



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"ZARAGOZA"**

**ANÁLISIS DE RIESGO DE UNA ESTACIÓN  
DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL**

**TESIS QUE**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO QUÍMICO**

**P R E S E N T A N**

**ÁLVAREZ MARISCAL CONCEPCIÓN**

**RAMIREZ TORRES MARTÍN**



**ASESOR: M. en I. PABLO EDUARDO VALERO TEJEDA**

**MEXICO D.F.**

**2009**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

**ANÁLISIS DE RIESGO DE UNA ESTACIÓN  
DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL**

---



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
\*ZARAGOZA\*  
JEFATURA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA  
QUÍMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/037/08

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: **ÁLVAREZ MARISCAL CONCEPCIÓN**  
**PRESENTE**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>PRESIDENTE</b>	<b>M. en C. María José Marques Dos Santos</b>
<b>VOCAL</b>	<b>M. en I. Pablo Eduardo Valero Tejeda</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Dr. Néstor Noé López Castilla</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>L. Q. Everardo Antonio Feria Hernández</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>L. Q. Marina Caballero Díaz</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**

México D. F., a 13 de Octubre de 2008

**JEFA DE LA CARRERA**

**I. B. Q. HILDA OLVERA DEL VALLE**





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
\*ZARAGOZA\*  
JEFATURA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA  
QUÍMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/038/08

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: RAMÍREZ TORRES MARTÍN  
P R E S E N T E

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>PRESIDENTE</b>	<b>M. en C. María José Marques Dos Santos</b>
<b>VOCAL</b>	<b>M. en I. Pablo Eduardo Valero Tejeda</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Dr. Néstor Noé López Castillo</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>I. Q. Everardo Antonio Feria Hernández</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>I. Q. Marina Caballero Díaz</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

México D. F., a 13 de Octubre de 2008

JEFA DE LA CARRERA


I. B. Q. HILDA OLVERA DEL VALLE

---

# AGRADECIMIENTOS

A LA **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO "F.E.S. ZARAGOZA"**, QUE ME OFRECIO LA OPORTUNIDAD DE DESARROLLAR MIS ESTUDIOS Y FORMARME COMO PROFESIONAL Y SER HUMANO.

**A MIS PADRES:**

POR SU APOYO, AMOR INCONDICIONAL Y CONFIANZA EN LA DETERMINACION PARA CONTINUAR ADELANTE EN EL CAMINO ARDUO DE TRABAJO Y VIDA, QUE ES LA LUZ DE MI CAMINO A SEGUIR.

**A MIS PROFESORES:**

POR QUE ME OFRECIERON SU EXPERIENCIA Y CONOCIMIENTOS DURANTE LOS AÑOS DE FORMACION INTELCTUAL Y SER HUMANO, ENSEÑÁNDOME A PENSAR CON CONCIENCIA SOCIAL.

**AL M. en I PABLO EDUARDO VALERO TEJEDA:**

POR SU CONFIANZA Y REITERADO APOYO EN LA ELABORACION DEL PRESENTE TRABAJO Y POR SU GRAN GUIA PARA SER UN EXCELENTE PROFESIONISTA.

**A MI COMPAÑERA:**

POR SU APOYO INCONDICIONAL PARA LA REALIZACION DEL PRESENTE TRABAJO Y SU CONFIANZA QUE ME HACE ADMIRARLA CADA DIA MÁS.

**A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:**

POR SU GRAN APOYO, AMISTAD Y POR LA OPORTUNIDAD DE CONOCERLOS COMPARTIENDO GRANDES MOMENTOS Y EXPERIENCIAS.

---

---

## AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO POR HABERME BRINDADO LA OPORTUNIDAD DE PERTENECER A LA MÁXIMA CASA DE ESTUDIOS.

A LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA POR MI FORMACIÓN ACADÉMICA Y EL APOYO A MI DESARROLLO INTELECTUAL.

A MIS MAESTROS POR SUS CONOCIMIENTOS, PACIENCIA Y GUÍA DURANTE LOS AÑOS DE MI FORMACIÓN.

EN ESPECIAL AL M. EN I. PABLO EDUARDO VALERO TEJEDA POR SU EXCELENTE GUÍA Y CONFIANZA EN EL PROYECTO.

### DEDICATORIAS.

A MIS PADRES ISIDRO Y SOCORRO; POR DARME SU AMOR INCONDICIONAL Y EL RESPETO A MIS DECISIONES, GRACIAS POR DEJARME CRECER.

A MIS HERMANOS ELSA, ISIDRO, CARMEN, SOCORRO, LOURDES, CAROLINA E IGNACIO; QUIENES SIEMPRE ME APOYARON Y ME BRINDARON SU CONFIANZA. GRACIAS POR TODO.

A MIS SOBRINAS Y SOBRINOS; PORQUE SIN ELLOS MI VIDA NO SERIA TAN DIVERTIDA. GRACIAS POR TODAS LAS RISAS.

A MIS AMIGOS EN ESPECIAL A KARINA, ROCIO Y LILIANA, POR TODAS LAS EXPERIENCIAS QUE COMPARTIMOS. GRACIAS.

A LA MEMORIA DE MIS SERES QUERIDOS, SIEMPRE ME ACOMPAÑAN EN MI CORAZÓN.

---

**ÍNDICE**

**RESUMEN**

PÁGINAS

**INTRODUCCIÓN**

1

**CAPÍTULO I ESTUDIOS DE ANALISIS DE RIESGOS**

1.1	Generalidades	2
1.2	Evolución en Materia de Prevención de Accidentes	2
1.3	Análisis de Riesgos de Proceso (ARP)	3
1.4	Identificación de Riesgos de Procesos	5
1.4.1	Revisión de Dibujos	6
1.4.2	Auditorias de Seguridad	7
1.4.3	Lista de Verificación (Check List)	9
1.4.4	Análisis “¿Qué pasa sí ?” (What If?)	9
1.4.5	Análisis de Fiabilidad Humana.	11
1.4.6	Ranking Relativo de Riesgo	12
1.4.6.1	Índice Dow para Fuego y Explosión (F&EI)	12
1.4.6.2	Índice Mond	14
1.4.7	Análisis de Modos de Fallas y Efectos (FMEA)	17
1.4.8	Análisis de Árbol de Fallas (FTA)	22
1.4.9	Análisis de Árbol de Eventos (ETA)	24
1.4.10	Análisis Causa Consecuencia	25
1.4.11	Estudio de Peligros y Operabilidad en Procesos “HAZOP”	26
1.5	Evaluación de Riesgos de Procesos	35
1.5.1	Frecuencia de Ocurrencia	35
1.5.2	Análisis de Consecuencias	36
1.5.3	Modelación Matemática de los Eventos de Riesgo	38
1.6	Técnicas de Control de Riesgos	39
1.6.1	Reducción de la Probabilidad de Accidentes	39
1.6.2	Reducción de la Severidad del Accidente	40
1.6.3	Implementación de Acciones Recomendadas	40
1.7	Modelación Matemática de los Eventos Máximos de Riesgo	43
1.7.1	Modelado de Consecuencias	43
1.8	Disposiciones Gubernamentales	44

**CAPÍTULO II GENERALIDADES DEL GAS NATURAL**

2.1	Generalidades del Gas Natural	47
2.2	Usos del Gas Natural	48
2.2.1	Usos en el Hogar	48
2.2.2	Usos en el Comercio y la Industria	48
2.2.3	Usos como Combustible Vehicular	48
2.2.4	Ventajas en Cuanto a su Uso	49
2.3	Proceso General del Gas Natural	50
2.4	Aspectos Económicos del Gas Natural	51
2.4.1	El Gas Natural en México	51
2.5	Aspectos Ambientales del Gas Natural	52

---



**ÍNDICE (CONTINUACIÓN)**

**CAPÍTULO III INGENIERÍA BÁSICA DE LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL**

3.1	Ingeniería Básica de la Estación de Compresión de Gas Natural	53
3.2	Bases de Diseño	54
3.3	Descripción del Proceso	61
3.4	Índice de Servicios	67
3.5	Hojas de Datos de Seguridad	70
3.6	Lista de Equipos	77
3.7	Lista de Líneas	81
3.8	Diagramas de Ingeniería Básica de la Estación de Compresión de Gas Natural	90

**CAPÍTULO IV APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO A LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL**

4.1	Implementación del Estudio de Riesgo a la Estación de Compresión	106
4.2	Identificación de Riesgos	106
4.3	Jerarquización de Riesgos	110
4.4	Hipótesis de Accidentes	111
4.5	Frecuencia de Ocurrencia de las Hipótesis	112
4.6	Riesgos de Afectación Potencial al Entorno de la Planta	114

**CAPÍTULO V RESULTADOS DEL ESTUDIO DE RIESGO**

5.1	Resultados del Estudio de Riesgo	115
5.2	Resultados de los Modelos de Consecuencias	148
5.3	Definición y Justificación de Zonas de Protección en la Instalación	150
5.3.1	Especificación Sobre los Tipos de Protección	150
5.3.2	Especificación Sobre el Tratamiento de Residuos	150
5.4	Representación en Planta de las Consecuencias del Proyecto	153

**CONCLUSIONES**

Conclusiones	158
Recomendaciones para Corregir, Mitigar ó Eliminar el Riesgo	158
Análisis Cuantitativo	158
Estudio de HAZOP	158
Modelación de Consecuencias	160

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Referencias Bibliográficas	161
----------------------------	-----

**APÉNDICES**

“A” Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas	A-1
---	-----

---

“B” Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas	A-9
“C” Guía para el Estudio de Análisis de Riesgo	A-17
“D” Guía para los Programas de Prevención de Accidentes	A-37

## ÍNDICE DE FIGURAS, HOJAS, TABLAS Y DIAGRAMAS

### PÁGINAS

#### LISTA DE FIGURAS

Fig 1.1 Panorama General del Modelo de Análisis de Riesgos de Proceso (ARP)	4
Fig 1.2 Diagrama de Aplicación para la Técnica de Revisión de Dibujos	6
Fig 1.3 Diagrama de Aplicación para la Técnica de Auditorías de Seguridad	7
Fig 1.4 Diagrama de Aplicación para la Técnica “¿Qué pasa sí?” (What If?)	10
Fig 1.5 Diagrama de Aplicación para la Técnica del Índice DOW	14
Fig 1.6 Diagrama de Aplicación para la Técnica del Índice MOND	17
Fig 1.7 Diagrama de Aplicación para el Análisis de Modos de Fallas y Efectos	21
Fig 1.8 Elementos Básicos para la Construcción de Árbol de Fallas (FTA)	23
Fig 1.9 Proceso Iterativo del HAZOP	32
Fig 1.10 Procedimiento para Presentar los Estudios de Riesgos ante INE	46
Fig 2.1 Composición del Gas Natural	47
Fig 2.2 Proceso General de Gas Natural	50
Fig 4.1 Mecánica del Estudio “HAZOP”	106

#### LISTA DE HOJAS DE TRABAJO

HT-I.1 Comentarios Generales	8
HT-I.2 Área de Compresores	8
HT-I.3 Formato de Registro para el Análisis “¿Qué pasa sí?” (What If?)	11
HT-I.4 Formato Para la Elaboración del Índice DOW	15
HT-I.5 Formato Para la Elaboración del Índice MOND	18
HT-I.6 Formato Para la Elaboración del Análisis de Modos de Fallas y Efectos	20
HT-I.7 Formato de Análisis de Daños (HEAR, HAWS y LPR.)	42
HT-V.01-20 Hojas de Trabajo del “HAZOP”	115
HT-V.21-22 Hojas de Trabajo del Índice MOND	144

#### LISTA DE TABLAS.

Tab. 1.1 Listas de Control para el Análisis “¿Qué pasa sí?” (What If?)	11
Tab. 1.2 Índice DOW para Fuego y Explosión	13
Tab. 1.3 Índices MOND para Fuego, Explosión y Toxicidad	16
Tab. 1.4 Tipos de Análisis de Modos de Fallas y Efectos (FMEA)	20
Tab. 1.5 Programas Utilizados para Cálculos de Arbol de Fallas (FTA)	24
Tab. 1.6 Parámetros	29
Tab. 1.7 Palabras Guías	29
Tab. 1.8 Clasificación de los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI’s)	33
Tab. 1.9 Matriz de Riesgo ( Frecuencia de Ocurrencia y Severidad)	41
Tab. 2.1 Producción de Gas Natural en México	51
Tab. 4.1 Jerarquización de cada Hipótesis Identificada en la Estación de Compresión	112
Tab. 4.2 Matriz de Frecuencia de Ocurrencia	113

---

Tab. 4.3 Escenarios de Accidentes Posibles de Presentarse	114
Tab. 5.1 Resultados del Análisis de Índice MOND	148
Tab. 5.2 Estado Final de la Descarga	148
Tab. 5.3 Dispersión de Gas. (Distancia – Concentración)	149
Tab. 5.4 Distancias Máximas para Distintos Niveles de Radiación	149
Tab. 5.5 Modelación de Explosión (Modelo: Baker Strehlow Explosión)	149

**ÍNDICE DE FIGURAS, HOJAS, TABLAS Y DIAGRAMAS (CONTINUACIÓN)**

**LISTA DE DIAGRAMAS**

Diagrama de Notas Generales	91
Diagrama del Sistema de Recepción de Gas Natural	92
Diagrama del Sistema de Compresión GB-01	93
Diagrama del Sistema de Compresión GB-02 y GB-03	94
Diagrama del Sistema de Compresión GB-04	95
Diagrama del Sistema de Recepción de Gas L.P.	96
Diagrama del Sistema de Aire de Planta e Instrumentos	97
Diagrama del Sistema de Gas Combustible	98
Diagrama del Sistema de Agua de Servicios	99
Diagrama del Sistema de Drenajes	100
Diagrama del Sistema de Agua Contra incendio	101
Diagrama del Sistema de Red de Agua Contra incendio	102
Diagrama del Sistema de Desfogue	103
Diagrama de Localización General de la Estación de Compresión de Gas Natural	104
Diagrama de Localización General de Equipo de la Estación de Compresión de G.N.	105
Diagrama de Pétalos Radiación Estación de Compresión de Gas Natural	154
Diagrama de Pétalos Explosión Estación de Compresión de Gas Natural	155
Diagrama de Pétalos Radiación Sección de Compresión de Gas Natural	156
Diagrama de Pétalos Explosión Sección de Compresión de Gas Natural	157

---

## RESUMEN

El presente trabajo describe los resultados y conclusiones de la implementación de las metodologías de “Estudio de Peligros y Operabilidad en Procesos HAZOP” y de “Índice MOND”, aplicados a una estación de compresión de gas natural, enfocándose en particular a la identificación, evaluación y aplicación de medidas de control, para los riesgos detectados en dichas instalaciones de proceso.

Para la aplicación de la metodología HAZOP se tomaron como base los documentos de ingeniería de la estación de compresión (DTI's, DFP, Descripción de proceso, Plano de localización general del equipo, etc.) realizando el estudio por secciones.

Se identificaron y jerarquizaron los riesgos de la estación de compresión, se establecieron las hipótesis de accidentes, la frecuencia probable de ocurrencia y su posible afectación al entorno de la estación.

De los resultados obtenidos de los estudios realizados se encontró que la sección con mayor riesgo global es la Trampa de Diablos de gas L.P., sin embargo, la sección más crítica es la de los Módulos de Compresión de Gas Natural. Por tal motivo se dan recomendaciones de tipo general y preventivo; instalación de alarmas e indicadores así como el desarrollo de programas de mantenimiento a los equipos y actualización y comunicación entre el personal de la instalación.

Las conclusiones del trabajo, se describen en tres puntos (Análisis Cuantitativo, Estudio HAZOP y Modelado de Consecuencias) de los cuales se emiten las recomendaciones pertinentes para su implantación en la eliminación de riesgos.

---

# INTRODUCCIÓN

---

## INTRODUCCIÓN

La humanidad tiene arraigada una actitud correctiva más que una actitud preventiva, lo cual se manifiesta claramente en las actividades humanas, tanto de carácter industrial como comercial y de servicios, donde ha sido necesaria la ocurrencia de accidentes de grandes magnitudes para poder adoptar medidas de seguridad en las empresas que realizan actividades consideradas como altamente riesgosas para la población, el equilibrio ecológico ó el ambiente y sus instalaciones.

En la actualidad los índices de accidentabilidad reportados por el IMSS en la industria de procesos en México indican que existe un gran problema en cuanto a la seguridad en la misma debido probablemente a la falta de interés en ésta por parte de los industriales.

Particularmente en la industria de la transformación del petróleo se ha observado que en los últimos años ha habido un incremento en los accidentes presentados en sus instalaciones, algunos con solo perdidas materiales como el ocurrido en un oleoducto en Veracruz en el 2005, pero algunos verdaderamente catastróficos como el ocurrido en el 2007, cuando la plataforma Usumacinta chocó contra el pozo Kab-101, lo que provocó una fuga de hidrocarburos, varios incendios y 22 muertes.

Aunado a esto, la implementación de sistemas de administración de la seguridad en los diversos tipos de industria han obligado a las empresas a la realización de estudios de riesgo para determinar estos niveles en las instalaciones de proceso y poder así proponer medidas preventivas para minimizarlos.

Específicamente, en las instalaciones de compresión se manejan sustancias peligrosas e inflamables como lo son el gas natural, el gas L.P. y el diesel en procesos complejos e igualmente riesgosos, por tal motivo su manejo debe ser especial.

Dado lo anterior en el presente trabajo se plantea el objetivo principal de realizar un estudio de riesgo a la estación de compresión de gas natural "Valtierrilla" utilizando las metodologías Hazop y Mond para determinar los riesgos potenciales en esta instalación de proceso por operabilidad y de incendio y de este modo hacer recomendaciones que ayuden a disminuirlos.

# CAPÍTULO I

## METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS

*“Se debe reconocer la necesidad de realizar un esfuerzo continuo para alcanzar y mantener altos estándares de seguridad en las operaciones.”*

---

## 1.1 GENERALIDADES

Debido a que en la actualidad los estudios de análisis de riesgo son un requisito importante para la aprobación de las operaciones de diversas actividades industriales para los sectores públicos, sociales y privados, es necesario identificar las características principales que presentan estos estudios, así como saber su estructura lógica de aplicación y disposiciones legales impuestas para su evaluación y aprobación ante instituciones gubernamentales. Es por tal motivo que el presente capítulo, engloba de manera específica las diversas características indicadas anteriormente de estos Estudios de Análisis de Riesgo.

## 1.2 EVOLUCIÓN EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

La evolución en materia de prevención de accidentes en México empieza en el año de 1983, cuando el Gobierno Federal hace un intento para integrar en un solo organismo público, todas las políticas y actividades relacionadas con la protección del medio ambiente y asuntos de ecología. En este sentido se crea la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, contando con la Subsecretaría de Ecología como organismo encargado de atender estos asuntos. Dentro de las principales políticas de la Subsecretaría de Ecología se encontraba la prevención del deterioro ecológico del medio ambiente utilizando herramientas de planeación, como lo son la evaluación del impacto ambiental de los proyectos de desarrollo y la realización del ordenamiento ecológico del territorio. De esta manera se instrumentó en septiembre del mismo año, el primer Procedimiento de Impacto Ambiental, el cual a lo largo de su aplicación tomaba especial relevancia la evaluación de los proyectos industriales, principalmente aquellos en los que se veían involucrados el manejo de sustancias peligrosas y que hacían tomar especial interés en revisar las posibles interacciones del proyecto con las actividades vecinas, cuidando que no se presentaran actividades incompatibles entre ellas y revisando todas las medidas de seguridad implícitas en los diversos proyectos.

Sin embargo, los grandes y catastróficos accidentes industriales sucedidos en todo el mundo, tales como el de Missasagua en Canadá, el de Seveso en Italia, Bophal en India y el de México en 1984 en las instalaciones de almacenamiento y distribución de gas, de Petróleos Mexicanos ubicadas en San Juan Ixhuatepec, Edo. de México, obligaron a las autoridades de cada país, a empezar a implementar acciones específicas para llevar a cabo la evaluación del riesgo ambiental de los proyectos o actividades que conllevan a una elevada afectación del entorno en caso de accidentes. Bajo estas circunstancias, en 1986 las autoridades de la Secretaría de Ecología decidieron crear la Subdirección de Riesgo dentro de la Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental, coordinando las actividades en estrecha vinculación con el área de Impacto Ambiental. Los principales objetivos de la Subdirección de Riesgo fueron iniciar el desarrollo de un procedimiento para la evaluación de los proyectos (vinculado a la evaluación de Impacto Ambiental), la investigación y adecuación de las diversas metodologías de análisis de riesgo, el desarrollo de sistemas computarizados de modelación de eventos de riesgo y llevar a cabo el análisis de diversas actividades en operación que representaban una problemática específica.

Posteriormente, a raíz del trágico accidente de 1992 en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, el Ejecutivo Federal obligó a realizar estudios de riesgo a las empresas consideradas como altamente riesgosas, creándose de esta manera el Instituto Nacional de Ecología (INE) y diversas publicaciones de carácter ambiental, para posteriormente crear en 1994 la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) y con ello la nueva publicación de la modificada Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

De esta manera, el procedimiento de Riesgo Ambiental paralelo al de Impacto Ambiental ha permitido llevar a cabo el análisis y evaluación, desde 1988 de una manera oficial de gran cantidad de proyectos de los sectores públicos, sociales y privados, y con esto instrumentar las medidas, acciones y disposiciones necesarias para prevenir, controlar y regular el manejo de las instalaciones en las que se manejan sustancias peligrosas.



### 1.3 ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESO (ARP)

Debido a que todas las actividades humanas llevan consigo asociadas un cierto grado de riesgo y que las industrias de proceso no son la excepción, en este contexto los análisis de riesgos de proceso que son disciplinas relativamente nuevas con raíces antiguas, deben su auge a la importancia de varios países por aprobar leyes que protejan, tanto a la salud humana como a las instalaciones y el medio ambiente, de los peligros inherentes presentes en las instalaciones de proceso basándose en la prevención y reducción de riesgos.

Por tal motivo los análisis de riesgos de proceso, son mecanismos lógicos y sistematizados, estructurados para detectar las desviaciones a las intenciones de diseño, los cuales tienen su origen en los programas espaciales y militares estadounidenses. Los estudios de análisis de riesgo utilizan técnicas que permiten cuantificar el riesgo de una instalación en forma sistemática, comprensiva, objetiva y con un nivel de incertidumbre aceptable en los resultados, particularmente si se cuenta con herramientas de vanguardia y análisis de experimentos. Estos análisis de riesgos pueden ser útiles para la industria en general y para las agencias reguladoras de seguridad y protección ambiental, debido a que proporcionan una plataforma mejorada para evaluar las instalaciones y para la toma de decisiones, especialmente en procesos del tipo complejo al reconocer las fortalezas y debilidades de las instalaciones de proceso.

Los Análisis de Riesgos de Proceso de una instalación pueden ayudar a reducir los factores de miedo y aumentar la seguridad que tradicionalmente se considera, debido a que proporcionan una base más realista en la prevención de accidentes, además de ayudar a las autoridades como al público en general a contar con una mejor estimación de la incertidumbre asociada con la operación segura de las instalaciones, la cual es inherente a la percepción individual del riesgo. Actualmente este tipo de estudios se utiliza ampliamente como un método científico para evaluar los riesgos en la operación de los sistemas, empleándose en diferentes áreas para obtener:

- ◆ Evaluaciones de las características del diseño de ingeniería.
- ◆ Evaluaciones de los procedimientos y planes de emergencia.
- ◆ Evaluaciones de las actividades de inspección y mantenimiento.
- ◆ Evaluaciones de las actividades de reacondicionamiento de sistemas y equipos.
- ◆ Evaluaciones en la revisión de sistemas en operación.
- ◆ Evaluaciones del entrenamiento y capacitación del personal.

Los análisis de riesgos son técnicas multidisciplinarias, que utilizan conceptos desarrollados en diferentes disciplinas en las que se incluyen a la toxicología, epidemiología, ingeniería, psicología, higiene industrial, seguridad ocupacional e industrial, etc. La aplicación de estos modelos se desarrolla en tres fases, las cuales estructuran las secuencias de los estudios de riesgo, que son:

1. Identificación de Riesgos.
2. Evaluación de Riesgos.
3. Aplicación de Medidas de Control.

Los resultados que se obtienen de este tipo de estudios no son sólo índices cuantitativos de riesgo, sino también resultados cualitativos que se generan durante el desarrollo del estudio, los cuales generan una serie de recomendaciones que mejoran la seguridad de la instalación, además esas recomendaciones pueden validarse mediante un estudio de análisis de sensibilidad. Los resultados cuantitativos y cualitativos más importantes de los estudios de análisis de riesgos de proceso son:

- ◆ La probabilidad de que ocurran accidentes por explosión, incendio, fuga o derrame.
- ◆ Los posibles radios de afectación fuera de las instalaciones correspondientes.
- ◆ La severidad de la afectación en los distintos radios.
- ◆ Las medidas de seguridad a implantar para prevenir que ocurran los accidentes.
- ◆ El programa de emergencia interno en caso de que ocurra un accidente.

La gran importancia de la aplicación de los análisis de riesgos en instalaciones de proceso en las fases de ingeniería conceptual, básica y de detalle radica en la identificación de riesgos, su evaluación y la propuesta de medidas de control, las que se deberán incorporar en el diseño de los Estudios de Riesgo y Programas de Prevención de Accidentes.

En general las partes que constituyen un estudio de análisis de riesgo se muestra en la figura 1.1.

