán y calibrarán periódicamente las válvulas de corte e instrumentación, equipo de la estación de descompresión, así como todas las medidas de seguridad y atención de emergencias que se implemente en las instalaciones, como el programa para la prevención de accidentes y el plan de respuesta a emergencias. Dichas medidas reducirán el posible efecto domino que se pudiera presentar.

Conclusiones

Del desarrollo del presente trabajo se observa que la Estación de Descompresión de Gas Natural de la Planta Asfaltadora implementará sistemas, procesos, equipos, técnicas, procedimientos con el fin de manejar el asfalto, diésel y gas natural utilizando estándares nacionales e internacionales que implican rigurosas medidas de calidad, operación, mantenimiento, seguridad, control, atención de emergencias, además de programas de mantenimiento, operación, inspección, seguridad, higiene, simulacros, capacitación, con lo cual las instalaciones operaran eficientemente y minimizando el impacto al ambiente, manteniendo el riesgo al ambiente en un estado controlado y minimizando los posibles efectos debido a eventos no deseados.

Los eventos simulados con las medidas de seguridad que se implementarán en el Centro de Trabajo harán que los posibles eventos no deseados (casos probables y

poco probables) y el efecto domino que se pudiesen presentar no sobrepasen los límites de la instalación, evitando una afectación a la población y al ambiente.

Por lo anterior se concluye que el Centro de Trabajo será una instalación con un riesgo ambiental mínimo y aceptable para realizar sus actividades satisfactoriamente.

IV.3 Presentar el informe técnico debidamente llenado

En el Anexo V.2.5 se presenta el Informe Técnico del Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgo.

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

V.1 Formatos de presentación

V.1.1 Planos de localización

- Lay Out de la Estación de Descompresión de Gas Natural
- Lay Out de la Planta Asfaltadora.

V.1.2 Fotografías



Fotografía 1 Vista de los terrenos donde se instalara la Planta Asfaltadora para la construcción de las pistas.



Fotografía 2 Vista de los terrenos donde se instalara la Planta Asfaltadora para la construcción de las pistas.



Fotografía 3 Vista de los terrenos donde se instalara la Planta Asfaltadora para la construcción de las pistas.



Fotografía 4 Vista de los terrenos donde se instalara la Planta Asfaltadora para la construcción de las pistas.



Fotografía 5 Vista de los terrenos donde se instalara la Planta Asfaltadora para la construcción de las pistas.



Fotografía 6 La separación de los residuos en los campamentos de las obras de acondicionamiento de los terrenos donde se instalara la Planta Asfaltadora para la construcción de las pistas.



Fotografía 7 En las oficinas del campamento de las obras se cuenta con extintores.

V.1.3 Videos

Por cuestiones de confidencialidad no se presenta videocasete con grabación del sitio.

V.2 Otros Anexos

Presentar las memorias y documentación que se utilizó para la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental.

a) Documentos legales. Copia de autorizaciones, concesiones, escrituras, etc.

Escritura Pública de la empresa COCONAL, S.A.P.I. de C.V. (Sociedad Anónima Promotora de Inversión de Capital Variable).

Registro Federal de Causantes de la empresa: COCONAL, S.A.P.I. de C.V.

b) Cartografía consultada (INEGI; Secretaría de Marina, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación etc.).

b.1 Clima.

b.2 Topoformas.

b.3 Geología.

b.4 Edafología.

b.5 Hidrología.

b.6. Cuenca hidrológica.

b.7. Lacustre.

b.8 Cartografía.

c) Autorizaciones y permisos

El proyecto “Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, S. A. de C. V.” cuenta con la autorización de impacto ambiental median el resolutivo número SGPA/DGIRA/DG/09965 con fecha 28 de noviembre de 2014 emitido por la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

d) Memorias descriptivas de la metodología utilizada.

- WHAT IF...? de la Estación de Descompresión de gas natural comprimido.
- Diagrama de tubería e instrumentación.
- Hoja de Seguridad Gas natural, asfalto y diésel.
- Rejerquización del WHAT IF...?

e) Memoria técnica de las modelaciones.

- Hoja de datos para modelación.
- Informe Técnico del Estudio de Riesgo
- Resultados de modelación de gas natural.
- Planos de Radios de Afectación.