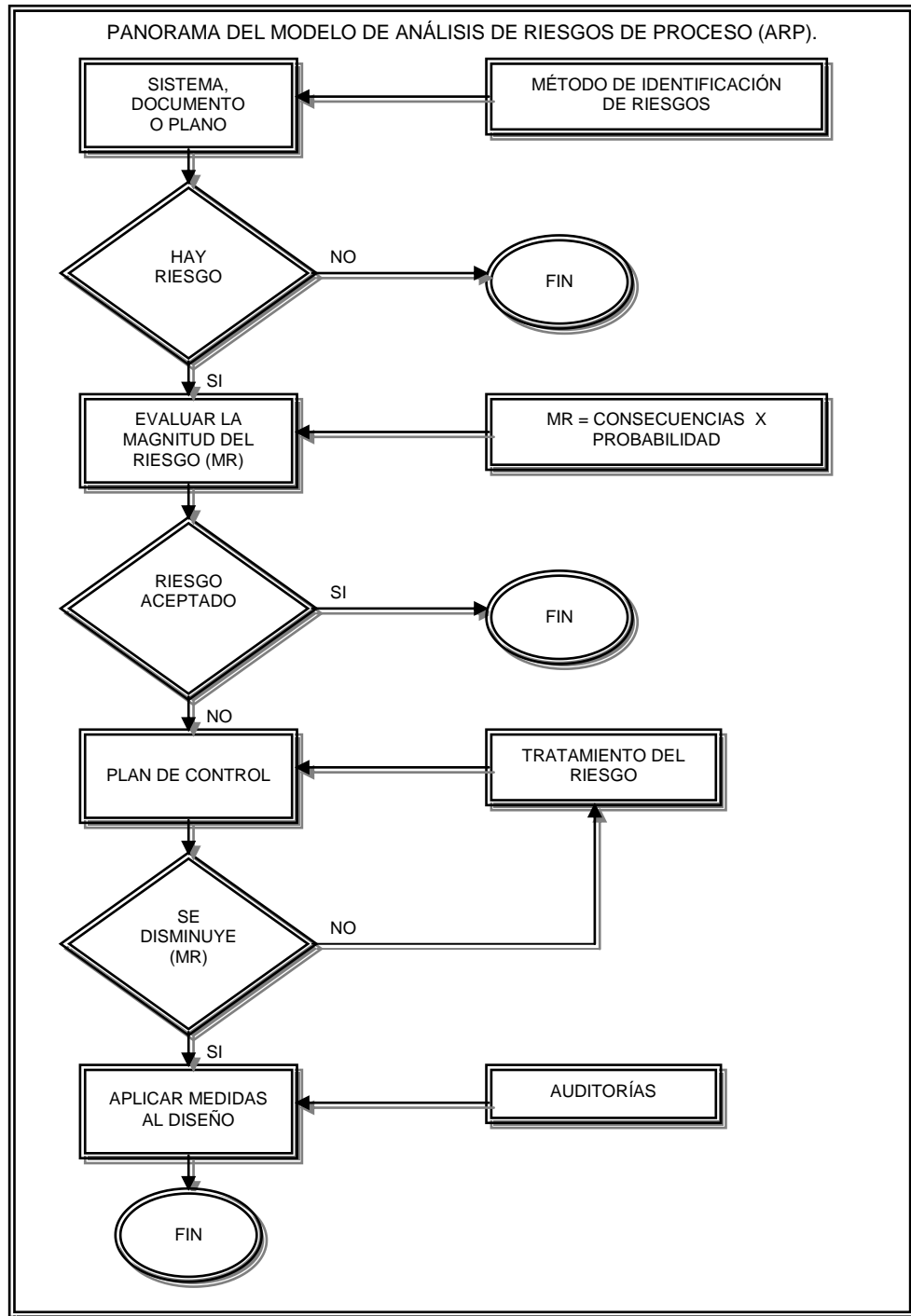


FIGURA 1.1: PANORAMA GENERAL DEL MODELO DE ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESO (ARP).

## 1.4 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS DE PROCESO

El riesgo de una instalación, se define como la probabilidad de que ocurra un accidente y las consecuencias que éste ocasionaría. Para prevenir accidentes, primero se deben identificar los riesgos potenciales asociados a la instalación, mediante metodologías basadas en la experiencia adquirida en diversos accidentes de proceso.

En la actualidad se emplean diferentes métodos para la Identificación de Riesgos, teniendo cada uno de ellos ventajas y desventajas, dependiendo de cómo y en qué sistema se usen, por tal motivo se pueden diferenciar dos tipos básicos de métodos: Inductivos y Deductivos. En el primer tipo encontramos: Análisis Preliminar de Riesgo (PHA - Preliminary Hazard Analysis), Lista de Verificación (Check List), Análisis ¿Qué pasa sí? (What If?), Análisis de Modos de Fallas y Efectos (FMEA) y el Estudio de Peligros y Operabilidad en Procesos (HAZOP - Hazard and Operability Studies). El segundo tipo de método, es aplicado cuando los sistemas o equipos han fallado realmente o cuando generan un determinado incidente, este método está representado principalmente por el Modelo Causal (Secuencia del Dominio) y por el Análisis de Arbol de Fallas (FTA - Fault Tree Analysis). Los métodos deductivos se pueden aplicar en proyectos, considerando la simulación de incidentes o fallas en los procesos.

El primer paso en un análisis de riesgo es la identificación de los tipos de daños que comúnmente existen, basados en las propiedades físicas y químicas de los materiales que se están manejando, así como las condiciones de proceso de la planta. La elección del método que se empleará en una identificación de riesgo, dependerá del tipo de proyecto, por ejemplo; área o sección de la planta y en la fase que se aplique, proyecto u operación, además de la experiencia del equipo de trabajo que desarrollará las tareas.

Existen varias metodologías que se pueden usar para identificar los posibles riesgos dentro de un proceso o servicio en una planta industrial determinada. Las regulaciones de la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA, Occupational Safety and Health Administration) en su estándar 29 CFR parte 1910.119 para seguridad de procesos "Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals" describe tales metodologías, además el Instituto Americano del Petróleo (API, American Petroleum Institute) en su practica recomendada 75 y en los lineamientos publicados por el Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS, Alche's Center For Chemical Process Safety) indican varias técnicas de análisis de riesgo y números de alternativas disponibles para la conducción de la revisión de daños en procesos industriales.

Entre las cuales están las siguientes:

- ◆ Revisión de Dibujos.
- ◆ Auditorías de Seguridad.
- ◆ Listas de Verificación (Check List).
- ◆ Análisis ¿Qué pasa sí? ( What If?).
- ◆ Análisis de Fiabilidad Humana.
- ◆ Ranking Relativo de Riesgo.
- ◆ Índice Dow Para Fuego y Explosión (F&EI).
- ◆ Índice Mond.
- ◆ Análisis de Modos de Fallas y Efectos (FMEA).
- ◆ Análisis de Arbol de Fallas (FTA).
- ◆ Análisis de Arbol de Eventos (ETA).
- ◆ Análisis Causa-Consecuencia.
- ◆ Estudio de Peligros y Operabilidad en Procesos (HAZOP).

1.4.1 REVISIÓN DE DIBUJOS

La revisión de los Diagramas de flujo de proceso (DFP's) y de los Diagramas de tubería e instrumentación (DTI's) es una etapa muy importante en la identificación de peligros potenciales en instalaciones existentes o en aquellas en etapa de planeación o modificación de las mismas.

Un Diagrama de flujo de proceso (DFP's) incluye datos sobre condiciones normales de operación tales como flujos, composiciones, presiones y temperaturas en cada corriente, con esta información el personal encargado de la revisión (inspectores) puede observar cuales tuberías, recipientes, bombas, compresores, etc. pueden contener o manejar productos tóxicos o inflamables, además de definir el tipo de liberación que puede contemplarse en caso de fuga o derrame a causa de gas, liquido o liquido en flasheo y estimar la razón de alta o baja presión de dicha liberación. Otro documento muy importante es el Diagrama de tubería e instrumentación (DTI's), el cual es un diagrama esquemático de todas las tuberías de proceso, recipientes, válvulas, filtros, bombas, compresores, etc. y en el cual se indica el tamaño y especificaciones de los equipos e instrumentos que requiere el servicio. Este tipo de diagrama requiere revisarse línea por línea para asegurar que cada elemento esta indicado, así como los elementos que nos ayudan a garantizar que se cubran las diversas operaciones a las que se puede someter una planta, como son operación normal, emergencia, arranque, paro y mantenimiento.

El propósito fundamental de esta metodología de análisis de riesgo, es la identificación de deficiencias en equipos e instrumentos que pudieran causar situaciones peligrosas, para lo cual se requiere la información de los DFP'S y DTI'S completos, así como conocimientos del sistema o instalación. La aplicación de este método es durante la etapa de diseño de un nuevo proyecto o para modificaciones en instalaciones ya existentes.

Los resultados obtenidos a través de esta metodología es una lista de deficiencias a corregir así como la identificación de áreas que requieren un análisis más completo. Es recomendable la asignación de 2 a 3 personas para que se encarguen de realizar el análisis, tales como: una persona del departamento de seguridad, un Ingeniero de Procesos y un Coordinador con bastante experiencia en aspectos técnicos. El tiempo requerido para su elaboración es de tan solo 2 ó 3 semanas para la revisión de los diagramas.

A continuación se muestra el diagrama de aplicación de esta técnica.

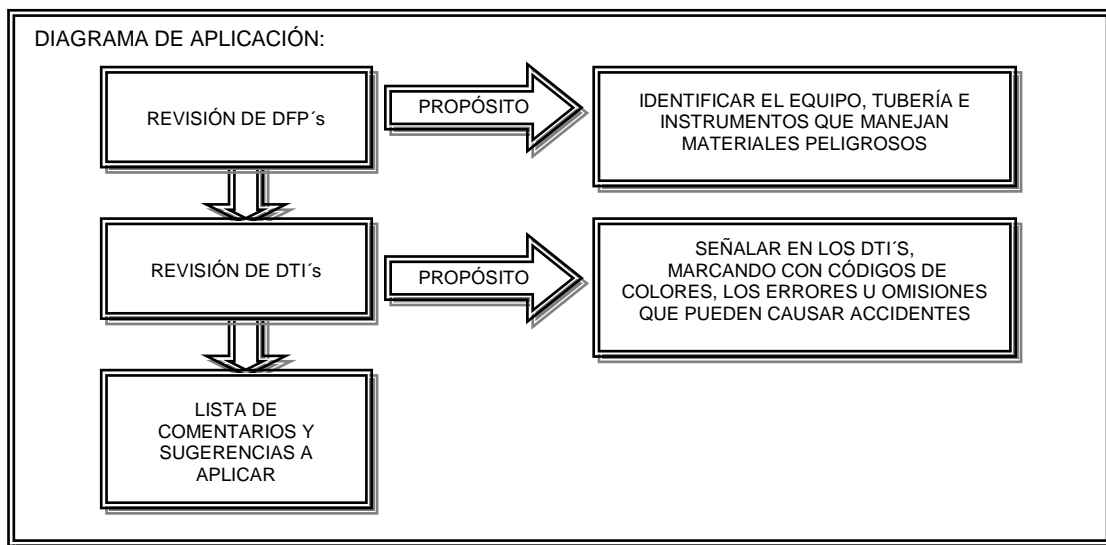


FIGURA 1.2: DIAGRAMA DE APLICACIÓN PARA LA TÉCNICA DE REVISIÓN DE DIBUJOS

1.4.2 AUDITORÍAS DE SEGURIDAD

La auditoría de seguridad es una evaluación detallada de los programas de seguridad global de los servicios de una planta industrial, estos incluyen inspecciones de equipo, administración y organización de la seguridad, trabajos permitidos, capacitación del personal en seguridad, etc. El propósito de la auditoría es identificar condiciones o procedimientos inseguros, determinar si los objetivos de seguridad implantados por la administración están siendo aplicados en la planta y verificar si la planta se encuentra bajo la aplicación de los códigos de seguridad necesarios. En la realización de una auditoría de seguridad se debe incluir lo siguiente:

- ◆ Inspección sistemática de seguridad de las plantas de proceso.
- ◆ Inspección sistemática del equipo de protección contra fuego.
- ◆ Revisión de los procedimientos de operación, mantenimiento y emergencia.
- ◆ Revisión sistemática de los programas de adiestramiento de seguridad.
- ◆ Entrevista con los empleados de la compañía.

Una auditoría de seguridad puede o no incluir todas las tareas a realizar dentro del proceso, esto dependerá de los deseos de la administración. Estas auditorías son usualmente conducidas por un grupo de individuos de procedencia externa a dichas instalaciones, esto es con el fin de tomar una imparcialidad en la auditoría de seguridad. La información necesaria que se requiere para evaluar la auditoría de seguridad es la siguiente:

- ◆ Diagramas (DFP's y DTI's).
- ◆ Manuales de operación y entrenamiento.
- ◆ Procedimientos de emergencia y mantenimiento.
- ◆ Conocimientos del equipo y sistemas de seguridad.

Esta técnica puede aplicarse a servicios en operación o servicios recién instalados o construidos y como última verificación antes de arrancar o modificar una instalación en una planta. La figura 1.3 muestra el diagrama de aplicación para las auditorías de seguridad.

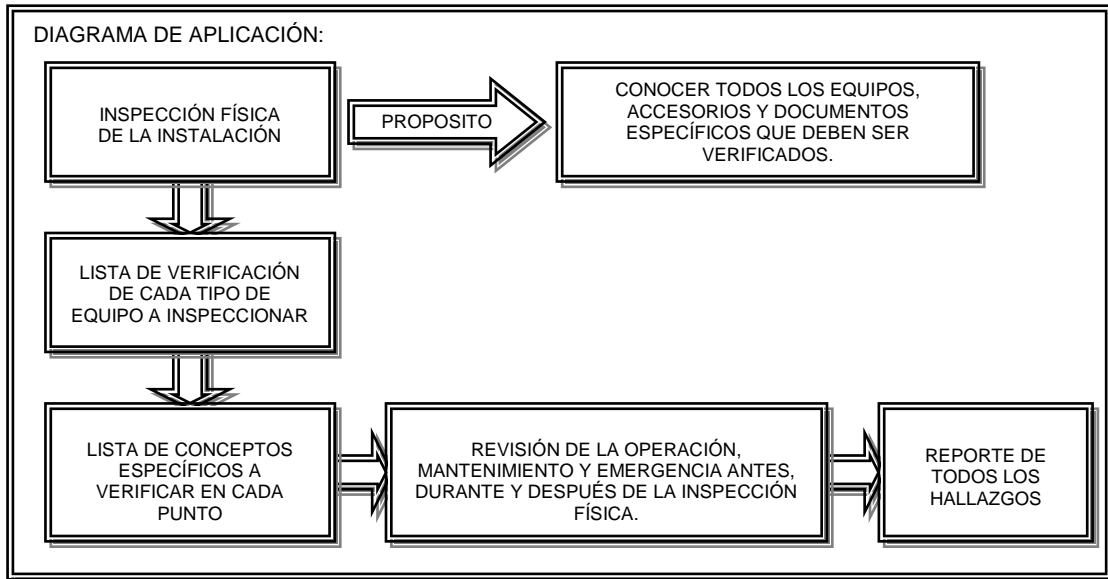


FIGURA 1.3: DIAGRAMA DE APLICACIÓN PARA LA TÉCNICA DE AUDITORÍAS DE SEGURIDAD

Hojas de trabajo, HT-1.1 y HT-1.2, empleadas en las auditorías de seguridad.

**HOJA DE TRABAJO DE UNA AUDITORÍA DE SEGURIDAD**

COMENTARIOS GENERALES.  
 ÁREA: \_\_\_\_\_

¿Está contemplado el grado de pendiente para remover derrames inflamables? \_\_\_\_\_

¿La pendiente está aislada de las áreas de fuego? \_\_\_\_\_

¿El espacio libre es adecuado? \_\_\_\_\_

¿Los drenes de la tubería son alcantarillados y protegidos? \_\_\_\_\_

¿Las válvulas de los drenes están cerca de los equipos? \_\_\_\_\_

¿Las válvulas de los drenes son accesibles? \_\_\_\_\_

¿Están instalados sellos para automóviles? \_\_\_\_\_

¿Los pozos y alcantarillas tienen paros por fuego? \_\_\_\_\_

¿El área está libre de escombros y equipo de construcción? \_\_\_\_\_

¿Es adecuada la iluminación para los transeúntes? \_\_\_\_\_

¿La iluminación es adecuada para válvulas críticas? \_\_\_\_\_

¿La iluminación es adecuada para indicadores críticos? \_\_\_\_\_

¿Están tomadas en cuenta las previsiones para verificar alarmas? \_\_\_\_\_

¿Hay equipo de secado y purgado? \_\_\_\_\_

¿Las vías de acceso elevadas tienen pasamanos? \_\_\_\_\_

HT-1.1: Comentarios Generales.

**ÁREA DE COMPRESORES**

FECHA: \_\_\_\_\_  
 LUGAR: \_\_\_\_\_

¿Están disponibles los siguientes accesorios de cierre para compresores?  
 a) Baja presión de aceite. SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 b) Motor con exceso de velocidad. SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 c) Alta temperatura de agua. SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 d) Alta vibración. SI \_\_\_ NO \_\_\_  
 e) Alta temperatura sobre la descarga del gas. SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Las alarmas de cierre automático son operadas y examinadas periódicamente?  
 SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Frecuencia de verificación (meses)? \_\_\_\_\_

¿Son operables las manivelas de puertas en caso de explosión? SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Localización del cierre de emergencia (Local, Remoto, Ambos)? L \_\_\_ R \_\_\_

¿Esta instalado un volante y se usa periódicamente? SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Existe válvula check sobre la descarga de la tubería? SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Están instaladas válvulas de relevo entre la descarga y las válvulas de bloqueo y enfriadores? SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿La descarga de la PSV está diseñada e instalada propiamente? SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Se detecta peligro en la construcción de compresores? SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿El área de compresores tiene alguna base? SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Dónde el compresor está aislado, descansa sobre un área segura?  
 Donde: \_\_\_\_\_ SI \_\_\_ NO \_\_\_

¿Pueden operar los compresores sin operar el área de proceso? SI \_\_\_ NO \_\_\_

Comentarios: \_\_\_\_\_

HT-1.2: Área de compresores.

Los resultados obtenidos a través de esta metodología es un reporte detallado de las áreas de la planta donde la seguridad esté por debajo de los estándares deseados así como las recomendaciones necesarias para mejorar la seguridad en tales áreas. Para realizar esta tarea es recomendable la asignación de 3 a 5 personas, las cuales tengan un total conocimiento de las instalaciones así como de los sistemas de seguridad empleados, tal como una persona de operaciones, un técnico, una persona de protección y una persona de origen externo. El tiempo requerido por el personal anteriormente citado puede llevar de 2 a 3 semanas para realizar adecuadamente la auditoría de seguridad.

#### 1.4.3 LISTA DE VERIFICACIÓN (CHECK LIST)

Una lista de verificación es una lista de preguntas acerca de la organización de la planta, la operación, mantenimiento y otras áreas de interés. En esta lista se hace uso de la experiencia acumulada por las organizaciones industriales, elaboradas generalmente a través de los años por distintas personas, las cuales se basan en estándares de evaluaciones que ayudan a enfocarse sobre situaciones riesgosas que pueden pasar desapercibidas.

Históricamente, el propósito general de utilizar listas de verificación ha sido el mejorar la confiabilidad y el desempeño humano durante varias etapas del proyecto o bien asegurar la concordancia con las regulaciones o estándares nacionales o internacionales. Esta metodología puede ser utilizada durante el diseño preliminar de algún proyecto, durante la construcción y operación de una planta o durante la realización de paros y arranques de la misma.

Las ventajas que representa esta metodología son las siguientes:

- ◆ Especifica los requerimientos mínimos.
- ◆ Útil para gente de poca experiencia.
- ◆ Uniformidad en la información.
- ◆ Bajo costo en su desarrollo y aplicación.

Las desventajas que representa esta metodología son las siguientes:

- ◆ Limitada a la experiencia de la persona que desarrolla la lista.
- ◆ Se puede llegar a pasar por alto alguna pregunta importante.
- ◆ Necesita actualización constante.
- ◆ No es efectivo para riesgos complejos en nuevas instalaciones o procesos.

#### 1.4.4 ANÁLISIS “¿QUÉ PASA SI?” (WHAT IF?)

Esta técnica no requiere de métodos cuantitativos especiales o una planeación extensiva, es básicamente un procedimiento del tipo no estructurado, por considerar los resultados de los eventos no contemplados que pueden en primer lugar dar como resultado algo indeseado. Este método utiliza información específica de un proceso para generar una serie de preguntas de lista de verificación, llamadas preguntas ¿Qué pasa si?, las cuales son contestadas colectivamente por el grupo de trabajo y resumidas en forma tabular.

Este método de análisis no profundiza en lo concerniente a cómo se desarrolla una situación dada, por ejemplo se asume que un dispositivo puede fallar, pero el modo de falla no es importante en el análisis, sin embargo el grupo involucrado en el análisis debe ser cuidadoso y no “elucubrar” sobre absurdos escenarios. Las preguntas deben estar basadas en la experiencia previa del grupo que analiza y varía dichas cuestiones para cada unidad del proceso, por ejemplo las preguntas a generar para cuestionar el llenado de un tanque serian las siguientes:

- ◆ ¿Qué pasa si la bomba de llenado del tanque se para?
- ◆ ¿Qué pasa si la válvula de entrada se cierra por una falla?
- ◆ ¿Qué pasa si el operador ignora la alarma por alto nivel o esta falla?

El propósito fundamental de esta técnica de análisis de riesgo, es identificar los problemas de diseño u operación que puedan originar accidentes, así como determinar los métodos a emplear para resolver dichos problemas. Los datos mínimos requeridos para aplicar la técnica son: DFP's, DTI's y los procedimientos de operación, además se requiere de 2 ó 3 expertos asignados en cada área, tal como: Seguridad eléctrica, Protección contra fuego y Seguridad personal para desarrollarla adecuadamente.

Las ventajas que representa esta metodología son las siguientes:

- ◆ Cubre una amplia gama de riesgos.
- ◆ Requiere de poca capacitación previa y es fácil de utilizar.
- ◆ Resulta eficaz como herramienta de aprendizaje.
- ◆ Cuestiona el diseño, flexible.
- ◆ Reconoce los efectos de procesos adyacentes.
- ◆ Compara el proceso contra experiencias anteriores.
- ◆ Es aplicable al proceso completo o secciones del mismo.
- ◆ Método creativo con una visión de trabajo, amplia gama de disciplinas.
- ◆ Puede usarse en procesos por lote (batch).

Las desventajas que representa esta metodología son las siguientes:

- ◆ Fácilmente pasa por alto los riesgos potenciales ya que carece de estructura.
- ◆ Su efectividad depende de la experiencia del coordinador.
- ◆ Requiere de un entendimiento básico de las operaciones de proceso y de los procedimientos.
- ◆ Requiere de los diagramas de tubería e instrumentación (DTI's).
- ◆ Se basa en una revisión conceptual, profundidad del análisis limitada.
- ◆ Los atajos dan una revisión débil, sólo funciona si se plantean las preguntas precisas.

Esta técnica es ampliamente utilizada durante las etapas de diseño del proceso y durante el tiempo de vida o de operación de una instalación, así mismo cuando se introducen cambios al proceso o a los procedimientos de operación. Este método arroja como resultados, una lista de problemas que bajo ciertas circunstancias pudieran originar accidentes en diversas áreas y sugerencias de métodos para prevenir o mitigar accidentes. El tiempo requerido es proporcional al tamaño de la planta y al número de áreas a investigar. La figura 1.4. muestra el diagrama de aplicación de esta técnica de análisis de riesgo.

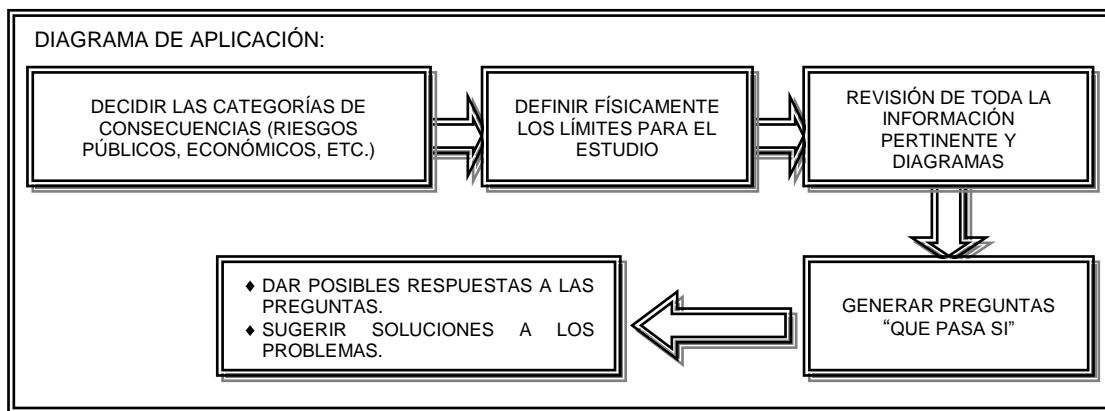


FIGURA 1.4: DIAGRAMA DE APLICACIÓN PARA LA TÉCNICA "¿QUE PASA SI?" (WHAT IF?)

El desarrollo del análisis "¿Qué Pasa Si?" utiliza una serie de listas de control para revisar las operaciones normales, arranque, cierre y desperfectos de todo tipo imaginable, con las cuales se formulan las preguntas a cuestionar. Las principales listas de control se anexan en la tabla 1.1 y en la hoja de trabajo HT-I.3 se muestra el formato de registro para la aplicación de dicha técnica.



LISTAS DE CONTROL	
1. Lista de control de proceso.	a) Materiales. b) Reacciones. c) Equipo. d) Control de instrumentos. e) Operaciones. f) Desperfectos. g) Plano de ubicación.
2. Lista de control para el sistema eléctrico.	a) Diseño.
3. Lista de control para tubería y maquinaria.	a) Tubería y válvulas. b) Alivio de la presión y del vacío. c) Maquinaria.
4. Lista de control para protección contra incendios.	a) Diseño.

TABLA 1.1: LISTAS DE CONTROL PARA EL ANÁLISIS “¿QUE PASA SI?” (WHAT IF?)

FORMATO DE REGISTRO							
PROCESO: _____ LUGAR: _____ FECHA: _____ PAGINA: _____							
Paso del proceso o pieza del equipo	Qué pasa sí	Consecuencia	Protección actual	Comentario	Prioridad	Respuesta	Situación de respuesta

HT-I.3: FORMATO DE REGISTRO PARA EL ANÁLISIS “¿QUE PASA SI?” (WHAT IF?)

#### 1.4.5 ANÁLISIS DE FIABILIDAD HUMANA

El análisis de fiabilidad humana, es una evaluación sistemática de los factores que influyen en el comportamiento y desarrollo del personal para la ejecución de actividades dentro de una planta, mostrando los factores físicos y ambientales involucrados, así como los problemas de transporte y conocimientos del personal. El propósito principal de esta metodología de análisis de riesgo, es la identificación de las áreas o situaciones que pueden afectarse por un error humano, su aplicación es durante la fase de diseño, modificación u operación de las instalaciones.

La información que se requiere para llevar a cabo el análisis de fiabilidad humana es la siguiente:

- ◆ Procedimientos de operación normal y de emergencia.
- ◆ Conocimientos de entrenamiento y capacitación para empleados.
- ◆ Esquema de los tableros de control y alarmas.
- ◆ Descripciones de trabajo para el personal.

Este procedimiento proporciona una lista de errores humanos que podrían ocurrir durante las operaciones normales o de emergencia, además de una lista de los factores que contribuyen en los errores y la propuesta de modificaciones para la eliminación o reducción de dichos errores. Es recomendable la asignación de consultores externos experimentados para encargarse de verificar los factores humanos durante el desarrollo de la ingeniería y comportamiento humano. El tiempo requerido para la evaluación de esta técnica depende del número de tareas y errores a analizar así mismo del tamaño y complejidad de las instalaciones. Generalmente un análisis de fiabilidad humana es una parte de un estudio de riesgo más completo.

#### 1.4.6 RANKING RELATIVO DE RIESGO

El ranking relativo es una técnica de jerarquización de riesgos, empleada para proporcionar una calificación relativa a los riesgos de las instalaciones de una planta, utilizando para tal fin, guías que asignan penalidades y créditos mediante puntos a las diferentes partes de la planta.

Los **puntos de penalidades** se asignan a materiales potencialmente peligrosos, condiciones o procesos que pueden contribuir a un accidente, mientras los **puntos de crédito** se otorgan a los elementos de seguridad que pueden mitigar los peligros inherentes de un accidente. Por la combinación de ambos (penalidades y créditos), se llega a un número (un índice) que puede ser utilizado para proporcionar una calificación a la instalación en una escala relativa.

El propósito principal de esta metodología, es proporcionar una medida relativa del riesgo en los servicios de una planta de proceso, para lo cual se requiere de la siguiente información:

- ◆ Planos de localización general del equipo (actuales).
- ◆ Conocimiento completo de los procesos y del equipo de proceso involucrado.
- ◆ Conocimiento completo del equipo de mitigación de riesgos y técnicas disponibles.
- ◆ Formatos adecuados y guías de índices para asignar calificaciones.

Esta técnica es aplicable durante la etapa de diseño, modificación u operación de las instalaciones, provocando resultados, como calificaciones relativas de varias unidades de proceso, que aunque proporcionan un número que indica el riesgo probable, los resultados son de carácter cualitativos. La determinación de la escala de cada equipo de proceso puede realizarse por un ingeniero que este familiarizado con el proceso y equipo de la planta, siendo necesaria la intervención del departamento de seguridad de la planta para proporcionar las medidas de mitigación usadas en las instalaciones. Una vez que el personal está familiarizado con el sistema, las unidades de proceso simples pueden ser calificadas en pocas horas.

Los métodos de clasificación relativa pueden enfocarse a riesgos por fuego, explosión, toxicidad, seguridad, salud, medio ambiente y efectos económicos. Las técnicas de clasificación relativa de riesgos que conforman el ranking relativo son las siguientes:

- ◆ Índice Dow para Fuego y Explosión (F&EI).
- ◆ Índice Mond.
- ◆ Índice de Sustancias Peligrosas (SHI).
- ◆ Índice de Materiales Peligrosos (MHI).
- ◆ Índice de Exposición Química (CEI).
- ◆ Índice SARA Título III Cantidad Umbral Planeada.

A continuación se describen las técnicas de clasificación relativa más utilizadas, así como la metodología para desarrollarlas adecuadamente.

##### 1.4.6.1 ÍNDICE DOW PARA FUEGO Y EXPLOSIÓN (F&EI)

Esta técnica es un procedimiento de caracterización del riesgo relativo en una unidad de proceso individual que considera la inflamabilidad y reactividad, asignándole a cada uno de ellos un factor material, aunado a las variedades de factores que incluyen características propias de los materiales y la cantidad presente de los mismos, para obtener el grado de riesgo. Esta técnica se aplica en aquellas unidades de proceso donde exista un gran impacto por riesgos de incendio o explosión de acuerdo al material existente, reacciones o procesos peligrosos.

Para esta técnica es necesario un análisis cuidadoso al definir las secciones a estudiar, por considerarlas de mayor impacto o porque contribuyen más al riesgo de incendio o explosión, por tal

motivo el proceso deberá dividirse en secciones, tales como: alimentación, almacenamiento, precalentamiento, reacción, absorción, adsorción, purificación, destilación, compresión, etc. o por considerar equipos específicos como: bombas, tanques, compresores, etc. La clasificación de las unidades de proceso se puede usar para especificar mejoras en los sistemas de seguridad o para identificar áreas para una evaluación posterior a mayor detalle.

Los requerimientos de información para aplicar el Índice DOW son los siguientes:

- ◆ Plano de localización general de la planta.
- ◆ Plano de distribución de equipo.
- ◆ Diagrama de flujo de proceso.
- ◆ Diagramas de tubería e instrumentación.
- ◆ Propiedades físicas, químicas y termodinámicas de todos los materiales utilizados.
- ◆ Relación de valores de reposición del equipo en la unidad de proceso.

A continuación se describe una guía para desarrollar correctamente el Índice DOW de fuego y explosión en una instalación de proceso.

- a) Sobre un plano de localización general, se deberá identificar las unidades de proceso que pueden ocasionar los daños más severos.
- b) Determinar el factor material (FM) para cada unidad del proceso, basado en el material que se está procesando en la unidad. La lista de factores materiales del Índice DOW varía de 1 a 40 para 300 materiales y explica como determinar el factor para materiales no reportados.
- c) Evaluar la contribución de los factores de peligro.  
 Los daños de procesos generales (F1)  
 Los daños de procesos especiales (F2)  
 Las penalizaciones para cada categoría son conjuntamente adicionadas e incrementadas por el factor base de 1.0 para alcanzar el factor de contribución de daños.
- d) Calcular el factor de riesgo (F3)  $F3 = F1 \times F2$ .
- e) Calcular el índice de fuego y explosión (IFE)  $IFE = F3 \times FM$   
 El cálculo del índice de fuego y explosión es una medida del daño que puede resultar de un accidente en una unidad de proceso, la cuál se muestra en la siguiente tabla 1.2

ÍNDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN DOW	GRADO DE DAÑO
1 – 60	LIGERO.
61 – 96	MODERADO.
97 – 127	INTERMEDIO.
128 – 158	PESADO.
≥ 159	SEVERO.

TABLA 1.2: ÍNDICE DOW PARA FUEGO Y EXPLOSIÓN

- f) Determinar el área de exposición.  
 El área de exposición, es el área circular alrededor de la unidad de proceso que puede afectarse adversamente por un accidente. Esta área está relacionada con el índice de fuego y explosión y se determina por medio de una gráfica suministrada por el Índice DOW.
- g) Cálculo del daño a la propiedad.  
 Este cálculo está basado en el valor del equipo e inventariado dentro del área de exposición.
- h) Estimación de los días máximos probables de interrupción.  
 Esta etapa utiliza un gráfico del Índice DOW, para estimar los costos de reparación o de reemplazamiento de daños en equipos y el valor de la pérdida de la producción. Este gráfico está basado en datos de 137 incidentes.

El procedimiento descrito anteriormente se muestra de forma clara en la figura 1.5, el diagrama de aplicación esquemático para el análisis del Índice DOW y la hoja de trabajo HT-I.4 proporciona un formato para la elaboración del mismo.

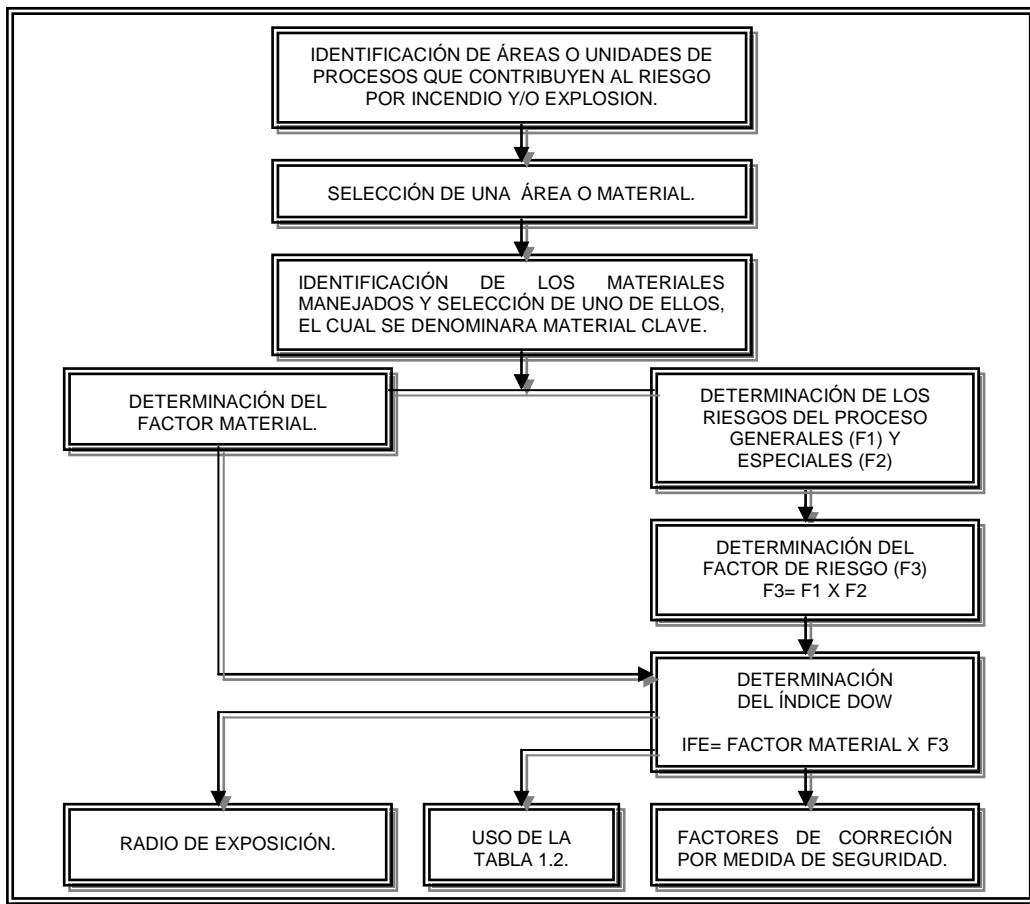


FIGURA 1.5: DIAGRAMA DE APLICACIÓN PARA LA TÉCNICA DEL ÍNDICE DOW

#### 1.4.6.2 ÍNDICE MOND

Esta metodología es una extensión de la ya mencionada Índice DOW, con la salvedad de que el Índice MOND determina y jerarquiza los riesgos potenciales en áreas que pueden presentar riesgos de incendio, explosión y toxicidad. Este método se basa en la peligrosidad de los productos y en el carácter crítico de los procesos en función de sus antecedentes de operación en instalaciones similares.

Este índice fue desarrollado por ICI (Empresa química de origen británico) y permite obtener índices numéricos de riesgos para cada sección de las instalaciones industriales, en función de las características de las sustancias manejadas, de su cantidad, del tipo de proceso y de las condiciones específicas de operación, categorizando el potencial de riesgo de la sección analizada como una función de los parámetros a continuación descritos, sin considerar en primera instancia la influencia de los medios de seguridad usados en la instalación.

- a) Factor del Material. Se define como una medida del fuego, explosión o energía potencial liberada por el material de mayor riesgo.

**CAPÍTULO I METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS**

<b>ÍNDICE DOW DE FUEGO Y EXPLOSIÓN</b>		
EMPRESA O PLANTA: ÁREA O UNIDAD DE PROCESO: MATERIALES: MATERIAL CLAVE:	FECHA:	
	FACTOR MATERIAL (FM):	
ÍNDICE DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN.		
CARACTERÍSTICAS	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO
<b>I.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO.</b>		
1.- REACCIONES EXOTERMICAS.	0-1.25	
2.- REACCIONES ENDOTERMICAS.	0-0.40	
3.- MANEJO Y TRANSFERENCIA DE MATERIALES.	0-0.85	
4.- UNIDAD DE PROCESO CERRADA.	0-0.90	
5.- ACCESO A EQUIPO DE EMERGENCIA.	0.0.35	
6.- DRENAJES Y CONTROL DE DERRAMES.	0-0.50	
RGPt = SUMA DE RGP		
<b>II.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO.</b>		
1.- MATERIALES TOXICOS.	0-0.80	
2.- BAJA PRESIÓN (SUBATMOSFERICA).	0-0.50	
3.- OPERACIÓN EN O CERCA DE CONDICIONES DE INFLAMABILIDAD.		
A) PATIOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.	0-0.50	
B) DERRAMES Y/O FALLA DE PURGA.	0-0.30	
C) OPERACIÓN PERMANENTE EN INTERVALOS DE INFLAMABILIDAD.	0-0.80	
D) OPERACIONES DE CARGA Y DESCARGA DE CARROS Y/O PIPAS.	0-0.40	
4.- POLVOS EXPLOSIVOS.	0-2.0	
5.- ALIVIO DE PRESIÓN.	0-1.30	
6.- BAJA TEMPERATURA.	0-0.50	
7.- CANTIDAD DE MATERIAL INFLAMABLE.		
A) LÍQUIDOS Y/O GASES EN PROCESO.	0-3.0	
B) LÍQUIDOS Y/O GASES EN ALMACENAMIENTO.	0-2.0	
C) SÓLIDOS EN ALMACENAMIENTO.	0-4.0	
8.- CORROSIÓN Y/O EROSIÓN.	0-0.75	
9.- FUGAS EN UNIONES Y/O EMPAQUES.	0-1.50	
10.- EQUIPO CALENTADO A FUEGO DIRECTO.	0-1.00	
11.- INTERCAMBIO DE CALOR CON ACEITE TÉRMICO.	0-1.15	
12.- EQUIPO ROTATORIO.	0-0.50	
REPt = SUMA DE REP		
FACTOR DE RIESGO DE PROCESO: ÍNDICE DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN:	(FRP) = (1+RGPt) (1+REPt) IFE = (FM) (FRP)	
CLASIFICACION DE RIESGO ÍNDICE DOW		
TIPO DE RIESGO	ÍNDICE	GRADO
INCENDIO Y EXPLOSIÓN.		
RADIO DE EXPLOSIÓN.		
OBSERVACIONES.		
CARACTERÍSTICAS	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO
<b>I.- CONTROL DE PROCESO.</b>		
A) ENERGÍA DE EMERGENCIA.	0.97-1.0	
B) SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO.	0.95-1.0	
C) CONTROL DE EXPLOSIONES.	0.75-1.0	
D) PARO DE EMERGENCIA.	0.94-1.0	
E) CONTROL POR COMPUTADORA.	0.89-1.0	
F) GAS INERTE.	0.90-1.0	
G) PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN.	0.86-1.0	
H) ANÁLISIS DE REACTIVOS QUÍMICOS.	0.85-1.0	
PRODUCTO DE FACTORES POR CONTROL DE PROCESO = C1 =		
<b>II.- AISLAMIENTO DE MATERIALES.</b>		
A) VALVULAS DE CONTROL REMOTO.	0.91-1.0	
B) DESCARGA A VERTEDEROS.	0.85-1.0	
C) SISTEMA DE DRENAJE.	0.85-1.0	
D) INTERLOCKS.	0.96-1.0	
PRODUCTO DE FACTORES POR AISLAMIENTO DE MATERIALES = C2=		
<b>III.- PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.</b>		
A) DETECCIÓN DE FUGAS.	0.90-1.0	
B) ACERO ESTRUCTURAL.	0.92-1.0	
C) TANQUES RECUBIERTOS.	0.75-1.0	
D) SUMINISTRO DE AGUA.	0.90-1.0	
E) SISTEMAS ESPECIALES.	0.60-1.0	
F) SISTEMAS DE ROCIADORES.	0.85-1.0	
G) CORTINAS DE AGUA.	0.95-1.0	
H) ESPUMA.	0.87-1.0	
I) EXTINTORES PORTATILES.	0.92-1.0	
J) PROTECCION A LINEAS ELECTRICAS.	0.90-1.0	
PRODUCTO DE FACTORES POR PROTECCION CONTRA INCENDIO = C3 =		
PRODUCTO DE FACTORES DE SEGURIDAD: (C1) (C2) (C3)		
FACTOR DE SEGURIDAD DEFINITIVO: (CD)		
ÍNDICE DE FUEGO Y EXPLOSION CORREGIDO (IFE) (CD)	ÍNDICE	GRADO

HT-I.4: FORMATO PARA LA ELABORACION DEL ÍNDICE DOW

- b) Riesgos Especiales del Material. Los aspectos revisados para determinar los riesgos especiales del material tienen por objeto tomar en cuenta las propiedades especiales del material clave. Los factores de riesgo se asignan en función de las circunstancias de uso del material en la sección analizada y no como si este estuviera aislado.
- c) Riesgos Generales del Proceso. Las consideraciones de riesgo involucradas se refieren al tipo de proceso u otras operaciones que se efectúan en la sección seleccionada.
- d) Riesgos Especiales del Proceso. Los factores considerados se asignan con respecto a las características de operación del proceso que intensifiquen los riesgos especiales del material y los riesgos generales del proceso.
- e) Riesgos por Cantidad. En este punto se asignan factores de riesgo adicionales relacionados con el uso de grandes cantidades de materiales que sean inflamables, explosivos o tóxicos.
- f) Riesgos por Arreglo de Equipo. En este punto los factores de riesgo son asignados con respecto al riesgo ocasionado por la disposición de equipo y tuberías en la sección.
- g) Riesgos por Toxicidad. En este punto se analiza la influencia de la toxicidad de los materiales utilizados en el riesgo global.

El Índice MOND en su procedimiento cuantifica los siguientes índices de riesgo:

- ◆ Índice General de Riesgo.
- ◆ Índice de Riesgo de Incendio.
- ◆ Índice Unitario de Toxicidad.
- ◆ Índice de Toxicidad Mayor.
- ◆ Índice de Explosión Interna.
- ◆ Índice de Explosión Externa.
- ◆ Índice Global de Riesgo.

El Índice Mond define las categorías de riesgo en función de los intervalos manejados que se muestran en el siguiente bloque de tablas 1.3. También se muestra en la figura 1.6 el diagrama para el análisis del Índice MOND y la hoja de trabajo HT-I.5 la cual proporciona un formato para la elaboración del mismo.

ÍNDICE DE EXPLOSION INTERNA (E)		ÍNDICE DE EXPLOSION EXTERNA (A)		ÍNDICE UNITARIO DE TOXICIDAD (U)		ÍNDICE DE TOXICIDAD MAYOR (C)	
ÍNDICE	CATEGORIA	ÍNDICE	CATEGORIA	ÍNDICE	CATEGORIA	ÍNDICE	CATEGORIA
0 – 1	LIGERO	0 – 10	LIGERO	0 – 1	LIGERO	0 – 20	LIGERO
1 – 2.5	BAJO	10 – 30	BAJO	1 – 3	BAJO	20 – 50	BAJO
2.5 – 4	MODERADO	30 – 100	MODERADO	3 – 6	MODERADO	50 – 200	MODERADO
4 – 6	ALTO	100 – 500	ALTO	6 – 10	ALTO	200 – 500	ALTO
> 6	MUY ALTO	> 500	MUY ALTO	> 10	MUY ALTO	> 500	MUY ALTO

ÍNDICE GENERAL DE RIESGO (D)		ÍNDICE DE RIESGO DE INCENDIO (F)		FACTOR GLOBAL DE RIESGO (R)	
ÍNDICE	CATEGORIA	ÍNDICE	CATEGORIA	ÍNDICE	CATEGORIA
0 – 20	SUAVE	0 – 50X10 <sup>3</sup>	LIGERO	0 – 20	SUAVE
20 – 40	LIGERO	50X10 <sup>3</sup> – 100X10 <sup>3</sup>	BAJO	20 – 100	BAJO
40 – 60	MODERADO	100X10 <sup>3</sup> – 200X10 <sup>3</sup>	MADERADO	100 – 500	MODERADO
60 – 75	MOD. ALTO	200X10 <sup>3</sup> – 400X10 <sup>3</sup>	ALTO	500 – 1100	ALTO GRUPO 1
75 – 90	ALTO	400X10 <sup>3</sup> – 1X10 <sup>6</sup>	MUY ALTO	1100 – 2500	ALTO GRUPO 2
90 – 115	EXTREMO	1X10 <sup>6</sup> – 2X10 <sup>6</sup>	INTENSO	2500 – 12500	MUY ALTO
115 – 150	MUY EXTREMO	2X10 <sup>6</sup> – 5X10 <sup>6</sup>	EXTREMO	12500 – 65000	EXTREMO
150 – 200	POT. CATAST.	5X10 <sup>6</sup> – 10X10 <sup>6</sup>	MUY EXTREMO	> 65000	MUY EXTREMO
> 200	MUY CATAST.				

TABLAS 1.3: ÍNDICES MOND PARA FUEGO, EXPLOSIÓN Y TOXICIDAD.

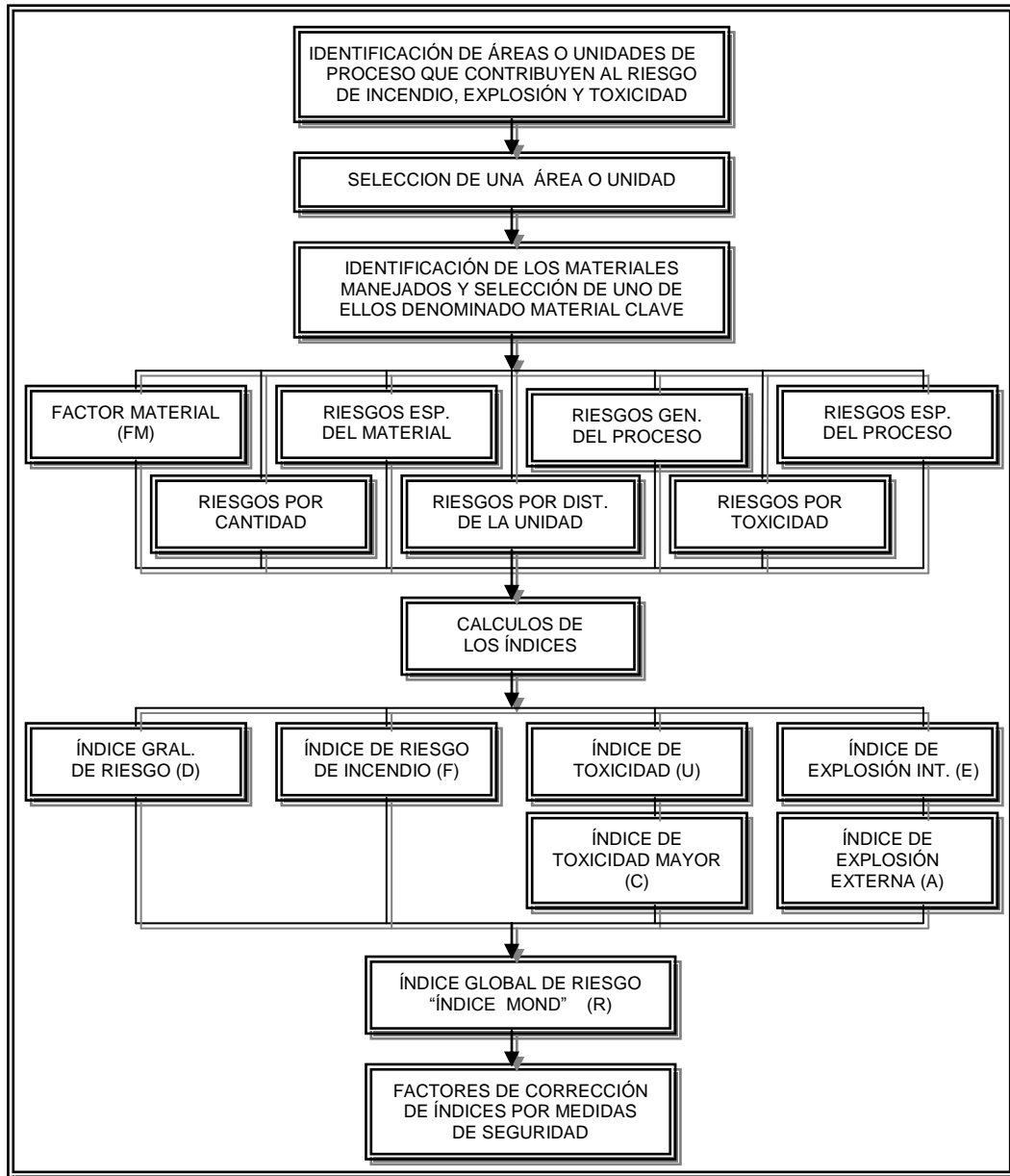


FIGURA 1.6: DIAGRAMA DE APLICACIÓN PARA LA TÉCNICA DEL ÍNDICE MOND.

#### 1.4.7 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS (FMEA).

Un análisis de modos de fallas y efectos, es un procedimiento donde se describen las causas que originan que el equipo o sistema falle y la respuesta o efectos a dichas fallas.

El propósito de esta metodología, es identificar los modos de fallas en los equipos y sus efectos sobre un sistema de proceso, siendo aplicada en las etapas de diseño, operación y principalmente en modificaciones de plantas o procedimientos de mantenimiento no rutinarios. La información necesaria para realizar esta técnica es principalmente:

- DTI's de la planta
- lista de equipo.

Los resultados obtenidos de dicho análisis, es la tabulación de los modos de falla del equipo así como sus efectos. Este análisis requiere de dos analistas que estén familiarizados con el proceso y equipo de su área, teniendo la opción de cambiar de analistas de una sección de la planta a otra. El tiempo empleado es menor que muchas de las técnicas de identificación de riesgos.

**CAPÍTULO I METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS**

<b>ÍNDICE MOND DE FUEGO, EXPLOSIÓN Y TOXICIDAD.</b>		
EMPRESA O PLANTA: AREA O UNIDAD DE PROCESO: MATERIALES: MATERIAL CLAVE:	FECHA: FACTOR MATERIAL (B): REACCION QUIMICA: FORMULA QUIMICA:	
CARACTERISTICAS	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO
<b>I.- RIESGOS ESPECIALES DEL MATERIAL (REMC).</b>		
1.- MATERIAL OXIDANTE.	0-20	
2.- REACCION PELIGROSA EN AGUA.	0-30	
3.- CARACTERISTICAS DE DISPERSION Y MEZCLADO (DM).	(-60)-60	
4.- COMBUSTION ESPONTANEA.	30-250	
5.- POLIMERIZACION ESPONTANEA.	25-75	
6.- SENSIBILIDAD A LA IGNICION.	0-160	
7.- DESCOMPOSICION EXPLOSIVA.	75-125	
8.- DETONACION EN FASE GASEOSA.	0-150	
9.- EXPLOSION EN FASE CONDENSADA.	200-1500	
10.- OTROS.	0-150	
SUMA DE FACTORES DE (REMC) (M) =		
<b>II.- RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (RGP).</b>		
1.- MANEJO Y CAMBIOS FISICOS.	0-50	
2.- REACCION UNICA CONTINUA.	25-50	
3.- REACCION UNICA POR LOTES.	10-60	
4.- REACCIONES MULTIPLES EN UN MISMO EQUIPO.	0-75	
5.- TRANSFERENCIA DE MATERIALES.	0-50	
6.- CONTENEDORES PORTATILES.	10-100	
SUMA DE FACTORES DE (RGP) (P) =		
<b>III.- RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO (REP).</b>		
1.- BAJA PRESION (MAYOR A 1 KG/CM2 ABS.)	0-100	
2.- ALTA PRESION (p).	0-160	
3.- BAJA TEMPERATURA.		
A) ACERO AL CARBON (-10 °C A 0 °C).	15	
B) ACERO AL CARBON (ABAJO DE -10°C).	60-100	
C) OTROS MATERIALES.	0-100	
4.- ALTA TEMPERATURA.		
A) MATERIALES INFLAMABLES.	0-40	
B) RESISTENCIA DE MATERIALES DE CONSTRUCCION.	0-25	
5.- CORROSION Y/O EROSION.	0-150	
6.- FUGAS DE JUNTAS Y EMPAQUES.	0-60	
7.- VIBRACION.	0-50	
8.- PROCESO O REACCIONES DIFICILES DE CONTROLAR.	20-300	
9.- OPERACION EN O CERCA DEL INTERVALO DE INFLAMABILIDAD.	0-150	
10.- RIESGO DE EXPLOSION MAYOR.	40-100	
11.- POLVOS O NIEBLAS RIESGOSAS.	30-70	
12.- MATERIALES FUERTEMENTE OXIDANTES.	0-300	
13.- SENSIBILIDAD A LA IGNICION.	0-75	
14.- RIESGOS ELECTROSTATICOS.	10-200	
SUMA DE FACTORES DE (REP) (S) =		
<b>IV.- RIESGOS POR CANTIDAD (RPC).</b>		
1.- VOLUMEN (M3).		
2.- DENSIDAD.		
3.- TEMPERATURA DE PROCESO (tp).		
SUMA DE FACTORES DE (RPC) (Q) =		
<b>V.- RIESGO POR CONSTRUCCION Y DISTRIBUCION DE EQUIPO (RCDE).</b>		
1.- ALTURA DE LA UNIDAD H (M).		
2.- SUPERFICIE DE TRABAJO N (M2).		
3.- DISEÑO ESTRUCTURAL.	10-200	
4.- EFECTO "DOMINO".	0-150	
5.- INSTALACIONES SUBTERRANEAS.	0-150	
6.- DRENAJE SUPERFICIAL.	0-100	
7.- OTROS.	0-250	
SUMA DE FACTORES DE (RCDE) (L) =		
<b>VI.- RIESGOS POR TOXICIDAD (RPT).</b>		
1.- PENALIZACION POR TLV (TRESHOLD LIMIT VALUE).	0-300	
2.- FORMA DEL MATERIAL.	0-200	
3.- EXPOSICION CORTA.	(-100)-150	
4.- ABSORCION POR LA PIEL.	0-300	
5.- FACTORES FISICOS.	0-50	
SUMA DE FACTORES DE (RPT) (T) =		

HT-1.5: FORMATO PARA LA ELABORACION DEL ÍNDICE MOND.



**CAPÍTULO I METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS**

<b>ÍNDICE MOND DE FUEGO, EXPLOSION Y TOXICIDAD.</b>		
EMPRESA O PLANTA: AREA O UNIDAD DE PROCESO: MATERIALES: MATERIAL CLAVE:	FECHA:	
CARACTERISTICAS	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO
<b>VII.- CALCULOS DE INDICES DE RIESGOS.</b>		
1.- ÍNDICE GENERAL DE RIESGO (EQUIVALENTE AL DOW) $D=B(1+M/100)(1+P/100)(1+(S+Q+L)/100+T/400)$		
2.- ÍNDICE DE RIESGO DE INCENDIO $F = 20500 BK/N (=) BTU/FT^2$		
3.- ÍNDICE DE TOXICIDAD DE LA UNIDAD $U = T/100 (1+(M+P+S)/100)$		
4.- ÍNDICE DE TOXICIDAD MAYOR $C = (Q)(U)$		
5.- ÍNDICE DE EXPLOSION INTERNA $E = 1+ (M+P+S)/100$		
6.- ÍNDICE DE EXPLOSION EXTERNA. $A = B (1+DM/100) (Q) (H) (E) (tp/300) ((1+p)/1000)$		
7.- ÍNDICE GLOBAL DE RIESGO (ÍNDICE MOND) $R = D(1+(F) (U) (E) (A))EXP 0.5 /1000))$		
<b>VIII.- FACTORES DE REDUCCION POR MEDIDAS DE SEGURIDAD (FRMS).</b>		
1.- SISTEMAS DE CONTENCION (SDC).		
A) RECIPIENTES A PRESION.	0.9-1.0	
B) TANQUES VERTICALES ATMOSFERICOS.	0.8-0.9	
C) TUBERIA DE TRANSFERENCIA		
C.1) DISEÑO MECANICO.	0.6-0.9	
C.2) JUNTAS Y EMPAQUES.	0.9-0.95	
D) CONTENCION ADICIONAL.	0.4-0.95	
E) DETENCION Y RESPUESTAS A FUGAS.	0.8-0.95	
F) SISTEMAS DE ALIVIO, VENDEO Y ELIMINACION DE LIQUIDO.	0.9-0.95	
<b>PRODUCTO TOTAL DE FACTORES (SDC) (K1) =</b>		
2.- CONTROL DE PROCESO (CDP).		
A) SISTEMA DE ALARMAS DE PROCESO.	0.9-0.95	
B) SUMINISTRO DE ENERGIA DE EMERGENCIA.	0,9	
C) SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO.	0.9-0.95	
D) SISTEMA DE GAS INERTE.	0.8-0.95	
E) ANALISIS DE RIESGOS.	0.7-1.0	
F) SISTEMA DE PARO DE SEGURIDAD (EMERGENCIA).	0.75-0.95	
G) CONTROL AUTOMATICO POR COMPUTADORA.	0.85-0.95	
H) CONTROL AUTOMATICO DE EXPLOSIONES.	0.70-0.95	
I) INSTRUCCIONES DE OPERACION.	0.88-0.97	
J) SUPERVISION DE LA PLANTA.	0.95-0.97	
<b>PRODUCTO TOTAL DE FACTORES (CDP) (K2) =</b>		
3.- ACTITUD DE SEGURIDAD (ADS).		
A) INVOLUCRAMIENTO DE LA GERENCIA.	0.90-0.95	
B) ENTRENAMIENTO EN SEGURIDAD.	0.80-0.95	
C) PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD Y EMERGENCIA.	0.80-0.98	
<b>PRODUCTO TOTAL DE FACTORES (ADS) (K3) =</b>		
4.- PROTECCION CONTRA INCENDIO (PCI).		
A) PROTECCION A ESTRUCTURAS.	0.80-0.98	
B) BARRERAS CONTRA INCENDIO.	0.80-0.97	
C) PROTECCION A EQUIPOS.	0.50-0.97	
<b>PRODUCTO TOTAL DE FACTORES (PCI) (K4) =</b>		
5.- AISLAMIENTO DE MATERIALES (ADM).		
A) SISTEMAS DE VALVULAS.	0.65-0.90	
B) VENTILACION.	0,9	
<b>PRODUCTO TOTAL DE FACTORES (ADM) (K5) =</b>		
6.- COMBATE DE INCENDIOS (CDI).		
A) ALARMAS DE EMERGENCIAS.	0,9	
B) EXTINTORES PORTATILES.	0.85-0.95	
C) SUMINISTRO DE AGUA CONTRA INCENDIO.	0.75-0.95	
D) SISTEMAS DE ROCIADORES Y MONITOREO.	0.70-0.95	
E) ESPUMA Y GAS INERTE.	0.70-0.90	
F) BRIGADA.	0.70-0.95	
G) APOYO EXTERNO E INTERNO.	0.85-0.90	
H) EXTRACCION DE HUMO.	0,9	
<b>PRODUCTO TOTAL DE FACTORES (CDI) (K6) =</b>		
<b>IX.- CALCULO DE INDICES ACTUALES DE RIESGO.</b>		
INDICES ACTUALES	VALOR.	CATEGORIA.
1.- ÍNDICE ACTUAL DE RIESGO DE INCENDIO. $FA = (F) (K1) (K4) (K5)$		
2.- ÍNDICE ACTUAL DE EXPLOSION INTERNA. $EA = E (K2) (K3)$		
3.- ÍNDICE ACTUAL DE EXPLOSION EXTERNA. $AA = A (K1) (K5) (K6)$		
4.- ÍNDICE GLOBAL DE RIESGO ACTUAL (MOND) $RA = R (K1) (K2) (K3) (K4) (K5) (K6)$		
OBSERVACIONES:		

HT-I.5: FORMATO PARA LA ELABORACION DEL ÍNDICE MOND. (CONTINUACION)

Dado que el análisis FMEA es cuantitativo y depende del equipo y sistema que se está estudiando, en este contexto, se pueden identificar tres tipos de análisis de modos de fallas y efectos:

- ◆ FMEA individual (normal).
- ◆ FMEA como auxiliar del análisis HAZOP.
- ◆ FMEA como un precursor del FTA o CPQRA (Análisis de Riesgo Cuantitativo para Procesos Químicos, Chemical Process Quantitative Risk Analysis).

En la tabla 1.4 se muestra una lista de parámetros los cuales diferencian los tipos de FMEA mencionados anteriormente y en la hoja de trabajo HT-I.6 se muestra un típico formato para este tipo de análisis.

TIPOS DE ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS (FMEA)		
FMEA	FMEA CON HAZOP	FMEA CON FTA/CPQRA
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ EQUIPO.</li> <li>◆ FUNCIONES BÁSICAS.</li> <li>◆ MODOS DE FALLAS.</li> <li>◆ EFECTOS.</li> <li>◆ SEVERIDAD.</li> <li>◆ PROBABILIDAD.</li> <li>◆ ESCALA DE RIESGO.</li> <li>◆ RECOMENDACIONES.</li> <li>◆ RECOMENDACIONES DE FALLAS MÚLTIPLES.</li> <li>◆ ASIGNACIÓN A ESTADOS DE MULTICOMPONENTES/EQUIPOS</li> <li>◆ EFECTO DOMINÓ.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ EQUIPO.</li> <li>◆ MODOS DE FALLAS.</li> <li>◆ EFECTOS.</li> <li>◆ ESCALA DE RIESGO DE ALGUNOS EQUIPOS.</li> <li>◆ RECOMENDACIONES DE FALLAS MÚLTIPLES DE ELEMENTOS SELECCIONADOS, BASADOS EN SU CRITICIDAD.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ EQUIPO.</li> <li>◆ FUNCIONES BÁSICAS.</li> <li>◆ MODOS DE FALLAS.</li> <li>◆ EFECTOS.</li> <li>◆ SEGREGAR TODOS LOS MODOS DE FALLAS PRODUCIENDO EFECTOS SIMILARES O IDÉNTICOS.</li> </ul>

TABLA 1.4: TIPOS DE ANALISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS (FMEA).

FORMATO DE ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS (FMEA).					
FECHA:			PAGINA: DE		
PLANTA:			REFERENCIA:		
SISTEMA:					
ELEMENTO	IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	MODO DE FALLA	EFECTOS	ESCALA CRÍTICA

HT-I.6: FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS (FMEA).

A continuación se describe una guía para aplicar correctamente el análisis de modos de fallas y efectos en una instalación de proceso y un diagrama del mismo en la figura 1.7

- a) Identificación de equipos de conjuntos específicos (ítems) que serán analizados. La identificación debe ser única para cada conjunto de equipos similares.
- b) La descripción del equipo puede incluir tipos de equipo (bombas, válvulas, intercambiadores de calor), configuraciones de la operación (normalmente cerrado, normalmente abierto, corrida continua, etc.) y algún servicio con otras características que pueden influenciar en los modos de fallas (alta presión, servicio de agua salada, etc.).
- c) Se debe incluir todos los modos de fallas para cada grupo de equipos similares.
- d) Se deben identificar los efectos de cada modo de falla. Los efectos son los resultados esperados e inmediatos que produce la falla en ese equipo o parte del sistema. Los efectos que tienen mayor interés son en los cuales el último resultado es la liberación de un material tóxico, inflamable o explosivo.

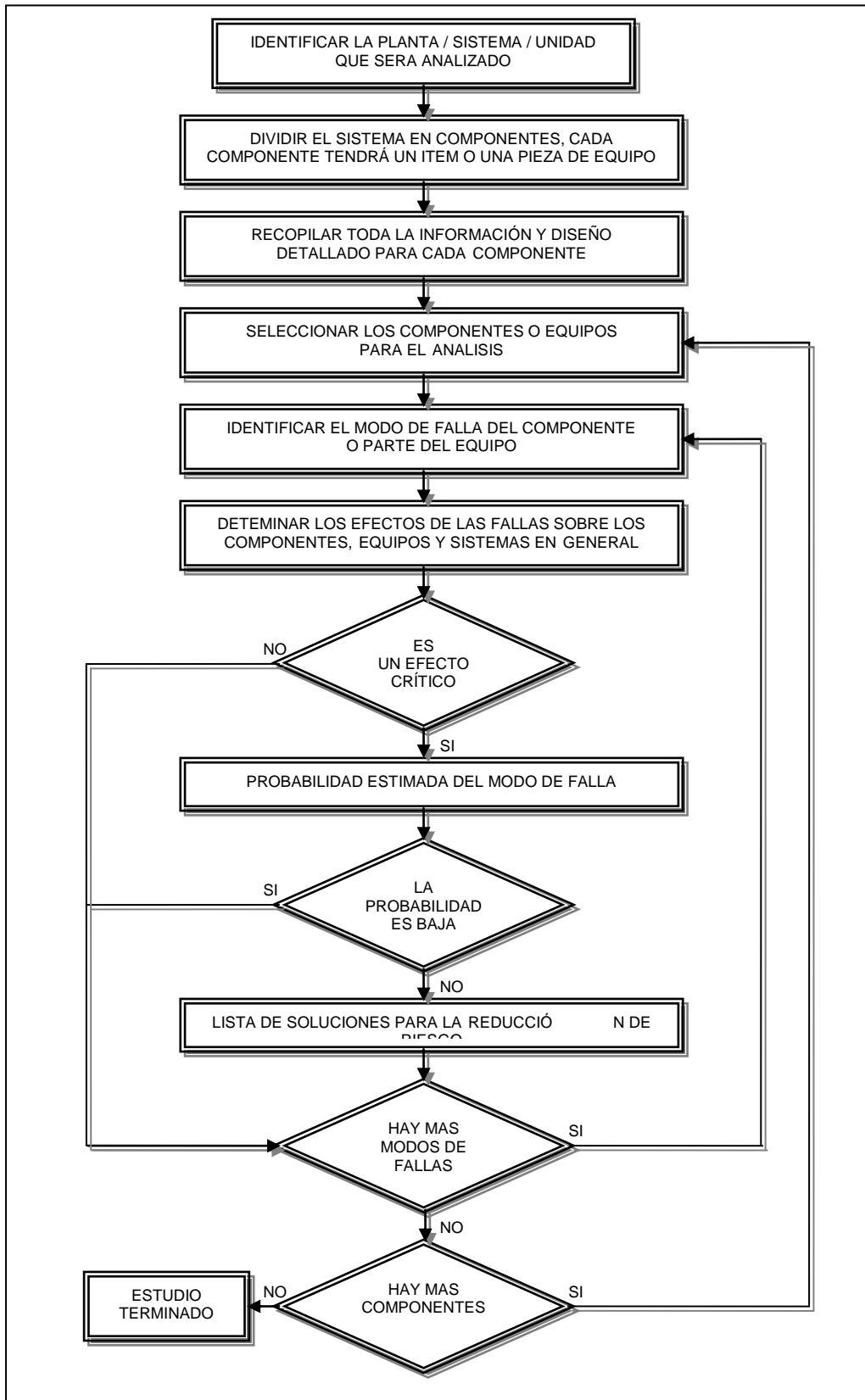


FIGURA 1.7: DIAGRAMA DE APLICACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y EFECTOS (FMEA).

#### 1.4.8 ANÁLISIS DE ÁRBOL DE FALLAS (FTA)

El análisis de árbol de fallas, es una técnica que utiliza el razonamiento deductivo, enfocándose sobre un evento de algún accidente particular y luego construyendo las representaciones esquemáticas o diagramas lógicos de todas las secuencias de eventos concebidos (humanos y mecánicos) los cuales pueden causar un accidente o evento indeseable.

El árbol de fallas es un modelo gráfico que ilustra las combinaciones de fallas de equipo y errores humanos, las cuales pueden causar una falla específica de interés llamada “evento cumbre”. Esta técnica es un método estructural y sistemático que puede ser utilizado en un sistema sencillo debido a que emplea los símbolos de la lógica booleana como compuertas “Y” u “O” para romper hacia abajo las causas de un evento cumbre, dentro de las fallas de los equipos básicos y errores humanos llamados “eventos básicos”. Por tal motivo el propósito principal de esta técnica es la identificación de las líneas de fallas tanto mecánicas como humanas que puede ocasionar un accidente, aplicándose básicamente en las fases de diseño, modificación u operación de las instalaciones, especialmente en análisis o procesos recientes en los cuales no hay una metodología de operación adecuada.

Las ventajas que representa esta metodología son las siguientes:

- ◆ Define varias rutas que conducen al evento cumbre.
- ◆ Cuantifica la probabilidad de llegar a los eventos cumbres.
- ◆ Genera información objetiva para la toma de decisiones.
- ◆ Analiza combinaciones de eventos.
- ◆ Analiza los errores humanos.
- ◆ Permite comparar los índices de pérdida de los procesos modificados y no modificados.

Las desventajas que representa esta metodología son las siguientes:

- ◆ Requiere de un conocimiento muy completo del caso de estudio.
- ◆ El árbol puede ser difícil de interpretar, ya que no es fácilmente comprensible por el lector.
- ◆ Es costoso ya que requiere de mucho tiempo.
- ◆ Se enfoca a los eventos y no a los procesos (campo de acción limitado).
- ◆ Requiere de la experiencia de especialistas.
- ◆ Requiere de entrenamiento para utilizarlo.

Los resultados arrojados por este tipo de estudio son una serie de diagramas lógicos que ilustran las combinaciones de fallas de equipo mecánico y/o errores humanos que pueden ocasionar accidentes específicos, los cuales son de carácter cualitativos pero pueden ser cuantitativos si se cuenta con las razones de datos de fallas disponibles para eventos posibles.

Debido a que el análisis está orientado a un solo evento, el responsable de la evaluación deberá seleccionar el evento indeseable, el cual pudo surgir de un resultado de análisis previo como WHAT IF, HAZOP o FMEA, no perdiendo de vista que el objetivo es el de determinar la forma en la que el sistema de procesamiento podría fallar o provocar el evento indeseable o evento cumbre.

Los requerimientos de información para la utilización de esta metodología son:

- ◆ Diagramas de tubería e instrumentación.
- ◆ Especificaciones y dibujos de equipos.
- ◆ Procedimientos de operación.
- ◆ Conocimientos de modos de fallas en equipos.
- ◆ Equipo de emergencia y control.
- ◆ Información de datos de razones de fallas.

Generalmente una persona es suficiente para realizar esta actividad preparando un árbol de fallas sencillo para un accidente dado, esta persona debe conocer el proceso total y tener amplia experiencia. El tiempo necesario depende del tamaño de la planta, que en ocasiones puede ser considerable si ésta es compleja. Los elementos básicos para construir un análisis de árbol de fallas se muestran en la figura 1.8

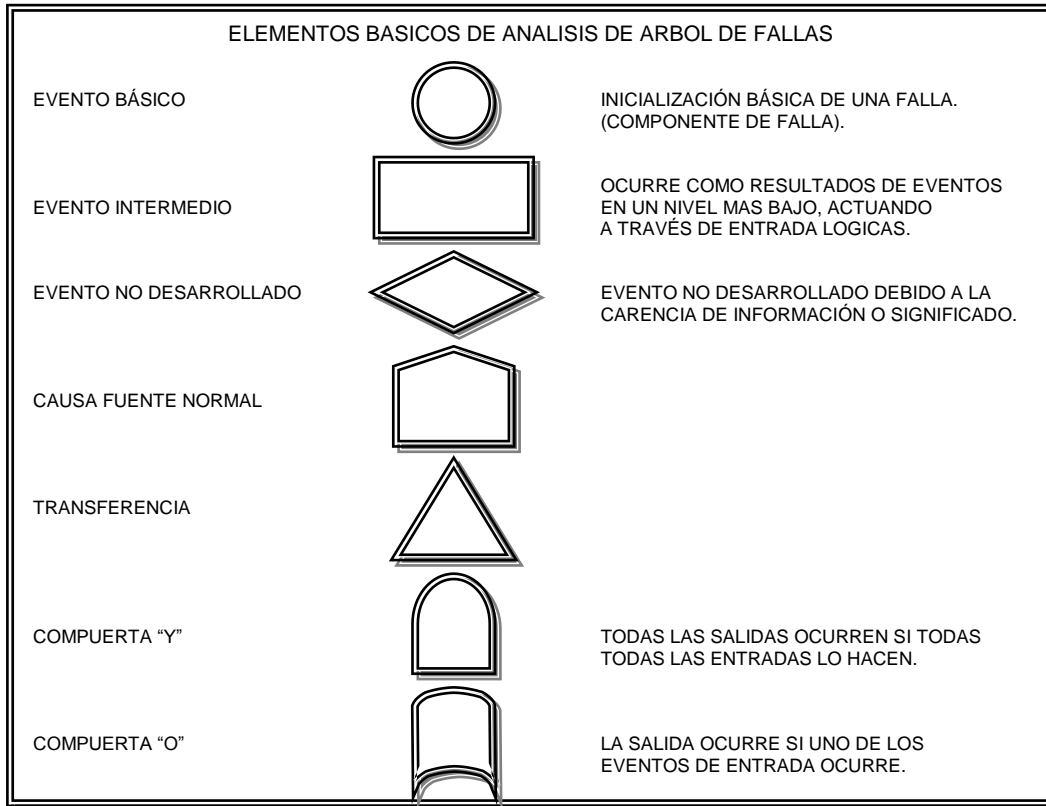


FIGURA 1.8: ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ÁRBOL DE FALLAS (FTA).

Un análisis de árbol de fallas generalmente consta de los siguientes pasos:

- Identificar las fallas en los sistemas (evento cumbre) que se analizarán y colocar este evento en la parte superior del árbol.
- Proceder al siguiente nivel del sistema, por ejemplo nivel subsistema e identificar las fallas de los subsistemas que pueden traer como consecuencia el evento que se encuentra en la parte superior del árbol.
- Determinar la relación lógica entre los subsistemas de fallas que son requeridas para producir el evento de la parte superior o evento cumbre.
- Utilizar las palabras clave o compuertas "Y" u "O" en la estructura lógica que muestre la relación de los subsistemas de fallas que producen el evento cumbre.
- Proceder a los siguientes subsistemas más abajo y repetir los incisos (B) hasta (D) y repetirlo hasta que las fallas de los respectivos niveles hayan sido identificadas.
- Evaluar la aceptabilidad de la frecuencia del evento cumbre. Calcular la probabilidad de las fallas descritas en el árbol y seguir la estructura lógica indicadas por las compuertas "Y" u "O" en el árbol de fallas hasta que la probabilidad de los eventos superiores hayan sido calculadas.

En la tabla 1.5 se presentan algunos de los simuladores o programas más importantes que se utilizan en el cálculo de árbol de fallas.

PROGRAMAS PARA CÁLCULOS DE ÁRBOLES DE FALLAS.	
ACTIVIDAD	NOMBRE DEL PROGRAMA
CONSTRUCCION DE ÁRBOLES DE FALLAS	RIKKE CAT FAULT PROPAGATION DIGRAPH IRRAS -PC TEDRA GRAFTER BRAVO
EXAMINACIÓN CUALITATIVA	IRRAS -PC CAFTA +PC SAICUT MOCUS GRAFTER BRAVO
EXAMINACIÓN CUANTITATIVA	IRRAS -PC CAFTA +PC SUPERPOCUS GRAFTER BRAVO RISKMAN

TABLA 1.5: PROGRAMAS UTILIZADOS PARA CÁLCULOS DE ÁRBOL DE FALLAS (FTA).

#### 1.4.9 ANÁLISIS DE ÁRBOL DE EVENTOS (ETA)

El análisis de árbol de eventos es una representación gráfica de los sucesos potenciales que pueden resultar de fallas específicas de equipos o errores humanos, estos análisis consideran la responsabilidad del personal y sistemas de seguridad relacionados con la falla.

Cómo se puede observar, este análisis tiene como propósito principal identificar la secuencia de los eventos que sigue una falla o error humano para provocar un accidente. Generalmente se aplica durante la fase de diseño, modificación u operación de las instalaciones, particularmente como herramienta que permite demostrar la eficiencia de los procedimientos de emergencia y técnicas de mitigación en la prevención de accidentes.

Los resultados obtenidos de esta técnica, son una serie de árboles de eventos que ilustran la secuencia de los eventos que generan accidentes siguiendo la línea del evento ya iniciado, los resultados son de carácter cualitativo pero pueden ser cuantitativos si las probabilidades de los eventos se conocen. Se requiere conocer los eventos iniciales (fallas de equipos y errores humanos) y los procedimientos de equipo y mitigación para desarrollar la técnica, así como un pequeño grupo de 2 ó 3 personas, con conocimiento del proceso y equipo involucrado en la planta para realizar su adecuada implementación de la misma.

Un análisis de árbol de eventos comprende los siguientes pasos:

- a) Identificar el evento inicial. Esto puede ser la falla de algún sistema, falla de equipo, error humano o proceso que puede tener consecuencias severas; los efectos que ocurren dependen de cómo el sistema o el operador responde al evento.
- b) Identificar cual sistema de seguridad u operador responsable maneja el evento inicial. Estas funciones de seguridad pueden incluir sistemas que respondan automáticamente a estos eventos, como: sistemas de paro de emergencia automáticos, alarmas que alertan a los operadores y las acciones de los mismos a la respuesta de dichas alarmas. El analista debe identificar estas funciones de seguridad en el orden cronológico que se espera sucederán.

- c) Construcción del árbol de eventos. Primero se debe introducir el evento inicial en la parte izquierda de la página, entonces se listan las funciones de seguridad a través de la página en orden cronológico, después se decide que suceso o falla de las funciones de seguridad afectará el curso del accidente, si el curso del accidente se ve afectado el árbol de eventos aumenta su cantidad de divisiones o brazos, para distinguir entre sucesos y fallas de las funciones de seguridad se coloca “suceso” en la parte superior del brazo de las llaves y la “falla” en la parte inferior.
- d) Describir las secuencias de accidentes. Las secuencias son la variedad de resultados que pueden ocurrir siguiendo al evento inicial, algunas de las secuencias pueden representar sucesos, por ejemplo: un retorno anormal o una orden de paro. Esto puede traer como consecuencia que la falla debe analizarse para determinar cómo mejorar la respuesta al evento para minimizar la probabilidad de falla.

#### 1.4.10 ANÁLISIS CAUSA CONSECUENCIA.

El análisis causa consecuencia es una combinación del análisis de árbol de fallas y del análisis de árbol de eventos, este análisis traza un accidente desde el evento inicial (causa) hasta su impacto final (consecuencia).

El diagrama causa consecuencia ilustra la relación directa de las causas y consecuencias, esto lo hace una buena herramienta de comunicación, la cual se conduce por los siguientes pasos:

- a) Seleccionar el evento a evaluar. Este evento puede ser el superior (como en un árbol de fallas) o un evento inicial (como en un árbol de eventos) por lo que algún evento que puede ser de interés en un análisis de árbol de falla o en un análisis de árbol de eventos es también importante para un análisis causa consecuencia.
- b) Identificar las funciones de seguridad que pueden influenciar para provocar un accidente. Estas funciones de seguridad son comúnmente mostradas en un árbol de eventos, por ejemplo sistemas de seguridad, acciones del operador, procedimientos, etc.
- c) Desarrollar las partes del accidente, resultado de otro evento. Este paso es también común en un análisis de árbol de eventos, la única diferencia real es la representación gráfica; el análisis de causa consecuencia usa llaves para mostrar los eventos, mientras que el árbol de eventos no usa ningún símbolo, el punto central de la llave contiene la descripción de la función de seguridad que es normalmente escrita en la parte superior de un árbol de eventos.
- d) Examinar los eventos y las fallas de las funciones de seguridad. Para determinar las causas del evento, se realiza un procedimiento similar al del árbol de fallas, debido a que cada falla de las funciones de seguridad es tratada como un evento de un árbol de fallas.
- e) Determinar los cortes mínimos de los accidentes. Este paso es análogo al corte en la determinación de árboles de fallas, con la compuerta “Y” con la secuencia de posible ocurrencia desde la parte superior del evento.
- f) Evaluar los resultados. Las secuencias de accidentes pueden tener una escala de acuerdo a la severidad o importancia de la seguridad en la planta, para cada secuencia de accidentes significativo, los cortes mínimos determinan las causas básicas más importantes.

#### 1.4.11 ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS “HAZOP”

El HAZOP es una técnica de análisis de seguridad de procesos, desarrollada para identificar los problemas de operabilidad y riesgos en procesos complejos. La aplicación de la técnica HAZOP propicia ideas creativas tendientes a disminuir la probabilidad de riesgo y tener un mayor control durante los problemas en la operación de los procesos. Esencialmente el procedimiento de análisis consiste en una examinación metódica y sistemática de los documentos de diseño que describen las instalaciones, cuestionando sistemáticamente cada una de sus partes para descubrir como las desviaciones de la intención de diseño y operación pueden ocurrir e identificar cuales de éstas pueden dar por resultado un riesgo.

Esta técnica fue desarrollada en la década de los 60's siendo del tipo cualitativo, en donde participa un grupo multidisciplinario que colabora y estructura sus razonamientos reforzándolos con mayor facilidad que una sola persona, cada miembro del grupo colabora con su propia pericia y experiencia mostrándola a los demás elementos con el fin de identificar los problemas de riesgo en los procesos que pueden causar accidentes. El grupo HAZOP examina cada parte de la planta seleccionada para el estudio, de tal forma que se encuentren las posibles anomalías en el proceso y entonces determinar como estas anomalías pueden ocurrir y que efectos pueden producir, los métodos para prevenir las anomalías o reducirlas, así como también sus efectos adversos son contemplados, se debe utilizar una forma estructurada de responder a las preguntas en un esfuerzo por asegurarse de que el análisis realizado es completo y confiable.

La premisa de la técnica HAZOP es que puede existir un problema si el proceso se desvía de sus parámetros de diseño. Por tal motivo la base de la investigación del HAZOP es la desviación. Una desviación ocurre sólo si el parámetro del proceso que se está estudiando se encuentra fuera del rango deseado, por ello cada parte de las instalaciones y/o equipos de proceso seleccionados previamente para ser analizados por esta técnica, denominados “Nodos de Estudio”, se someten a una serie de preguntas formuladas, basadas en “Palabras Guías”, las cuales son empleadas para garantizar que todos los caminos posibles para que ocurra una desviación de la intención de diseño y operación sean analizados, lo que normalmente genera una serie de desviaciones teóricas y cada desviación es considerada para identificar sus causas posibles, consecuencias y acciones a seguir para su eliminación.

Las ventajas que representa esta metodología son las siguientes:

- ◆ Incluye múltiples puntos de vista.
- ◆ En forma estructurada se identifican mayor número de problemas con una visión de grupo.
- ◆ Toma en cuenta el error humano.
- ◆ Analiza en detalle el proceso o sistema.
- ◆ En general permite identificar entre el 90-99% los riesgos existentes, pero sin ser todos reales.

Las desventajas que representa esta metodología son las siguientes:

- ◆ El éxito o fracaso depende de la exactitud y actualización de la información, diagramas y habilidades del grupo.
- ◆ Es un método muy cansado, se requiere en teoría para un nuevo proyecto de 6 meses con sesiones de 40 horas semanales.
- ◆ No indica las interacciones entre nodos o secciones del sistema.

Un estudio HAZOP puede realizarse en varias ocasiones con diferentes motivos, aunque dicho estudio puede conducirse durante las fases de diseño, modificación u operación de las instalaciones. Un estudio HAZOP tiene dos grandes objetivos:

- ◆ Identificación de daños o peligros: Determinar las características de la planta, sistemas de proceso, equipo o procedimientos que representen accidentes potenciales.



- ◆ Identificación de problemas de operación: Determinar los problemas de operabilidad, los cuales pueden resultar de fallas de documentos de diseño de productividad, estos problemas operativos pueden o no ser peligrosos.

Los objetivos y alcances de un estudio HAZOP usualmente se fijan por la persona responsable del proyecto específico que se estudiará, aunque los comentarios del grupo que lo integran sirven para mejorarlo, por tal motivo es necesario definir algunos objetivos de estudio como son:

- ◆ Verificar el diseño del proceso para problemas de seguridad y operación.
- ◆ Verificar procedimientos de operación y seguridad.
- ◆ Proporcionar mayor seguridad a los servicios en operación.
- ◆ Mejorar la operación de la planta para minimizar problemas de este tipo.
- ◆ Verificar si los sistemas de control e instrumentación planeados son necesarios y suficientes.
- ◆ Verificar si los servicios diseñados contienen buenas prácticas de ingeniería.
- ◆ Verificar si los sistemas nuevos o modificados son compatibles con los sistemas existentes.

### PROCEDIMIENTO GENERAL DEL HAZOP.

A continuación se presenta el procedimiento utilizado para desarrollar el estudio HAZOP. Los pasos a seguir en dicho procedimiento son los siguientes:

1. Seleccionar al líder y miembros del equipo de revisión y capacitarlos respecto al proceso.

Como se mencionó anteriormente, un estudio HAZOP requiere de un grupo multidisciplinario y con experiencia para ser efectivo, este tipo de estudio no debe depender de un solo miembro dado que este último no tiene todo el conocimiento y experiencia necesaria para desarrollar el análisis de toda la planta propiamente, por tal motivo se recomienda que un equipo ideal debe conformarse de cuatro a siete personas de las siguientes disciplinas:

- ◆ Coordinador o líder.
- ◆ Documentador.
- ◆ Ingeniero de Procesos.
- ◆ Ingeniero de Operación.
- ◆ Ingeniero de Seguridad.
- ◆ Ingeniero de Mantenimiento.
- ◆ Ingeniero de Instrumentación y Control.

El tiempo requerido del personal anteriormente citado es de tiempo completo para el coordinador, documentador e ingenieros de procesos y operaciones, para el resto del equipo será de tiempo parcial conforme se requiera en el estudio.

2. Seleccionar la información requerida para el análisis.

Una vez que los objetivos y el alcance del trabajo han sido definidos y que el grupo de trabajo se ha seleccionado, se comienza con el trabajo preparatorio, esto involucra la obtención de datos necesarios para el estudio, planeación de la secuencia de trabajo y arreglo de las reuniones del equipo HAZOP, la información requerida para el análisis es la siguiente:

- ◆ Diagramas de Flujo de Proceso.
- ◆ Diagramas de Tubería e Instrumentación.
- ◆ Diagramas Lógicos de Control e Instrumentación.
- ◆ Plano de Localización General del Equipo.
- ◆ Procedimientos de Operación. Los datos del vendedor.
- ◆ Dibujos de fabricantes.

- ◆ Hojas de datos de equipo.
  - ◆ Características físicas y químicas de las sustancias.
3. Llevar a cabo la planeación de la revisión.
- ◆ El líder debe preparar el calendario de reuniones con tiempos y días preestablecidos.
  - ◆ De preferencia deben celebrarse dos reuniones por semana como máximo.
  - ◆ Se debe programar una reunión por cada diagrama de tubería e instrumentación.
  - ◆ Se debe considerar la cantidad de equipos duplicados, complejidad y tipo de proceso.
4. Aplicar la metodología del estudio HAZOP al nodo seleccionado.

#### A) NODOS DE ESTUDIO

El primer paso del estudio “HAZOP” es decidir o seleccionar los puntos específicos o localización en el proceso donde se examinarán las desviaciones del proceso, estos puntos son llamados “Nodos de Estudio”. Un nodo de estudio puede ser un recipiente, bomba, compresor o una línea de entrada o salida a un equipo de proceso.

Se pueden elegir bombas y compresores como nodos de estudio, generalmente se recomienda que esto se lleve a cabo cuando la bomba o compresor es la mayor parte del sistema de proceso, una bomba o compresor de importancia menor generalmente se incluye como parte de la verificación de nodos de estudio de tuberías de descarga y succión de bombas y compresores. Para grandes compresores multietapa puede ser ventajoso designar a cada etapa como un nodo de estudio, es particularmente importante si la entrada de gas no llega totalmente desde la etapa previa o si la salida del gas no llega en su totalidad a la siguiente etapa.

Cuando se examinan intercambiadores de calor, es de gran ayuda tratar a cada sistema sin el intercambiador como nodo de estudio, el intercambiador de calor debe tener un nodo de estudio para el lado del enfriamiento o calentamiento y otro para el lado de la corriente de proceso, este mismo criterio se aplica para recipientes en los cuales dos o más sustancias se mezclan, así como algunos recipientes deben tratarse como nodos de estudio de unidades sencillas como las torres de fraccionamiento.

Es mejor seleccionar y marcar los nodos de estudio sobre un DTI, un método conveniente para seleccionar los nodos de estudio es primero marcar los recipientes mayores del proceso o tanques de almacenamiento sobre el DTI como un nodo de estudio, entonces cada línea mayor (tubería) conectada a cada uno de estos recipientes se designa como un nodo de estudio. Muchos sistemas auxiliares complejos requieren de dividirse en varios nodos de estudio para su examinación.

#### B) INTENCIÓN DEL DISEÑO

El segundo paso del estudio “HAZOP” es comprender la intención del Diseño de la parte del proceso que incluye los nodos de estudio, esto es simplemente una propuesta o definición del proceso suponiendo su función si todos los componentes operan apropiadamente.

Cuando se define la intención del Diseño, no es necesario realizarlo con gran detalle, el propósito es asegurarse que todos los miembros del grupo HAZOP comprendan el objetivo del equipo que se examinará; sin embargo, puede ser útil listar el intervalo de operación permisible para cada parámetro importante, esto puede ayudar cuando se determinen las desviaciones más preponderantes, cuando dichas desviaciones se encuentran fuera de los parámetros de rangos permisibles; lo anterior es loable si se considera que un parámetro puede estar fuera del intervalo de operación deseado sin llegar más allá del valor máximo permisible para éste parámetro.

Considerando lo descrito anteriormente, los propósitos de la intención del Diseño son los siguientes:

- ◆ Asegurarse que todos los miembros del grupo de trabajo, comprendan el propósito del equipo.
- ◆ Listar los rangos de operación de los parámetros deseados y permisibles.

C) PALABRA GUÍA, PARÁMETROS Y DESVIACIONES

El tercer paso del estudio “HAZOP” es la determinación de las posibles “Desviaciones” que surgieron en la etapa de intención del Diseño. Esto se realiza por la combinación de una serie de palabras guías y parámetros, los cuales incluyen condiciones de proceso, actividades y sustancias, como se muestran en la tabla 1.6.

CONDICIONES DE OPERACIÓN.	ACTIVIDADES.	SUSTANCIAS.
TEMPERATURA	FLUJO	AIRE
PRESIÓN	TRANSFERENCIA	AGUA
NIVEL	REACCIÓN	VAPOR
CONCENTRACIÓN	REMOVER	GAS

TABLA 1.6: PARAMETROS

Las condiciones de operación y actividades deben normalmente combinarse con una sustancia para producir parámetros con un significado completo. Cuando se usan sustancias como parámetro debe especificarse la fase en que se encuentra dicha sustancia.

Existen siete palabras básicas llamadas “Palabras Guías”, las cuales se presentan con su significado, comentario y respectiva desviación en la tabla 1.7; sin embargo, hay formas alternativas como “más pronto que” y “más tarde que” las cuales pueden aplicarse en algunas ocasiones. Además en estudios donde se conozcan las desviaciones que pueden ocurrir, pero las combinaciones normales de palabras guías y parámetros no produzcan esta desviación, se podrá crear una combinación de propias palabras guías y parámetros para producir el efecto deseado.

PALABRAS GUIAS.	SIGNIFICADO.	COMENTARIOS.	DESVIACION.
No, nada.	Total negación de la intención.	Ninguna parte de la intención ocurre.	No existe flujo donde debiera. No existe energía.
Más, mayor.	Aumenta el grado de la intención.	Se refiere a cantidades y propiedades.	Mayor flujo, más carga, más tiempo de reacción, alta temperatura, presión viscosidad.
Menos, menor.	Disminuye el grado de la intención.	Se refiere a cantidades y propiedades.	Menor flujo, menos carga, menos tiempo de reacción, baja temperatura, presión, viscosidad.
A parte de, también.	Un aumento cualitativo.	La intención ocurre junto con otra actividad.	Otras fases, impurezas, otros flujos, aparte existe corrosión.
Parte de, sólo parte de.	Una disminución cualitativa.	Algunas intenciones ocurren, otras no.	Composición diferente, alguna omisión en adicionales.
Contrario a.	Ocurre lo opuesto a la lógica.	Ocurre lo contrario a lo que se esperaba.	El flujo se regresa, el producto se envenena.
En vez de, antes de, después de, a donde más.	Sustitución completa.	Ocurre algo totalmente distinto a lo esperado.	En vez de cargar "a" se carga "b"; en vez de enfriar, se calienta.

TABLA 1.7: PALABRAS GUIAS.

Algunas combinaciones de las palabras guías y parámetros no producen significados completos, por ejemplo: “No temperatura” y “Nivel de inversa”, obviamente este tipo de combinaciones

deberán evitarse, así como también reducir en lo posible combinaciones idénticas a través de dos diferentes combinaciones de palabras guías y parámetros.

#### D) CAUSAS DE DESVIACIONES

El cuarto paso del estudio “HAZOP” es la determinación de las “Causas” de las desviaciones a la intención de Diseño, por ejemplo: ¿Qué puede causar que un determinado parámetro se desvíe de la intención de Diseño original?. Las causas de las desviaciones normalmente se pueden clasificar dentro de uno de los siguientes grupos:

- a) Fallas de Hardware: Generalmente se dan cuando existen fallas de equipos, fallas de válvulas al abrir y cerrar, fallas de bombas al parar y arrancar, fallas de interruptores, etc.
- b) Error Humano: Se producen cuando algún operador comete algún error, tal como: no respetar o no considerar el sistema de seguridad, girar alguna válvula en la dirección equivocada, obtener malas lecturas en un manómetro o impresión fuera del panel de control, o una mala interpretación de una instrucción oral o escrita.
- c) Fuerzas Externas: Las desviaciones se dan por situaciones fuera de lo común en el entorno, tales como: desastres naturales (vientos fuertes, inundaciones, relámpagos, terremotos, etc.), accidentes (golpes de algún automóvil o equipo de construcción), problemas de suministro (pérdidas de fuerza eléctrica o aire de instrumentos, etc.).
- d) Estado de Proceso no Anticipado: Se producen cuando existen cambios en el proceso como un cambio en la composición, acumulaciones como costras internas, formación de hidratos, evaporaciones, etc.

#### E) CONSECUENCIAS DE LAS DESVIACIONES

El quinto paso del estudio “HAZOP” es la determinación de las “Consecuencias” de las desviaciones, las consecuencias son los resultados esperados si las desviaciones ocurren, algunas consecuencias pueden ser peligrosas (recipientes que explotan) o presentar una dificultad operacional (condensado en la corriente de alimentación de un secador) o pueden ser triviales.

Las consecuencias no ocurren inmediatamente como resultado de una desviación, por ejemplo “bajo flujo” puede provocar un nivel bajo de líquido en pocos minutos, mientras “más concentración de un contaminante corrosivo” puede provocar un incremento en la velocidad de corrosión después de un largo periodo de tiempo. Cada consecuencia puede relacionar todas, algunas o sólo una de las causas, lo cual hace innecesario compilar listas separadas de consecuencias para cada causa.

#### F) RESPUESTA ANTICIPADA

El sexto paso del estudio “HAZOP” es listar las respuestas que se esperan si la desviación ocurre, la respuesta anticipada debe incluir alarmas de proceso, respuestas automáticas de sistemas y operadores responsables. Algunos ejemplos de respuestas anticipadas son: alarmas de alta presión, sensor automático de paro de bomba, válvulas de exceso de flujo que limitan la liberación de fluidos a la atmósfera, válvulas check que prevengan el flujo inverso, análisis diarios de laboratorio que detecten cambios en la composición, detectores de fugas de gas combustible que prevenga al personal, etc. La respuesta anticipada es muy importante en un estudio HAZOP porque indica las acciones a tomar en una desviación particular.

Debe notarse que la respuesta anticipada puede ser responsabilidad de sí misma, es decir automática a una consecuencia de la desviación, por ejemplo: consideremos “No flujo” dentro de un recipiente, el cual causa que el nivel del líquido del mismo disminuya, las respuestas anticipadas deben incluir “indicador de flujo y alarma” (una respuesta a la desviación) y sistema de control de nivel de líquido que ajuste el nivel del mismo (una respuesta a la consecuencia).

Por lo indicado anteriormente, se puede resumir que una respuesta anticipada determina:

- ◆ Las condiciones indicadas para prevenir las consecuencias de las desviaciones.
- ◆ Las condiciones que indican si una desviación particular fue anticipada.
- ◆ Las condiciones para una desviación o para una consecuencia.
- ◆ Las condiciones de respuesta para una magnitud específica de desviación.

#### G) ACCIONES SUGERIDAS

El séptimo paso del estudio “HAZOP” es la determinación de actividades sugeridas para ayudar a prevenir una causa particular o mitigar una consecuencia específica. Las acciones sugeridas pueden ser simples o extensivas, dependiendo de la seriedad de las consecuencias y del nivel de seguridad u operabilidad. En general, las acciones sugeridas pueden ser cualquiera de las siguientes:

- ◆ Cambios de diseño: Adicionar un dispositivo como una válvula PSV, mover la boquilla de entrada o de salida del recipiente, instalar un sistema de retorno o “backup”, etc.
- ◆ Cambios de equipo: Reemplazar una válvula de mariposa por una válvula de globo o de tipo bola, usar una bomba de desplazamiento positivo en lugar de una bomba centrífuga, elevar la relación de presión o de la metalurgia de la tubería, usar filtros menos susceptibles a las fallas.
- ◆ Modificar procedimientos de operación: Cambiar el tiempo en el cual una acción debe tomarse, cambiar el orden de acciones a realizarse, etc.
- ◆ Mejorar el mantenimiento: Incrementar la frecuencia de monitoreo de corrosión, calibrar PSV’s con mayor frecuencia, verificar circuitos eléctricos y neumáticos periódicamente, etc.
- ◆ Mejorar la capacitación: enseñar a operadores como anticipar problemas, enseñar técnicas de monitoreo de vibración, corrosión, etc.
- ◆ Investigación adicional: las acciones sugeridas pueden no ser tan evidentes y requerir de más investigación, detalles adicionales de instrumentación y de control pueden ser necesarios.

#### H) SEGUIMIENTO

El octavo paso del estudio “HAZOP” es el seguimiento de las acciones sugeridas para determinar si esta es correcta, significativa o necesaria. El seguimiento inicial será asignado por el jefe de grupo a uno o más miembros del mismo o al departamento que pueda tener mayor conocimiento relacionado con la actividad sugerida, deben realizar esta determinación en un periodo de tiempo razonable e informar a los miembros del grupo de los resultados de este seguimiento para decidir si las acciones sugeridas serán implantadas o no.

Cuando existe una desviación y no se proponen acciones es debido a lo siguiente:

- ◆ Alarmas existentes, controles, procedimientos, etc. son suficientes o correctos sin que se genere un problema mayor de operabilidad o riesgo.
- ◆ La desviación tiene muy baja probabilidad de ocurrencia, por lo tanto no ocurrirá durante el tiempo de vida de la planta.

Lo contrario implica que el grupo HAZOP cree que ninguna de las situaciones antes citadas son verdaderas y que algún cambio es necesario para minimizar los riesgos.

## I) PROCESO ITERATIVO

El orden para especificar todas las desviaciones para un nodo de estudio determinado puede tener combinaciones diferentes, palabras guías y parámetros que deben considerarse. Esto es generalmente hacer la selección de un parámetro, aplicar la primera palabra guía y determinar las causas y consecuencias de la desviación, lo siguiente es aplicar otra palabra guía al mismo parámetro y examinar las causas y consecuencias de la segunda desviación, este proceso se repite hasta que el primer parámetro se ha combinado con todas las palabras guías, produciendo significados que realmente simulen la desviación deseada.

Lo siguiente es elegir un nuevo parámetro y entonces aplicar las palabras guías necesarias y examinar las causas y consecuencias, este proceso se repite hasta que todas las desviaciones significativas para el primer nodo de estudio se hayan tomado en cuenta, se selecciona un nuevo nodo de estudio y el proceso se repite hasta que todos los nodos de estudio hayan sido inspeccionados. Como se observa cuando se realiza un estudio HAZOP, es necesario repetir operaciones y análisis similares muchas ocasiones, esto requiere que el sistema de estudio sea bien organizado, asegurando que todas las partes del proceso hayan sido revisados. Una manera de hacer esto es siguiendo el diagrama de flujo propuesto en la figura 1.9

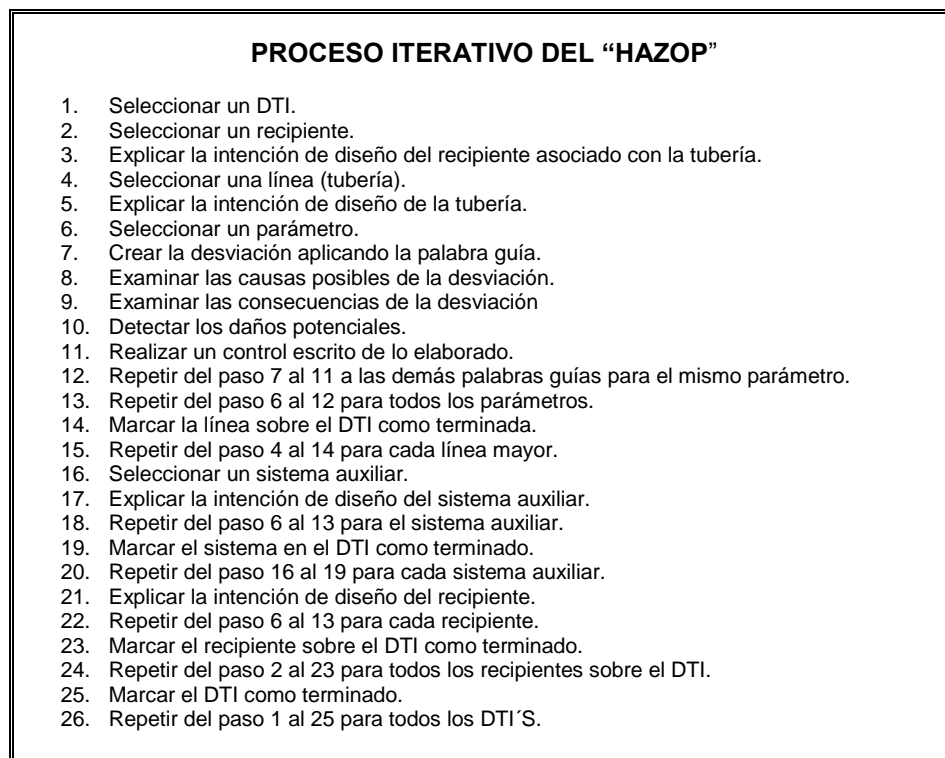


FIGURA 1.9: PROCESO ITERATIVO DEL HAZOP.

El proceso descrito en la figura 1.9 muestra la organización y destreza requeridas para desarrollar esta metodología, lo cual para una planta grande de proceso se torna bastante complejo, por ello las metodologías analizadas anteriormente son fundamentales debido a que identifican los daños en una planta de proceso, aunque en una forma más general, pero que en concepto manifiestan y desarrollan algunas de las partes de un análisis “HAZOP”, por lo cual en un estudio específico pueden ser más rentables y menos costosos.

ESTIMACION DE TIEMPO

Debido a la gran cantidad de tiempo que se requiere para efectuar esta técnica es necesario estimar las horas-hombre, por lo que siempre es bueno contar con alguna metodología con la cual se pueda evaluar de manera sistemática, las necesidades de la distribución de actividades dentro de un proyecto para la optimización de tiempos y recursos, para tal fin se presenta la técnica estándar de la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA).

El tiempo requerido para la realización de un estudio HAZOP, está en función de la experiencia y habilidad del coordinador o líder, además del número de tuberías e instrumentos, la complejidad de los mismos y el número de personas disponibles. El cálculo del tiempo total se puede expresar como:

$$H_T = F_S H_{TA} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$H_T = 6.0 F_S \left[ 1.0 + \frac{N_1}{2} + N_2 + 2N_3 + 4N_4 \right] \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- $H_T$  = Número de horas totales que se requiere para realizar la técnica “HAZOP”.
- $F_S$  = Factor basado en la experiencia y habilidad del coordinador o líder de la técnica “HAZOP” el cual puede tomar el siguiente valor:
  - $F_S = 2.0$  Para un coordinador principiante.
  - $F_S = 1.0$  Para un coordinador que ha organizado y dirigido de uno a dos estudios.
  - $F_S = 0.75$  Para un coordinador que ha organizado y dirigido a más de dos estudios.
- $N_1$  = Número de diagramas de tubería e instrumentación sencillos.
- $N_2$  = Número de diagramas de tubería e instrumentación estándares.
- $N_3$  = Número de diagramas de tubería e instrumentación complejos.
- $N_4$  = Número de diagramas de tubería e instrumentación muy complejos.
- $N_T$  = Suma total de los cuatro tipos de diagramas de tubería e instrumentación.

Para clasificar a los diagramas de tubería e instrumentación en los cuatro grupos basándose en la complejidad de los mismos se utilizan los criterios de selección descritos en la tabla 1.8

CLASIFICACIÓN DEL DTI	No. DE EQUIPOS	No. DE TUBERÍAS	No. DE ENLACES
SENCILLO	1 A 4	1 A 9	1
ESTÁNDAR	4 A 6	10 A 20	2 A 4
COMPLEJO	MAS DE 6	21 A 30	5 A 10
MUY COMPLEJO	MAS DE 6	MAS DE 30	MAS DE 10

TABLA 1.8: CLASIFICACIÓN DE LOS DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN (DTI’s).

Antes de empezar el desarrollo de la técnica HAZOP, existen muchas cosas que el coordinador deberá organizar tales como: DTI’s, Manuales de Operación, Plot Plant, Manuales de Seguridad y muchos otros documentos que deberá recolectar para facilitar las consultas, así como también estudiar los alrededores del sistema de estudio. Para la estimación ideal del tiempo requerido para estas actividades se emplean las siguientes ecuaciones.

Si solamente se tiene un DTI se utiliza la ecuación tres, si tiene de 2 a 5 DTI’s se emplea la ecuación cuatro y cuando se tienen más de 6 DTI se utiliza la ecuación cinco.

$$H_{LP} = (18.0)N_T \quad \text{Ecuación 3}$$

$$H_{LP} = 6.0(2.5 + N_T) \quad \text{Ecuación 4}$$

$$H_{LP} = 6.0(5.0 + 0.5N_T) \quad \text{Ecuación 5}$$

El reporte del estudio realizado se llevará a cabo sin la colaboración del personal especializado en el proceso. Este reporte deberá ser claro y conciso con el objeto de que cualquier persona ajena al equipo evaluador entienda como fue hecho.

El tiempo requerido para la preparación del reporte es estimado como la mitad del tiempo requerido por el coordinador para la preparación de la información. Este tiempo no contempla las sesiones de equipo así como el seguimiento del desarrollo del proyecto. A menudo el reporte sufre varias modificaciones para reflejar claramente los resultados de la investigación y el seguimiento del estudio, después de hacer todas estas correcciones por los miembros del equipo se entrega el informe final.

Generalmente los participantes del estudio HAZOP tienen otras responsabilidades en la planta, por lo que el tiempo real para realizar la técnica deberá ser mayor que el tiempo estimado. Para estimar el tiempo real deberán considerarse los siguientes factores:

- ◆ Número de horas por día dedicadas al estudio.
- ◆ Número de días por semana dedicados al estudio.
- ◆ Frecuencia de descanso por semana del equipo.

El estudio global en tiempo real se expresa en la ecuación 6.

$$W_{OE} = W_{LP} + W_{TE} + W_{SP} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:  $W_{OE}$  = Tiempo real global.

$W_{LP}$  = Tiempo real necesario por el coordinador para preparar el estudio.

$W_{TE}$  = Tiempo real de reuniones de equipo.

$W_{SP}$  = Tiempo real para la preparación del reporte del estudio.

Todos los tiempos se manejan en semanas y para calcular estos se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$W_{LP} = 0.0222H_{LP} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$W_{TE} = \left[ 1 + \frac{1}{W_{0/0}} \right] \frac{H_T}{H_W} \quad \text{Ecuación 8}$$

$$W_{SP} = 0.0333H_{SP} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:  $W_{0/0}$  = Es el número de reuniones por semana del equipo.

$H_{SP}$  = Es la mitad del tiempo requerido para la preparación de la información.

$H_W$  = Es la frecuencia de descanso por semana del equipo.



## 1.5 EVALUACIÓN DE RIESGOS DE PROCESO

En los Análisis de Riesgos de Procesos, uno de los aspectos más complejos es la Evaluación de los Riesgos identificados, debido a que se requiere un detallado análisis de todas las variables involucradas en el estudio y de una amplia experiencia del grupo que desarrolla el mismo.

Por tal motivo con base en los riesgos identificados, utilizando procedimientos tales como los antes descritos, es conveniente evaluar el nivel de riesgo detectado a fin de integrar las opciones para su reducción mediante un análisis de costo-beneficio que permita el desarrollo industrial sin descuidar la protección a la población y medio ambiente. Normalmente el riesgo se evalúa bajo dos variables que son: La probabilidad de ocurrencia y las consecuencias más probables. El producto de estas dos variables se conoce como "*Magnitud de Riesgo (MR)*".

Entre los procedimientos para la evaluación de riesgos, se tiene en forma concisa el denominado análisis de riesgos de proceso, en el cual se consideraron a los accidentes como resultado de encadenamiento de eventos simples para los cuales se puede evaluar el nivel de probabilidad de ocurrencia a través de la frecuencia de los mismos.

### 1.5.1 FRECUENCIA DE OCURRENCIA

En este punto se evalúa la "*Frecuencia de Ocurrencia*" de los posibles riesgos identificados, la definición de fallas básicas, las tasas de falla y sucesos de peligro. La evaluación de las frecuencias o probabilidades de ocurrencia estarán en función del tipo de fallas, las cuales se definen como la terminación de la habilidad de un componente para realizar su función específica o "No conformidad" con algún criterio de funcionamiento definido. Las fallas pueden ser clasificadas de dos tipos, las cuales son:

- ◆ Causa.
 

Maltrato:	Causado por una operación de fuerza externa específica.
Primaria:	Esta falla no es causada por una falla anticipada.
Secundaria:	Causada por una falla anticipada.
Desgaste:	Es causada por un mecanismo de aceleración de la tasa de fallas.
Diseño:	Es causada por una debilidad o inconsistencia intrínseca.
Software:	Es causada por un error de programa a pesar de no presentarse una falla de hardware.
  
- ◆ Tipo.
 

Inesperada:	No anticipada y sin degradación previa.
Degradación:	Reducción gradual en la operación.
Intermitente:	Son situaciones alternadas entre la falla y la condición de operación.
Latente:	Es producida por un componente o unidad de falla que no causa falla del sistema pero acelera la ocurrencia de ésta en combinación con otras fallas.
Aleatoria:	La falla es igualmente probable en cada intervalo de tiempo.
Catastrófica:	Es la falla inesperada y completa.

Para el cálculo de las frecuencias de los escenarios de accidentes, se pueden utilizar entre otras las siguientes técnicas:

- ◆ Estadísticas de fallas elaboradas en la propia instalación.
- ◆ Análisis histórico a través de bancos de datos de accidentes.
- ◆ Análisis de árbol de fallas.
- ◆ Análisis de árbol de eventos.

En determinados estudios, los factores externos de la empresa pueden contribuir al riesgo de una instalación. En esos casos, se debe considerar también la probabilidad o frecuencia de que ocurran eventos no deseables causados por terceros o por agentes externos al sistema en estudio, como terremotos, inundaciones, deslizamientos de suelos y caída de aeronaves, entre otros.

La estimación de la confiabilidad se basa en la tasa de fallas de los componentes. Diversas instituciones mantienen bancos de datos o publicaciones relativas a la confiabilidad de equipos para instalaciones peligrosas. A continuación se presentan algunas referencias:

- ◆ OREDA. Offshore reliability databank handbook, Norway, 1984.
- ◆ AIChE. Process equipment reliability data, New York, 1989.
- ◆ Lees, Frank P. Loss prevention in the process industries. 3 Vol., 2<sup>nd</sup> Ed., London, 1996.

Según las fuentes, los valores cambian sustancialmente, poniéndose de manifiesto la necesidad de un estudio de incertidumbre para acotar los resultados obtenidos en un margen de confianza.

### 1.5.2 ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

En este punto se evalúa las “*Consecuencias*” de los diversos accidentes identificados que podrían ocurrir en las instalaciones. El propósito es determinar si los efectos potencialmente peligrosos de accidentes severos, podrían tener un impacto mayor en las instalaciones bajo la peor combinación de condiciones, además de permitir predecir la extensión real (consecuencias) de los riesgos que representarían accidentes supuestos.

Los accidentes típicos de una instalación que maneja hidrocarburos son:

- ◆ Incendios: Involucrando el relevo de fluidos inflamables (incendios en recipientes, incendios de fluido a chorro o por flasheo).
- ◆ Explosiones: En espacios confinados y no confinados, involucrando fluidos inflamables.

Los riesgos que representan los accidentes típicos incluyen los siguientes:

- ◆ Exposición a la energía térmica producida por incendios debidos a flasheo (incendio de nubes de vapor, incendio en recipientes e incendio de fluidos a chorro).
- ◆ Exposición a elevadas concentraciones de liberación de sustancias tóxicas.
- ◆ Exposición a las ondas de sobrepresión generadas por explosiones en espacios abiertos.
- ◆ Exposición a proyectiles (fragmentos de tanque) producidos por una explosión.

Es importante entre los criterios a observar en la evaluación de riesgos de proceso, el establecimiento de parámetros de medición, mediante los cuales se fijan valores tope que permitan salvaguardar la salud de quienes se encuentran en los alrededores de las instalaciones de alto riesgo, así como de sus propios bienes. En este sentido se ha considerado que cada riesgo listado puede tener varios niveles, por tal motivo los niveles de riesgo seleccionados para este estudio son aquellos que pueden causar lesiones o incluso la muerte a las personas expuestas. A continuación se presentan los niveles de riesgo de los accidentes típicos.

1. Energía térmica. Exposición a la radiación por incendios en recipientes o de fluidos a chorro. Los incendios pueden provocar quemaduras de diversos grados de severidad, como resultado de la exposición a radiaciones térmicas, cuya magnitud depende de la intensidad y del tiempo de exposición. El nivel de flujo de calor que podría ocasionar dolor en un minuto de exposición es de 550 Btu/hr-pie<sup>2</sup> (1.73kw/m<sup>2</sup>), la exposición a este nivel de radiación podría causar quemaduras si el período de exposición es suficientemente prolongado (Tsao, 1979). Debido a que no hay instalaciones donde la gente esté inmóvil en el área, se espera que cualquier persona expuesta al calor radiante se retire de la fuente de calor en menos de un minuto.
2. Energía térmica. Exposición a la radiación producida por incendio con flasheo.

El elemento sujeto a análisis es la nube de vapor limitada por la superficie tridimensional en la que la concentración de vapor inflamable en el aire equivale al límite inflamable inferior (LII). Debido a que el área peligrosa creada por un incendio debido a flasheo es aproximadamente igual al área de la nube de vapor inflamable sin encender, los modelos de dispersión de vapor se utilizan comúnmente para calcular la extensión de este tipo de riesgo de energía térmica. El contorno de concentración del LII se utiliza para aproximar el límite del incendio de flasheo.

Las personas que se encuentren fuera de la nube del LII no correrán casi ningún peligro de lesión causada por los efectos térmicos del incendio debido a flasheo. El equipo de proceso y el acero estructural no sufrirán daño significativo por este tipo de incendio debido al corto tiempo de exposición. Los materiales inflamables como madera, plásticos o fluidos que estén dentro de la zona del incendio, podrían inflamarse y ocasionar un daño mayor.

### 3. Exposición a elevadas concentraciones de liberación de sustancias tóxicas.

Los riesgos de un accidente mayor en el que se liberen concentraciones elevadas de sustancias tóxicas, guardan relación con una exposición aguda durante e inmediatamente después del accidente, más que con una exposición de larga duración. La magnitud de los efectos de la exposición en nubes tóxicas, depende de las concentraciones que alcancen las sustancias contenidas en ellas y de la duración de la exposición.

Por lo anterior se ha considerado como parámetro de protección a la salud en cuanto a afectación por toxicidad el IDLH (Peligro inmediato a la salud o a la vida), que se define como un valor máximo en ppm o  $\text{mg}/\text{m}^3$  de concentración de un contaminante tóxico al cual una persona puede escapar sin daños irreversibles a la salud en un período de hasta 30 minutos de exposición, este valor se utiliza para definir la zona de alto riesgo, lo cual se hace mediante la utilización de modelos de dispersión que permiten determinar que distancia se requiere en los casos en los que ocurra accidentes en actividades industriales con fugas o derrames.

El TLV (Valor promedio umbral), es el valor promedio de concentración máxima permisible para exposición dado en ppm o  $\text{mg}/\text{m}^3$  de un contaminante tóxico, que se considera no tener ningún efecto en una persona expuesto al mismo en una exposición de 15 minutos, este valor se utiliza para definir la zona de amortiguamiento siguiendo un procedimiento semejante al que se realiza para determinar la zona de alto riesgo.

### 4. Sobrepressiones explosivas.

Las explosiones de nubes de gases o vapores pueden ocasionar ondas expansivas y la generación de proyectiles que pueden causar la muerte o lesiones a los individuos que se encuentran dentro del radio de afectación, además de ocasionar daños a la infraestructura al colapsar muros y dañar equipos, etc.

El valor límite para "debilitar" las estructuras es de 2.4 Psig, esta sobrepression es capaz de romper ventanas de vidrio, dañar el techo de construcciones prefabricadas, etc., los seres humanos no sufrirán lesiones por los efectos directos de la exposición a una onda de esta intensidad, sin embargo, sí podrían resultar heridos por los efectos secundarios como la proyección de fragmentos de vidrio, piezas de tornillería, etc. Por tal motivo la determinación de la zona de alto riesgo, se establece como parámetro de afectación en  $1 \text{ lb}/\text{pulg}^2$ , tomando como zona de afectación, el área de un círculo con un radio que considera la distancia desde donde se encuentra el punto donde se puede formar la nube explosiva y cuyo extremo representa la distancia a la cual se tiene una onda de sobrepression de  $0.5 \text{ lb}/\text{pulg}^2$  que representa la zona de amortiguamiento.

### 1.5.3 MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LOS EVENTOS DE RIESGO

Se cuenta con varios modelos matemáticos disponibles para predecir la extensión de cada tipo de riesgo de interés, así como los efectos sobre el entorno. Al realizar la simulación, es importante utilizar los modelos más apropiados para cada escenario específico de accidentes, es decir, las bases del modelo deben reflejar las condiciones específicas creadas por el accidente. También es importante utilizar modelos que se hayan comprobado, que proporcionan predicciones razonablemente precisas al compararlas con los resultados de pruebas de campo a gran escala o accidentes pasados. Cualquier error en las predicciones debe estar del lado conservador, es decir el grado predicho del riesgo no debe ser menor que el grado real del riesgo medido durante las pruebas de campo, pero no debe ser demasiado conservador.

#### ◆ MODELOS DE DISPERSIÓN DE VAPORES

La dispersión de vapores se presenta cuando un gas o vapor es desalojado a la atmósfera y por sus características físicas (densidad, composición, peso molecular, etc.) y las condiciones climatológicas (velocidad del viento, presión atmosférica, temperatura ambiente, etc.) se establece la dispersión del mismo y varía desde una concentración del 100% hasta una dispersión total del gas, en este rango se presentan los niveles riesgosos de concentración definidos como: límite inflamable superior (LIS) y límite inflamable inferior (LII).

#### ◆ MODELOS DE RADIACIÓN POR FUEGO

Las ecuaciones de los modelos de radiación por fuego, utilizan correlaciones empíricas desarrolladas a partir de pruebas de campo o de accidentes reales para calcular la geometría de la flama. Estas correlaciones calculan el tamaño de la flama, su forma y orientación en grados con respecto a la dirección del viento.

La intensidad de calor de radiación que deja la superficie de la flama varía de acuerdo a la composición del combustible, al tipo y tamaño de la flama. La mayoría de los valores de superficie de flujo utilizados en los modelos de radiación por fuego se obtuvieron de numerosos experimentos y de sistemas de quemadores industriales actuales. Los resultados de estos modelos se han comparado con la información disponible que se tiene de experimentos a gran escala y accidentes reales. Las diferencias entre los valores calculados y los valores observados quedan dentro de la dispersión normal de los datos experimentales.

#### ◆ MODELO DE EXPLOSIÓN DE LA NUBE DE VAPOR

El modelo de explosión de la nube de vapor está basado en la "*Ley de Escala de Raíz Cúbica*" que se ha utilizado durante muchos años, la cual simplemente dice que la distancia que recorre la onda de choque de la explosión antes de desintegrarse a cualquier sobrepresión dada es igual al producto de un factor que varía con la sobrepresión y la raíz cúbica del peso del TNT equivalente que liberaría la misma cantidad de energía explosiva que la masa del gas dentro de la nube de vapor inflamable.

El programa utiliza los resultados del modelo de dispersión de vapor para calcular la masa de un gas inflamable dentro de la sección de la nube de vapor en la cual la concentración de gas está entre el límite inflamable superior (LIS) y el límite inflamable inferior (LII). Esta masa se multiplica por el calor de combustión del gas, se divide entre el calor de combustión del TNT y entonces se multiplica por un factor de eficiencia del 10 por ciento para llegar al peso equivalente del TNT para usarlo en la ecuación de raíz cúbica.

## 1.6 TÉCNICAS DE CONTROL DE RIESGOS

El último objetivo de un análisis de riesgos, es decidir los alcances de un nivel de riesgo aceptable a un costo razonable. El propósito de la administración de riesgo es la determinación de los cambios necesarios para obtener dicho objetivo e implementar los cambios recomendados.

Por tal motivo después de identificar los riesgos y evaluar su magnitud con base en la combinación de la probabilidad de un accidente y la severidad del mismo, se puede establecer cambios en estos factores que pueden reducir el riesgo. Una discusión de todas las técnicas disponibles para la reducción del riesgo requiere de un estudio específico y que no se contempla en los alcances del presente trabajo, de tal forma que sólo se presentarán los principios generales de tales técnicas.

### 1.6.1 REDUCCIÓN DE LA PROBABILIDAD DE ACCIDENTES

A continuación se presenta un análisis de los factores de un accidente que involucra la reducción de la probabilidad en fallas de componentes sencillos, fallas de sistemas de componentes y errores humanos o una combinación de los mismos.

#### 1. Reducción de falla de un componente sencillo:

- a) Reemplazar los componentes sospechosos con componentes similares que tengan una razón más baja de falla, por ejemplo reemplazar empaque de plástico con materiales reforzados.
- b) Usar componentes hechos con mejores materiales, si las válvulas de acero ordinario fallan frecuentemente, entonces hay que considerar válvulas de acero inoxidable o algún otro material.
- c) El uso de componentes manufacturados por compañías con cierta reputación y que tienen un control de calidad convincente.
- d) Mejorar los sistemas de inspección y mantenimiento si estos factores involucran fallas en los componentes.
- e) Cambios en el diseño de un componente de falla sencillo para que no haya fugas o liberaciones, por ejemplo reemplazar sellos mecánicos ordinarios de bombas y compresores con doble sellos mecánicos.

#### 2. Reducción de fallas en un sistema:

- a) Cambios en el diseño que implican adicionar componentes redundantes en áreas críticas, por ejemplo sistemas de retención de nivel de líquidos recomendados normalmente en tanques de almacenamiento.
- b) En algunos casos es posible reducir el número de componentes en el sistema, por ejemplo sistemas de tuberías que incluyan conexiones bridadas que puedan reemplazarse con tuberías soldadas.
- c) Aplicación de las técnicas de identificación de daños como el HAZOP, FTA o localizar alguna debilidad en el diseño y mejorar tales sistemas.
- d) Efectuar alguna modificación que disminuya la reducción de fallas en los componentes del sistema.

#### 3. Reducción del error humano:

- a) Mejorar la capacitación del personal para mejorar la efectividad en la planta.
- b) Optimizar la interfase hombre-maquina para reducir la posibilidad de confusión de una decisión impropia, esto es particularmente importante en la instrumentación de los tableros de control.
- c) Para actividades de alto estrés, reemplazar al humano con una maquina o instrumento si es posible, para tener mayor control en la operación.

### 1.6.2 REDUCCIÓN DE LA SEVERIDAD DEL ACCIDENTE

La severidad de un accidente se ve afectado por las características de los fluidos liberados y las acciones tomadas cada vez que esto ocurre.

#### 1. Reducción de la razón de liberación:

- a) Mejorar las técnicas para detectar liberaciones, ya sea por la mejora de los procesos de instrumentación o por la instalación de detectores, tales como sistema de detección de fugas de gas.
- b) Mejorar las técnicas para detener rápidamente una liberación por sistemas automáticos de paro o cierre.

#### 2. Reducción de la dimensión de las zonas de daño:

- a) Instalación de diques y drenajes cerrados para prevenir un derrame de líquidos.
- b) Suministrar sistemas de protección activa como agua o espuma contra fuego que puedan reducir las dimensiones de una nube tóxica o inflamable.

#### 3. Reducción de la exposición pública:

- a) Adquisición adicional de terrenos que proporcionen un radio de seguridad alrededor de los servicios de la planta, de tal forma que se incremente la distancia de separación entre los servicios y el público.
- b) Trabajar con las instituciones de seguridad locales y oficiales que mejoren la evacuación de las plantas y procedimientos.

### 1.6.3 IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES RECOMENDADAS

Una de las partes con mayor dificultad de un análisis de riesgo, es decidir cuales de las acciones recomendadas se deben implementar, para ejemplificar esta etapa se puede utilizar un sistema desarrollado por el departamento de energía de EE.UU. para regular la energía nuclear y servicios que se deriven del petróleo, este sistema evalúa y recomienda documentos de acciones correctivas específicas desarrollados como parte del estudio, además de establecer prioridades para la implementación de recomendaciones.

El procedimiento utiliza una matriz de riesgo codificada que combina la probabilidad de ocurrencia de un accidente particular y la severidad relativa de las consecuencias del mismo, la severidad de los accidentes se puede relacionar con los siguientes tipos:

- ◆ Seguridad Pública.
- ◆ Seguridad de trabajadores.
- ◆ Pérdidas de Tiempo, por paro o cierre.
- ◆ Impacto Ambiental.

A continuación la tabla 1.9 muestra la matriz de riesgo que combina la severidad y frecuencia del accidente, para obtener un número de índice de riesgo que se puede utilizar para asignar prioridades a las acciones recomendadas, a través del análisis de acciones correctivas de alta, media y baja prioridad, que se explicaran a continuación.

<b>MATRIZ DE RIESGO</b>				
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	Frecuente (A)	Probable (B)	Ocasional (C)	Improbable (D)
	Se estima una o más ocurrencias en los primeros 10 años de operación. Probabilidad $>10^{-1}$	Se estima una ó más ocurrencias en los primeros 50 años de operación, pero menos de 1 en los primeros 10 años. Probabilidad $10^{-1}$ a $2 \times 10^{-2}$	Se estima una posible ocurrencia en 50 años de vida de la planta, pero una o más ocurrencias en los siguientes 500 años. Probabilidad $2 \times 10^{-2}$ a $2 \times 10^{-3}$	Se estima una ocurrencia en 500 años de vida de la planta. Probabilidad $<2 \times 10^{-3}$
<b>CATEGORÍA DE SEVERIDAD</b>				
<b>CATASTRÓFICO</b>				
Personal de operación: Muerte. Público: Muerte por exposición al accidente. Ambiental: Un gran derrame de fluido peligroso. Equipo: Daño del equipo que resulta en tiempo perdido de 90 días o más.	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
<b>CRITICO</b>				
Personal de operación: Inhabilitado, daños severos. Público: Puede causar daño. Ambiental: Un gran derrame de fluido peligroso. Equipo: Daño del equipo que resulta en tiempo perdido de 90 días o más.	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
<b>MARGINAL</b>				
Personal de operación: Daños que no involucran inhabilitación. Público: No hay daño. Ambiental: Pequeño derrame de un fluido. Equipo: Daño del equipo que resulta en tiempo perdido de 1 a 10 días.	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>INSIGNIFICANTE</b>				
Personal de operación: Daño que no resulta en pérdidas de tiempo ni inhabilitación. Público: No hay daño. Ambiental: Derrame de un fluido que permanece contenido. Equipo: Daño insignificante.	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>

TABLA 1.9: MATRIZ DE RIESGO (FRECUENCIA DE OCURRENCIA Y SEVERIDAD).

- ◆ Acción correctiva de alta prioridad (Hazard Elimination Acción Recomendation HEAR).

De acuerdo con la matriz de riesgo, las desviaciones con números de índice de riesgo de 1 ó 2 se denominan acciones correctivas de alta prioridad, una alta prioridad significa una acción inmediata y es necesario mitigar la ocurrencia del accidente o su consecuencia.

Un formato de acción recomendado para la eliminación del daño se muestra en la hoja de trabajo HT-I.7 en la cual se preparan las acciones de alta prioridad. En la parte superior del formato se identifica el daño que se debe corregir y en la parte inferior se contabilizan los “Datos de códigos de riesgo, Control de daños existentes y Acciones requeridas”, el riesgo secundario después de la implementación de la acción correctiva se coloca en la columna de “Acciones requeridas” para evaluar el efecto de la acción.

- ◆ Acción correctiva de media prioridad (Hazard Analysis Work Sheet HAWS).

Las desviaciones con números de índice de riesgo de 3, 4 ó 5 se asignan a acciones correctivas de media prioridad, una acción de media prioridad significa una acción recomendada y la administración u organización de las mismas deben evaluarla con base en las recomendaciones de costo contra reducción de riesgo, de la cual se desprende la decisión de tomar una acción correctiva o aceptar la opción del riesgo.

◆ Acción correctiva de baja prioridad (Low Priority Recommendation LPR)

Las desviaciones con números de índice de riesgo de 6, 7 u 8 se asignan a acciones correctivas de baja prioridad, una baja prioridad significa que la acción correctiva puede realizarse para mejorar la seguridad en la planta, pero el servicio igualmente funcionará con seguridad si la acción recomendada no se implementa. El director administrativo debe evaluar las acciones recomendadas con base en los costos contra los beneficios básicos, los elementos de baja prioridad se utilizan en una forma similar a un HAWS.

La hoja de trabajo HT-I.7 muestra un formato para preparar la información necesaria en las acciones de alta prioridad (HEAR), media prioridad (HAWS) y baja prioridad (LPR).

FORMATO DE UN ANÁLISIS DE DAÑOS (HEAR, HAWS Y LPR)		
Condiciones de daño:	Daño No:	
	Origen:	
	Fecha:	
Sistema:	Fecha de recepción:	
Subsistema:	Estado:	
Operación:	Fecha de conclusión:	
	Aprobado:	
Referencia (s):		
Descripción del Daño / Escenario:		
Control (es) Existente (s):		
Riesgo Presente:	Severidad:	Frecuencia:
Recomendación (es)		
Riesgo Residual:	Severidad:	Frecuencia:
Resolución:		

HT-I.7: FORMATO DE ANÁLISIS DE DAÑOS (HEAR, HAWS Y LPR).

◆ Sistema de rastreo de abatimiento de daños (HATS).

El primer paso es asignar una acción correctiva para el análisis de riesgo de un grupo de alta, media o de baja prioridad y preparar la forma HEAR, HAWS o LPR, una vez que se hayan elaborado adecuadamente las formas se envían a las personas encargadas de la administración y evaluación para su revisión. También se envía una forma de HEAR al administrador del proyecto para asegurarse que los directivos sean informados del seguimiento de los problemas de seguridad de la planta, después de la revisión se asigna un HEAR apropiado a cada grupo de la planta para su adecuada implementación.

Las acciones correctivas HAWS se manejan de una manera similar a las acciones de tipo HEAR, la diferencia principal entre ambas acciones es que el HAWS se envía al jefe del departamento afectado para su revisión. Las acciones correctivas LPR son manejados por un grupo de jefes o encargados de grupo del departamento apropiado, el LPR se resuelve usualmente con base en la decisión de aceptar el riesgo en lugar de efectuar cambios. Las formas antes mencionadas de HEAR, HAWS y LPR se agrupan dentro de un sistema de información computarizado llamado Sistema de Rastreo de Abatimiento de Daños (Hazards Abatement Tracking System HATS).



## 1.7 MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LOS EVENTOS MÁXIMOS DE RIESGO

Se cuenta con varios modelos matemáticos de simulación disponibles para predecir la extensión de cada tipo de peligro de interés, así como los efectos sobre el entorno. Al realizar la simulación, es importante utilizar los modelos más apropiados para cada escenario específico de accidentes. Los modelos de simulación que actualmente se utilizan para la evaluación de riesgos, son entre otros los siguientes:

- ◆ PHAST.
- ◆ TRACE.
- ◆ ARCHIE.
- ◆ ALOHA.
- ◆ TSCREEN

### 1.7.1 MODELADO DE CONSECUENCIAS

El programa o simulador empleado para realizar la modelación de las consecuencias del respectivo proyecto es el PHAST (Process Hazard Analysis Software Tools), el cual es un Software de DNV Technica Inc, que tiene como objetivo principal evaluar y optimizar la tecnología a fin de disminuir daños ambientales, pérdidas de vidas y financieras.

El programa PHAST es un producto para la modelación de consecuencias en un ambiente Windows. Permite predecir las consecuencias de Inflamabilidad y Toxicidad a partir de descargas atmosféricas, además permite que los diagramas de pétalos representativos de los efectos de las consecuencias sean sobrepuestos en mapas y gráficas. Los modelos considerados se dividen de la siguiente manera:

1. Modelos de Descarga.
  - ◆ Flujos de líquidos, gases o de dos fases.
  - ◆ Materiales individuales y mezclas.
  - ◆ Comportamiento estable o dependiente del tiempo.
  - ◆ Descargas en interiores de construcciones y cuartos.

Estos modelos predicen el flujo másico y el estado físico del material al ser liberado a la atmósfera, son de amplio alcance y cubren un gran rango de escenarios de descargas.

2. Modelos de Dispersión.
  - ◆ Formación de aerosoles.
  - ◆ Condensación y formación de charcos.
  - ◆ Nubes densas.
  - ◆ Nubes Gaussianas, pasivas.

Diferentes descargas causan diferentes tipos de nubes, PHAST selecciona automáticamente el modelo adecuado de acuerdo al comportamiento de la nube para predecir todas las consecuencias físicas.

3. Modelos de Inflamabilidad.
  - ◆ Niveles de Radiación.
  - ◆ Zonas de Deflagración.
  - ◆ Niveles de Sobrepresión.

Estos modelos incluyen:

- ◆ Blevés y Bolas de Fuego.
- ◆ Incendio de Charcos.
- ◆ Explosión de Nubes de Vapor,

- ◆ Flama de Chorro.
- ◆ Deflagraciones.

Los materiales inflamables pueden causar varias consecuencias peligrosas. PHAST aplica en forma automática cada modelo cuando es apropiado, para cuantificar estos efectos.

4. Modelos de Toxicidad. Estos modelos pueden predecir:
- ◆ Concentración en función de la distancia a favor del viento.
  - ◆ Concentración en función del tiempo en cualquier punto dentro de la nube.
  - ◆ Vistas en planta de la nube.
  - ◆ Comportamiento de la concentración dentro de espacios confinados.
  - ◆ Valores de carga tóxica en la nube.

La importancia de utilizar el simulador PHAST es debido a que:

- ◆ Estima la magnitud de consecuencias.
- ◆ Determina modificaciones.
- ◆ Prepara planes de contingencia.
- ◆ Cumple con la legislación.
- ◆ Promueve la conciencia de la seguridad.

### 1.8 DISPOSICIONES GUBERNAMENTALES

El desarrollo de nuevas tecnologías, crea diversos riesgos provocando altos costos de aceptación para la sociedad involucrada, por ello la determinación de cuales riesgos son aceptables es una labor de carácter nacional abarcando varios sectores de nuestra economía.

Desde el punto de vista jurídico, La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, sirve como marco para regular tanto las actividades altamente riesgosas como la evaluación del impacto ambiental, dentro del cual se involucran a los análisis de riesgos, los cuales son un requisito establecido por diferentes entidades gubernamentales y compañías aseguradoras, que debe cumplir toda instalación productiva o de servicios, para contar con los permisos de aprobación en la operación de las instalaciones, debido a que identifica el daño potencial que una obra o actividad representaría para la población, sus bienes y el medio ambiente, durante su ejecución, operación normal y en el caso de que se presente un accidente, así como las medidas de seguridad u operaciones tendientes a evitar, mitigar, minimizar o controlar dichos daños.

De igual forma esta Ley establece que quienes realicen actividades altamente riesgosas y desarrollen un Estudio de Riesgos Ambiental deberán elaborar los Programas de Prevención de Accidentes (PPA), basados en los resultados obtenidos del Estudio de Análisis de Riesgo, los cuales integran la organización, los recursos humanos y materiales, planes, procedimientos, medidas y acciones preventivas y de preparación de la respuesta a emergencia que involucren materiales peligrosos, así como para la recuperación y restauración, a fin de proteger a los trabajadores, a la población, el medio ambiente y recursos naturales.

El marco normativo nacional se encuentra establecido por La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, de la Dirección General de Normatividad Ambiental perteneciente al Instituto Nacional de Ecología (INE). Esta normatividad establece lo siguiente:

- ◆ Capítulo IV, Sección V, Artículo 28. Si la empresa puede causar desequilibrio ecológico, para obtener la autorización de funcionamiento, se tiene la obligación de someter a evaluación y autorización ante el INE, la manifestación de impacto ambiental.
- ◆ Capítulo IV, Sección V, Artículo 30. Si la actividad es considerada como altamente riesgosa, para obtener la autorización de funcionamiento, la manifestación de impacto ambiental deberá incluir un estudio de análisis de riesgo.

- ◆ Capítulo V, Artículo 147. La realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas, se llevaran a cabo con apego a lo dispuesto por esta ley, las disposiciones reglamentarias que de ella emanen y las normas oficiales mexicanas correspondientes. Quienes realicen actividades altamente riesgosas, en los términos del reglamento correspondiente, deberán formular y presentar a la secretaria un estudio de riesgo ambiental, así como someter a la aprobación de dicha dependencia y de las secretarías de gobernación, de energía, de comercio y fomento industrial, de salud y de trabajo y previsión social, los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades, que puedan causar graves desequilibrios ecológicos.

Por lo anterior, tanto los nuevos proyectos de instalaciones, como las instalaciones en operación que realicen actividades altamente riesgosas, están obligados a sujetarse a la realización de un estudio de riesgo, cuya complejidad está en función de la actividad propia de la instalación de acuerdo a la figura 1.10 mostrada a continuación, en la cual se define el nivel de información necesaria para su evaluación y aprobación ante el Instituto Nacional de Ecología (INE).

Finalmente los criterios adoptados para determinar cuáles actividades deben considerarse como altamente riesgosas se presentan en los listados del apéndice “A y B” así como también se presentan las respectivas guías para el estudio de análisis de riesgo y programas de prevención de accidentes en el apéndice “C y D” del presente trabajo.

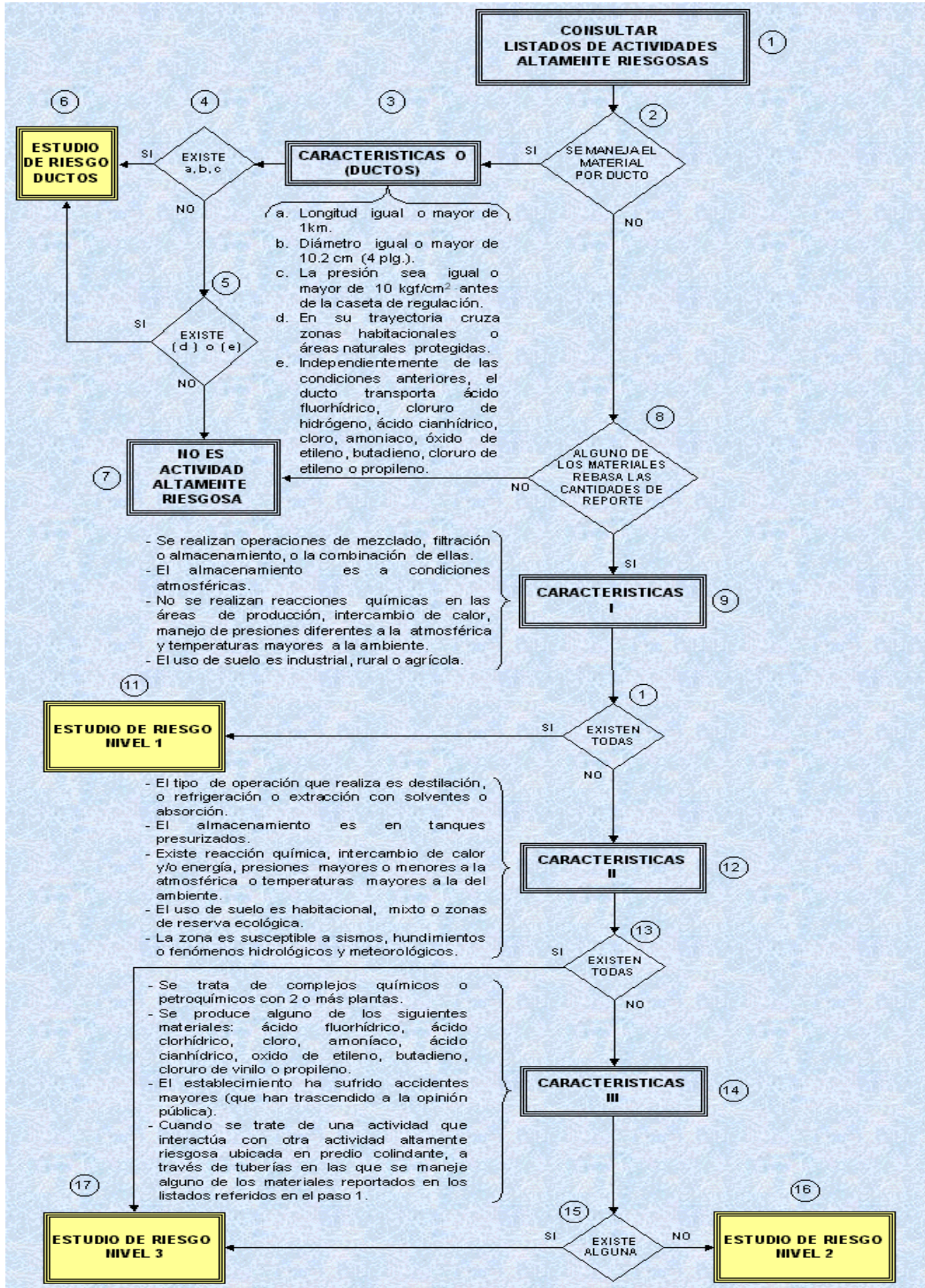


FIGURA 1.10: PROCEDIMIENTO QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS PARA PRESENTAR LOS ESTUDIOS DE RIESGOS ANTE EL INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA (INE)

## CAPÍTULO II

# GENERALIDADES DEL GAS NATURAL

*“Las condiciones de vida y trabajo involucran riesgos, así que la cuestión no es ¿Es seguro?, sino ¿Es razonablemente seguro? ¿Una planta debe ser tan segura como manejar un automóvil o un aeroplano con una probabilidad de muerte de 1/100,000?”*

---

## 2.1 GENERALIDADES DEL GAS NATURAL

El gas natural es una energía de origen fósil y procede de la descomposición de materia orgánica atrapada entre estratos rocosos. El gas natural es una mezcla de hidrocarburos ligeros en condiciones normales de presión y temperatura entre los que destaca el metano ( $\text{CH}_4$ ). Tal como se extrae de los yacimientos, el gas natural es un producto incoloro e inodoro, no tóxico y más ligero que el aire y por lo general se encuentra en forma natural mezclado con otros hidrocarburos fósiles. Al momento de su extracción, el gas natural contiene impurezas como agua, ácido sulfhídrico, dióxido de carbono y nitrógeno que tienen que ser removidas antes de su transporte y comercialización.

El gas natural se encuentra generalmente en depósitos subterráneos profundos, formados por roca porosa o en los domos de los depósitos naturales de petróleo crudo, su composición, gravedad específica, peso molecular y su poder calorífico son diferentes en cada depósito, por lo que dependiendo de su origen, el gas natural se clasifica en dos tipos:

- ◆ Gas Asociado: Es el gas que se extrae junto con el petróleo crudo y contiene grandes cantidades de hidrocarburos que son susceptibles de licuarse, como etano, propano, butano.
- ◆ Gas No Asociado: Es el que se encuentra en depósitos que contienen únicamente este combustible.

El gas asociado es gas natural libre, conocido habitualmente como gas de casquete gaseoso, el cual está por encima y en contacto con el petróleo crudo en el depósito. El gas disuelto es gas natural en solución con el petróleo crudo en el depósito, en las condiciones de este último.

En los depósitos que contienen gas asociado y petróleo crudo, el petróleo, el gas disuelto y el gas asociado pueden ser producidos conjuntamente usando la misma perforación del pozo. Una vez extraído del subsuelo, debe transportarse a las zonas de consumo, que pueden estar cerca o a miles de kilómetros de distancia, el transporte desde los yacimientos hasta las áreas de consumo se realiza a través de tuberías de acero de gran diámetro, llamados gasoductos, pero cuando el transporte se hace por mar y no es posible construir gasoductos submarinos, el gas se carga en buques metaneros, en estos casos el gas se licúa a  $160\text{ }^\circ\text{C}$  bajo cero para poder reducir su volumen 600 veces, para que en el puerto receptor el gas se descargue en las plantas o terminales de almacenamiento y regasificación, de esta forma permanece almacenado en grandes tanques a presión atmosférica y se inyecta a la red de gasoductos para su transporte a zonas de consumo.

El gas natural comercial está compuesto de un 95% o más de metano y el 5% restante de una mezcla de etano, propano y otros componentes más pesados, como se muestra en la figura 2.1. Como medida de seguridad, en la regulación se estipula que los distribuidores deberán adicionar un odorizante al gas natural para que se pueda percibir su presencia en caso de posibles fugas durante su manejo y distribución al consumidor final.

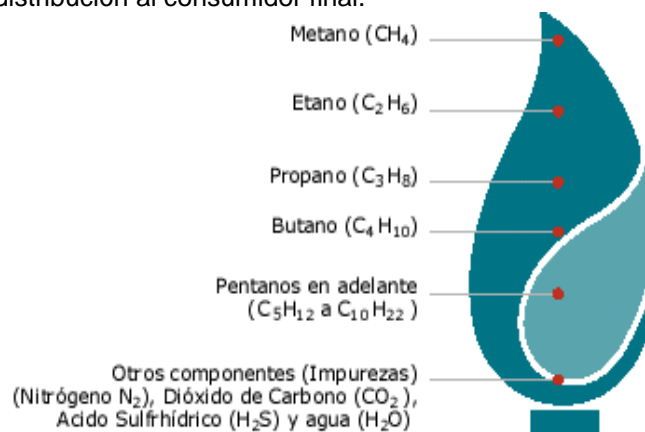


FIGURA 2.1: COMPOSICIÓN DEL GAS NATURAL.



## 2.2 USOS DEL GAS NATURAL

Entre las fuentes de energía, el gas natural se caracteriza por su eficiencia, limpieza y competitividad. El gas natural es también una energía versátil, que se puede emplear tanto en el hogar como en el comercio y la industria. En el hogar, el gas natural calienta con rapidez, no necesita almacenaje previo, además es el combustible que menos contamina. En el comercio y la industria se benefician de la calidad de la flama del gas natural, una flama regular y sin impurezas.

### 2.2.1 USOS EN EL HOGAR

El gas natural puede utilizarse en los hogares para cocinar, lavar, secar, obtener agua caliente, calefacción y climatización. Los domésticos para cocinar con gas, como por ejemplo, las estufas y muebles de cocina, están equipados ahora con los dispositivos más modernos: encendido electrónico y sistemas termopar que cortan el paso del gas si se apaga la flama. Los hornos de gas son programables, autolimpiables y disponen de un encendido automático, el vapor de agua de la combustión del gas permite en estos hornos, que los alimentos no se resequen. El gas natural también se aplica a lavadoras y lavavajillas, que usan el agua calentada por la caldera o calentador de agua y consiguen sustanciales ahorros de tiempo y dinero.

Los calentadores de gas natural producen agua caliente al instante y sin límite. Estos calentadores funcionan sólo cuando se necesita agua caliente, lo que permite un máximo ahorro de energía. El gas natural también permite calentar los hogares alcanzando el máximo confort, las calderas de calefacción mixtas (calefacción más agua caliente) pueden ser para una sola vivienda (individuales) o para todo un edificio o urbanización (colectivas), estas calderas son regulables y programables para tener el confort necesario en cualquier momento.

### 2.2.2 USOS EN EL COMERCIO Y LA INDUSTRIA

En el comercio y en la industria, el gas natural puede utilizarse en cualquier proceso de generación de calor o frío, en la cogeneración de energía térmica y eléctrica, así como en la generación de electricidad.

La combustión del gas natural permite regular mejor la temperatura de las cámaras de combustión de una extensa gama de equipos y aplicarla directamente al tratamiento de múltiples productos. Como combustible, el gas natural se utiliza en los sectores industriales que necesitan energía térmica limpia, eficaz y económica: hornos, fundiciones, tratamientos térmicos, cubas de galvanizado y calefacción de grandes locales (polideportivos y naves industriales o comerciales), además el gas natural también permite climatizar y generar frío para edificios e industrias.

Otra aplicación de actualidad y con un gran futuro es la cogeneración. La cogeneración con gas natural produce conjuntamente energía eléctrica (o mecánica) y calor útil para fábricas, centros sanitarios y hoteleros, además la cogeneración con gas natural reduce en gran medida la emisión de contaminantes. Otra utilidad por su alto contenido de hidrógeno, es como materia prima para la producción de amoníaco en fertilizantes, así como en otras aplicaciones petroquímicas.

### 2.2.3 USOS COMO COMBUSTIBLE VEHICULAR

El problema de la calidad del aire, particularmente la persistencia de ozono en diferentes ciudades, originada por la combinación de hidrocarburos (butano y pentano) y óxidos de nitrógeno en la atmósfera, es emitida principalmente por la combustión de gasolina de vehículos particulares, de pasajeros y de transportes de carga, los cuales son responsables de dicha emisión a la atmósfera en un 54% de los hidrocarburos y un 75% de los óxidos de nitrógeno.

En este contexto es evidente que en la lucha contra la contaminación se debe priorizar aquellas medidas que han demostrado su efectividad en la reducción de la emisión de estos contaminantes. Por tal motivo en el ámbito mundial la utilización de gas natural vehicular ya tiene bastantes años, podemos decir que existen más de un millón 200 mil vehículos en el mundo que utilizan gas natural y unas 3,500 estaciones de carga que proveen de este energético. En los últimos años su utilización se ha extendiendo muy rápidamente, especialmente en países de Latinoamérica como Argentina, Colombia, Brasil y ahora en México se tiene un interés especial en el uso de gas natural vehicular porque es sin lugar a dudas, la mejor opción tecnológica hoy en día para aliviar los problemas de contaminación del aire, debido a que ayudaría a reducir las emisiones de monóxido de carbono y de hidrocarburos hasta en un 90% y las de óxido de nitrógeno hasta en un 34%.

En este sentido, México ha iniciado un programa demostrativo de las bondades ambientales, económicas y de seguridad de este combustible. Actualmente se cuenta con un parque vehicular de 1,500 vehículos y dos estaciones de abasto de gas natural. En los últimos años la concentración de ozono en la ciudad de México ha demostrado una clara tendencia a la baja, los niveles máximos registrados en 1999 fueron 27 y 35% menores a los máximos ocurridos en la década pasada.

Pasando a la parte económica, los ahorros mensuales generados por el uso de gas natural, considerando solamente el diferencial de precios entre un litro de gasolina y la base energética equivalente de gas natural, para el usuario vehicular es de hasta 30% a esta cifra hay que añadir además los ahorros no cuantificados que se generan por el mantenimiento, los vehículos a gas natural necesitan el 30% del mantenimiento que requieren los vehículos con combustibles líquidos. Toda esta evidencia ambiental y económica ha propiciado que se promueva la búsqueda de la expansión de gas natural a otros sectores del transporte, entre los que se encuentra el transporte público de pasajeros y de mercancía en un periodo de corto plazo o sea aproximadamente 5 años, en los cuales se iniciarán diversos programas para convertir cierta cantidad de unidades del transporte público, los cuales podrán demostrar la importancia en la utilidad y los beneficios de este combustible, reduciendo el costo en la conversión de vehículos para utilizar gas natural.

Uno de los límites que existe desafortunadamente, es que no tenemos en el ámbito nacional una política de precios de combustibles coherente en materia ambiental y debido a ello se aplica un impuesto especial sobre productos y servicios mejor conocido como el IEPS, en el caso del gas natural vehicular este impuesto es variable en función del costo de la gasolina en el país y el gas natural en los mercados internacionales y se amplía o reduce dependiendo del diferencial de precio de referencia de ambos combustibles para mantener un diferencial fijo en el país. Esto ha generado que en ciertos meses del año el IEPS para el gas natural llegue a ser del 100%.

#### 2.2.4 VENTAJAS EN CUANTO A SU USO

Considerando las propiedades físico-químicas del gas natural, las ventajas más importantes, en cuanto a su utilización en diferentes sectores son las siguientes:

- ◆ Es un combustible relativamente barato.
- ◆ Presenta una combustión completa y limpia, la cual prácticamente no emite bióxido de azufre.
- ◆ Seguridad en las operaciones, debido a que en casos de fugas, al ser más ligero que el aire, se disipa rápidamente en la atmósfera. Únicamente se requiere buena ventilación.
- ◆ Promueve una mayor eficiencia térmica en plantas de generación de electricidad.
- ◆ El gas natural es un combustible excelente para motores de combustión interna. Su alto valor antidetonante hace posible elevadas relaciones de compresión, con aumento de rendimiento.
- ◆ El metano y el gas natural son combustibles satisfactorios para turbinas de gas.



### 2.3 PROCESO GENERAL DEL GAS NATURAL

El proceso que conlleva el gas natural comienza en los pozos, donde se extrae petróleo y gas natural. Este gas puede venir puro o con hidrocarburos líquidos y agua, estos elementos son retirados por medio de baterías de separación, para que después el gas natural ingrese al sistema de recolección, que lo transporta al medidor donde confluye todo el gas extraído del pozo.

El gas es transportado por una línea de conducción hacia una planta de procesamiento, en la cual se separan el etano y el metano de los hidrocarburos más pesados, posteriormente se realiza el proceso de “Endulzamiento” que consiste en la eliminación de compuestos ácidos ( $H_2S$  y  $CO_2$ ) mediante el uso de tecnologías que se basan en sistemas de absorción-agotamiento utilizando un solvente selectivo, el gas alimentado se denomina “Gas Amargo” mientras el producto “Gas Dulce”.

Posteriormente se recupera el azufre de los gases ácidos que se generan durante el proceso de endulzamiento, así como la recuperación de etano e hidrocarburos licuables a través de procesos “Criogénicos” basados en el uso de bajas temperaturas para la generación de un líquido separable por destilación fraccionada, previo proceso de deshidratación para evitar la formación de sólidos.

Una vez recuperados los hidrocarburos líquidos, se lleva a cabo su “Fraccionamiento” obteniendo corrientes ricas en etano, propano, butanos y gasolina, además resulta conveniente separar el isobutano del n-butano para usos muy específicos. A través de otra línea de conducción el gas es llevado a una planta de deshidratación, en la que se retira la mayor parte de la humedad restante. El gas natural continúa hasta una estación de compresión en la cual se aumenta la presión para el transporte por el sistema de conducción y finalmente es derivado directamente a un sistema de distribución o inyectado para su almacenamiento. A continuación en la figura 2.2 se muestra el procesamiento de Gas Natural.

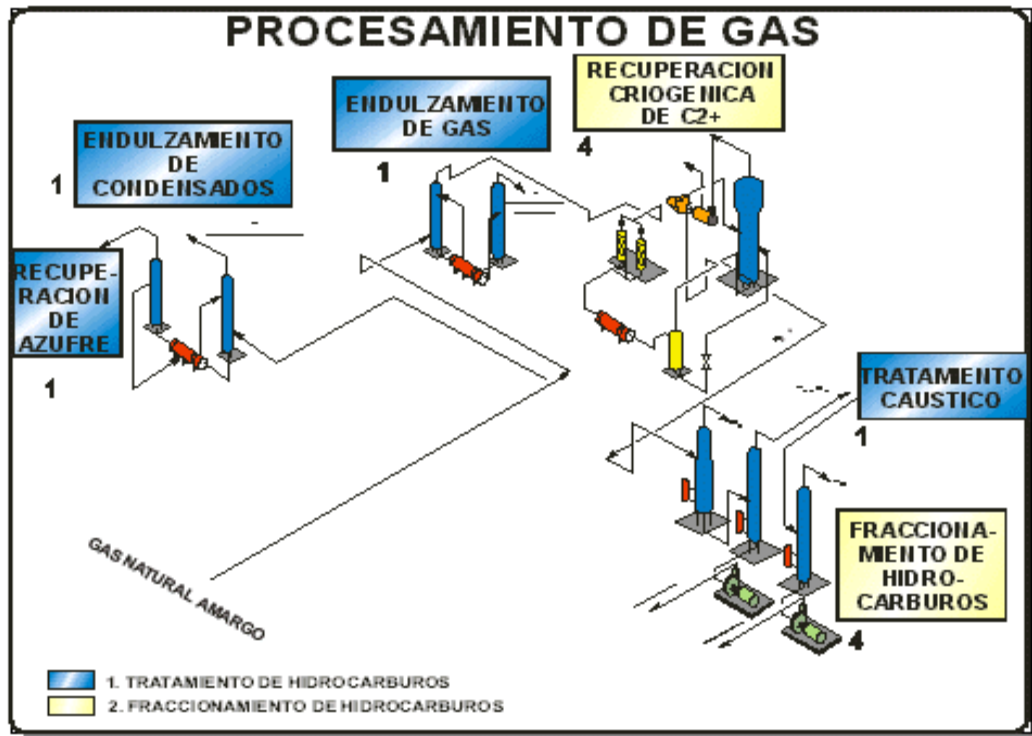


FIGURA 2.2: PROCESO GENERAL DE GAS NATURAL

## 2.4 ASPECTOS ECONÓMICOS DEL GAS NATURAL

El gas natural ocupa el tercer lugar en el mundo entre las fuentes de energía primaria más utilizadas y representa la quinta parte del consumo energético tanto en Europa como a escala mundial. Las ventajas ambientales que aporta y su alta eficiencia como energía, facilitarán un consumo aún mayor durante los próximos años, por ello es necesario saber las reservas de gas natural existentes y la visión de consumo en los próximos años.

### 2.4.1 EL GAS NATURAL EN MÉXICO

La Agencia Internacional de la Energía considera que en el año 2015 la demanda de gas natural en el mundo será superior en más del 76% a la equivalente de 1993. Los mayores aumentos se producirán en Europa, Asia y América Central y del Sur.

En el caso específico de México para hacer frente a la creciente demanda de gas natural, que en el próximo quinquenio se estima alcanzará una tasa del 9% anual, el Director General de Petróleos Mexicanos PEMEX, informó que diseñó una nueva estrategia de exploración y producción, la cual permitirá aumentar la capacidad extractiva actual en alrededor del 66% al término de esta década. En la tabla 2.1 se muestra la producción de gas natural en México de los años 1999 al 2004.

### PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL

(Millones de pies cúbicos diarios)

Año	Total	Por Tipo		Por Región		
		Asociado	No Asociado	Regiones Marinas	Región Sur	Región Norte
1999	4,791	3,526	1,265	1,570	1,996	1,224
2000	4,679	3,380	1,299	1,557	1,857	1,266
2001	4,511	3,239	1,272	1,530	1,743	1,238
2002	4,423	3,118	1,305	1,452	1,704	1,268
2003	4,498	3,119	1,379	1,522	1,630	1,347
2004	4,573	3,010	1,563	1,550	1,495	1,528
Ene	4,611	3,106	1,505	1,576	1,570	1,465
Feb	4,540	3,044	1,496	1,561	1,520	1,459
Mar	4,520	2,996	1,524	1,534	1,505	1,481
Abr	4,565	3,020	1,545	1,560	1,499	1,506
May	4,583	3,016	1,567	1,545	1,509	1,529
Jun	4,562	3,056	1,507	1,573	1,514	1,475
Jul	4,570	3,007	1,563	1,533	1,505	1,532
Ago	4,563	2,987	1,576	1,536	1,482	1,545
Sep	4,600	3,002	1,598	1,564	1,470	1,566
Oct	4,632	3,018	1,614	1,575	1,474	1,583
Nov	4,588	2,967	1,621	1,545	1,460	1,584
Dic	4,539	2,897	1,641	1,500	1,434	1,605

TABLA 2.1: PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL EN MÉXICO

## 2.5 ASPECTOS AMBIENTALES DEL GAS NATURAL

Las obligaciones en el cuidado del medio ambiente afectan a la sociedad en su conjunto, pero cada vez más al sector energético ya que es el responsable de la obtención, manipulación y distribución de fuentes de energía no renovables.

La cantidad de CO<sub>2</sub> producido en la combustión de los diferentes combustibles depende de la composición de los mismos. La composición química del gas natural es la razón de su amplia aceptación como el más limpio de los combustibles fósiles, dado al efecto de menor relación hidrógeno/carbono en la composición del gas natural, en comparación con la de otros combustibles fósiles, hace que en su combustión se emita menos CO<sub>2</sub> por unidad de energía producida.

La combustión del gas natural compuesto principalmente por metano (CH<sub>4</sub>), produce un 25% menos de CO<sub>2</sub> que los productos petrolíferos y un 40% menos de CO<sub>2</sub> que la combustión del carbón por unidad de energía producida. Se atribuye al CO<sub>2</sub> el 65% de la influencia de la actividad humana en el efecto invernadero y al CH<sub>4</sub> el 19% de dicha influencia. La mayor parte del CO<sub>2</sub> emitido (75% - 90%) es producido por la combustión de combustibles fósiles, sin embargo las emisiones de metano son producidas en su mayoría por la ganadería y la agricultura, los vertederos, las aguas residuales y las actividades relacionadas con los combustibles fósiles. A las empresas que distribuyen gas natural les corresponde menos del 10% de las emisiones de metano a la atmósfera, cifra que cada año se va reduciendo por las medidas que han adoptado las empresas como renovación de tuberías antiguas, recuperación de venteos de gas, etc.

**CAPÍTULO III**

**INGENIERÍA BÁSICA DE LA ESTACIÓN DE  
COMPRESIÓN DE GAS NATURAL**

*“El mundo es un lugar peligroso.  
No por causa de los que hacen mal,  
sino por aquellos que no hacen nada por evitarlo”*

---

### 3.1 INGENIERÍA BÁSICA DE LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL

La documentación mínima necesaria de ingeniería básica de la estación de compresión de gas natural para llevar a cabo los análisis de riegos es la siguiente:

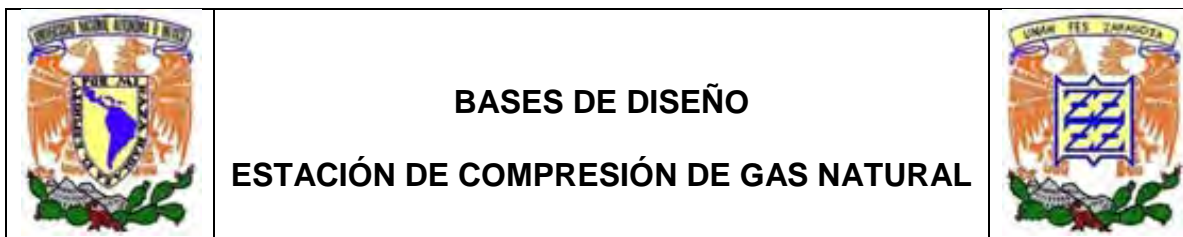
- ◆ Bases de Diseño.
- ◆ Descripción del Proceso.
- ◆ Índice de Servicios.
- ◆ Hojas de Datos de Seguridad.
- ◆ Lista de Equipos.
- ◆ Lista de Líneas.
- ◆ Diagramas de Ingeniería Básica de la Estación de Compresión de Gas Natural.

Las características principales del Gas Natural y la regulación y medición del G.L.P. a manejar en la Estación de Compresión de Gas Natural son las siguientes:

GAS NATURAL		GAS L.P.	
COMPONENTE	% MOL	COMPONENTE	% MOL
Nitrógeno	0.231	Metano	0.0
Bióxido de Carbono	2.140	Etano	0.5
Metano	89.196	Propano	33.3
Etano	4.671	Propileno	34.5
Propano	1.522	i-Butano	11.1
i-Butano	0.577	n-Butano	20.6
n-Butano	0.456	i-Pentano	0.0
i-Pentano	0.280	n-Pentano	0.0
n-Pentano	0.164	Total	100
Total	99.237	Peso Molecular	47.70
Densidad Relativa	0.6393	Presión	500
Peso Molecular	18.542	Temperatura °F	77

## **3.2 BASES DE DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL**

Nota: Los documentos de Ingeniería Básica fueron desarrollados para la Estación de Compresión de Gas Natural "Valtierrilla", en la cual se implementará el Estudio de Riesgo.



1. NOMBRE DE LA PLANTA  
Estación de Compresión de Gas Natural.
2. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA  

Latitud Norte.	: 20° 34' 10"
Longitud Oeste.	: 101° 05' 50"
Altitud al Nivel del Mar.	: 1710 metros.
3. FUNCIÓN DE LA PLANTA  
Procesamiento de gas natural, liquido de gas natural y gas artificial.
4. TIPO DE PROCESO  
Compresión de gas natural.
5. CAPACIDAD, RENDIMIENTO Y FLEXIBILIDAD

Factor de Servicio

La unidad operará con un factor del 100%, trabajará los 365 días del año.

Capacidad y Rendimiento

La unidad será diseñada para comprimir	: 260 MMPCSD
La capacidad normal de la instalación será de	: 260 MMPCSD
La capacidad mínima de operación será de	: 155 MMPCSD

Flexibilidad

La instalación no podrá seguir operando a falla de aire, gas combustible, agua de servicio y electricidad a cualquier falla de éstas el gas se desviará al sistema de desfogue de la estación. La unidad deberá tener facilidades para lograr un paro ordenado en cualquiera de estos casos.

6. ESPECIFICACIONES DE LAS ALIMENTACIONES AL PROCESO  
Debido a que el presente proyecto no esta relacionado con la industria de la transformación y/o extractiva, este punto no aplica.
7. ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS  
Debido a que el presente proyecto no esta relacionado con la industria de la transformación y/o extractiva, este punto no aplica.
8. CONDICIONES DE LAS ALIMENTACIONES EN LÍMITES DE BATERÍA  
La instalación será diseñada para recibir la carga de gas, en las siguientes condiciones:

Procedencia	Estado Físico	Presión ( kg/cm <sup>2</sup> ) Max/Nor/Min	Temperatura (°C) Max/Nor/Min	Forma de Recibo
Gas Natural de Santa Ana	Gas	60/40/35	40/25/20	Tubería (Gasoducto 36")
Gas LPG de Salamanca	Gas	38/35/31	40/25/20	Tubería (Gasoducto 14")

9. CONDICIONES DE LOS PRODUCTOS EN LÍMITES DE BATERÍA

La instalación será diseñada para enviar la carga de gas, en las siguientes condiciones:

Destino	Estado Físico	Presión ( kg/cm <sup>2</sup> ) Max/Nor/Min	Temperatura (°C) Max/Nor/Min	Forma de Entrega
Gas Natural a Salamanca.	Gas	50/45/40	40/25/20	Tubería Gasoducto 20"
Gas Natural a Guadalajara.	Gas	50/45/40	40/25/20	Tubería Gasoducto 36"
Gas natural a L. Cárdenas.	Gas	78.4/71.3/64.8	40/25/20	Tubería Gasoducto 34"
Gas LPG a Guadalajara.	Gas	38/35/31	40/25/20	Tubería Gasoducto 14"

10. ELIMINACIÓN DE DESECHOS

Normas y Requerimientos.

Para el contenido de desechos permisibles en agua y aire deberá cumplirse con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM'S) vigentes a la fecha como:

NET-CCAT-008/88.	Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, Monóxido de carbono, Bióxido de azufre y Óxidos de nitrógeno, provenientes de procesos de combustión de gas natural en fuentes fijas.
NOM-001-ECOL-1996.	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

11. INSTALACIONES REQUERIDAS DE ALMACENAMIENTO

Debido a que la instalación es una planta de compresión, no requiere instalaciones de almacenamiento, por lo tanto este punto no aplica.

12. SERVICIOS AUXILIARES

Sistema de Distribución de Agua de Servicio

Fuente:	Cisterna llenada por agua de pozo.
Presión de suministro:	50 Psig.
Temperatura de suministro:	Temperatura ambiente.

Sistema de Agua contra Incendio

Fuente:	De cisterna existente.
Presión de operación:	150 Psig.
Temperatura de operación:	Temperatura ambiente.

Sistema de Generación y Distribución de Aire de Planta e Instrumentos

El aire de planta e instrumentos será generado dentro de la estación y tendrá la capacidad de cubrir los requerimientos totales de la instalación.

Presión:	125 Psig.
Temperatura:	77 °F.
Impurezas (fierro, aceite, etc.):	Ninguna.

Sistema de Distribución de Gas Combustible

Gas combustible:	Gas natural.
Presión de suministro:	45 a 15 Psig.
Temperatura de suministro:	77 °F.
Disponibilidad:	La requerida.
Fuente de suministro:	De línea de succión del compresor.



Sistema de Drenajes Aceitosos

Presión de operación: Presión atmosférica.  
 Temperatura de operación: Temperatura ambiente.

Sistema de Desfogue de Gas

Presión de operación: 6 Psig.  
 Temperatura de operación: Temperatura ambiente.

Sistema de Desfogue de Condensados

Presión de operación: 5 Psig.  
 Temperatura de operación: Temperatura ambiente.

Sistema de Distribución de Vapor

No aplica.

Sistema de Agua de Enfriamiento

No aplica.

Sistema de Refrigeración

No aplica.

13. SISTEMA DE SEGURIDAD

Sistema de Protección Contra Incendio

Complementariamente al sistema de protección contra incendios, se tendrán extintores portátiles de polvo químico seco y bióxido de carbono en el cuarto de control. Adicionalmente se tendrá detectores gas combustible, gas hidrogeno y humo con señalización al tablero de seguridad y alarmas audibles.

14. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

Tipo de Clima

La zona donde se instalará la estación de compresión tiene un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano.

Temperatura Promedio

Temperatura promedio anual: 19.5 °C  
 Temperatura promedio anual del año más frío: 18 °C  
 Temperatura promedio anual del año más caluroso: 20.4 °C

Precipitación Promedio

Precipitación promedio anual: 624.0 mm  
 Precipitación promedio anual más seco: 485.5 mm  
 Precipitación promedio anual más lluvioso: 823.9 mm

Dirección de Vientos

Dirección de vientos reinantes: Noroeste a Sureste.  
 Dirección de vientos dominantes: Noreste a Suroeste.

Intemperismos Severos

Granizadas promedio anual: 1 a 3 días al año.  
 Días de heladas mínimas en 1972: 0 días de heladas.  
 Días de heladas máximas en 1975: 22 días de heladas.

Presión

Presión barométrica: 610 mmHg

## 15. BASES DE DISEÑO ELÉCTRICO

### Clasificación de Áreas

La clasificación de áreas, cumple con los requisitos mínimos que establecen las normas: API-500, Norma PEMEX No. 2.203.01-1990, NOM-001-SEMP-1994.

### Características de Alimentación a los Motores

<u>Potencia (CP).</u>	<u>Volts.</u>	<u>Fases.</u>	<u>Ciclos (Hz).</u>
Menores a 1 CP.	127	1	60
De 1 hasta 200 CP.	480	3	60
De 250 CP y Mayores.	4160	3	60

### Corriente para Alumbrado

<u>Tipo de alumbrado.</u>	<u>VCA</u>	<u>Fases.</u>	<u>Ciclos (Hz).</u>
Alumbrado interior:	127 y 220	1	60
Alumbrado exterior:	220	2 y 3	60

### Corriente para Instrumentos y Control

Tensión de entrada:	480/220/127 Volts.
Tensión de salida:	120 Volts.
Fases:	1
Frecuencia:	60 Hz.

### Distribución de Corriente dentro de L.B.

El diseño e instalación del sistema de fuerza dentro de la estación de compresión será canalizada por vía aérea y subterránea.

### Características del Suministro Eléctrico por C.F.E.

Subestación eléctrica:		Transformadores:	
Tensión:	13200 V	Tensión alta:	13200 V
No. Fases:	3	Tensión baja:	4160 y 480 V
Frecuencia:	60 Hz.	No. Fases:	3
Cap. corto circuito:	KA Mínima.	Frecuencia:	60 Hz.

### Sistema de Emergencia de Energía Eléctrica

Se tendrá un sistema de emergencia de energía eléctrica en la estación, por medio de un generador accionado por motor de combustión interna con gas natural de 500 Kw y que entregará un voltaje de 480 Volts. Además se tendrá un segundo generador de emergencia, como relevo del primero.

## 16. BASES DE DISEÑO PARA TUBERÍAS

### Soportes de Tubería

Soportes individuales menores (mochetas), para apoyo de tubería.  
Soportes estructurados con zapata y muro para apoyo de rack de tuberías.

### Drenajes

Tubería de concreto para desagüe de efluentes de aguas negras.  
Tubería de concreto para desagüe de efluentes de aguas jabonosas.  
Tubería de concreto con impermeabilizante para el drenaje aceitoso.

## 17. BASES DE DISEÑO CIVIL

### Velocidad del Viento

Orientación	Velocidad del viento anual (m/s)	Frecuencia anual %
NE	2-6	20-60
E	6-8	10
SO	2-4	10
O	2-4	10

### Clasificación de la Zona Sísmica

Se clasifica en la zona "B" la cual es una zona intermedia donde se registran sismos no tan frecuentes o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad.

### Información General sobre el Tipo de Suelo

El diseño de la instalación se hará en un suelo tipo Vertisol Pelico, el cual es un suelo autoabonado rico en arcilla y de textura fina.

### Nivel Freático

El tipo de suelo es de un drenaje interno lento, por tanto conlleva a un nivel freático profundo.

### Tipo de Edificios y Construcción en L.B.

No se requieren.

## 18. BASES DE DISEÑO PARA INSTRUMENTOS

### Tipo de Instrumentación

Toda la instrumentación será electrónica del tipo inteligente y se podrá usar el protocolo HART última versión, para él envío de las señales de proceso, con alimentación de 24 VCD y señal de 4-20 mA a 2 hilos.

### Tipo de Señal a utilizar

Señal neumática.  
Señal eléctrica.

### Tipo de Tubo para el Sistema Neumático

El tubing y accesorios utilizados para el suministro neumático a los instrumentos será de Acero Inoxidable 316, espesor de 0.035" para tubing de 1/4", espesor de 0.049" para tubing de 3/8" y espesor de 0.065" para tubing de 1/2", sin costura (ASTM-A-213).

### Tipo de Conducción de Señal Eléctrica

Para la conducción de las señales eléctricas dentro de los límites de los módulos de compresión, así como de los servicios auxiliares, la acometida será aérea. En tanto que la canalización de las señales será subterránea en éstas áreas hasta el cuarto de control.

## 19. BASES DE DISEÑO PARA EQUIPOS

### Compresores

Tipo:	Centrifugo.
Accionado:	Turbina de Gas.
Capacidad promedio:	86.666 MMPCSD.

### Bombas

Tipo:	Centrifugas Horizontal
Accionado:	Motor Eléctrico y Motor de Combustión Interna.
Capacidad promedio:	Depende del servicio.

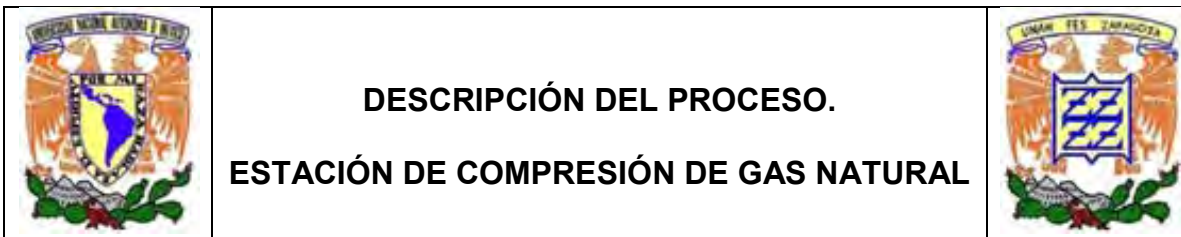
## 20. NORMAS, CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES

### Normas, Códigos y Especificaciones

Instrumentación:	AGA, AICHE, NACE, ANSI, API, ASME, EIA, ASTM, NEMA, IEC, IEEE, ISA, NFPA, OSHA, TUV, UL, ISO-9000.
Compresores:	NOM-085-ECOL-1994, API, ANSI, ASME, NEMA, IEEE, NFPA.
Recipientes:	ASME, API.
Tubería:	ASTM, ANSI.
Bombas:	NOM-085-ECOL-1994, IMP, API, NFPA, HIS, NEMA, IEEE.
Materiales:	ASTM, API.
Electricidad:	PEMEX, IEEE, NFPA, NEMA, NOM-001-SEMP-1994, ANSI, API, NOM-116-1996-ANCE.

ANCE:	Asociación de Normalización y Certificación Eléctrica.
API:	Instituto Americano del Petróleo.
IMP:	Instituto Mexicano del Petróleo.
NACE:	Asociación Americana de Ingenieros en Corrosión.
ASME:	Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos.
ASTM:	Asociación Americana de Pruebas de Materiales.
NEMA:	Asociación Americana de Fabricantes Eléctricos.
IEC:	Comité Electrotécnico Internacional.
ISA:	Asociación Americana de Instrumentos.
NFPA:	Asociación Nacional de Protección contra Fuego.
OSHA:	Administración en Salud y Seguridad Ocupacional.
ISO:	Organización Internacional de Estandarización.
PEMEX:	Petróleos Mexicanos.

### **3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**



### DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE PROCESO

Para la descripción del proceso, se hace referencia a las claves de los equipos mostrados en los diagramas correspondientes (DTI's) así como los servicios auxiliares requeridos para dicha instalación como son:

- ◆ Sistema de Gas Combustible.
- ◆ Sistema de Drenajes.
- ◆ Sistema de Agua Contra Incendio.
- ◆ Sistema de Aire de Planta e Instrumentos.
- ◆ Sistema de Agua de Servicios.
- ◆ Sistema de Desfogue.

El proceso total, está formado por tres operaciones (recepción, compresión y envío de gas natural). Por tal motivo la descripción del proceso integrará estas tres operaciones.

### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

#### I.) SISTEMA DE RECEPCIÓN DE GAS NATURAL

El proceso inicia con la llegada de gas natural a una  $P = 570$  Psig y  $T = 77$  °F por el gasoducto de 36" proveniente de Santa Ana a la estación de compresión. La recepción se realiza por medio de la trampa de recibo de diablos (HR-01) previa indicación de presión y de paso de diablos. Antes del arribo a dichos indicadores existe una ramificación por medio de una válvula, la cual permite desviar el flujo de gas hacia el cabezal "A" donde posteriormente el flujo es regulado por tres trenes de regulación de presión y es medido por una placa de orificio, a la salida de éste, el flujo es dirigido hacia la línea de pateo y la línea principal de salida de la trampa de envío de diablos (HR-02) con destino a Salamanca.

El flujo de gas natural de la trampa de recibo (HR-01) se direcciona hacia el cabezal "B" de 36" el cual tiene las preparaciones para poder enviar la corriente de gas a las líneas de pateo de las trampas de envío de diablos (HR-03 y HR-04) con destino a Guadalajara y Lázaro Cárdenas. El cabezal "B" se incorpora al cabezal "C" de 36" del cual salen disparos que se interconectan a las líneas de salida (sin pasar por trampas) de los gasoductos de 20", 36" y 24" con destino a Salamanca, Guadalajara y Lázaro Cárdenas respectivamente.

Del mismo cabezal "C" sale un disparo de 6" que está provisto por regulación de presión y medición de flujo y el cual se direcciona a través de una válvula de corte hacia la línea de salida de la trampa de envío de diablos (HR-04) con destino a Lázaro Cárdenas. Esta misma línea se propone como un sistema de desfogue, regulado por control de presión en caso de un paro de emergencia en la estación. Por otra parte del mismo cabezal "C" surge un disparo de 36" con brida ciega, que se empleará como línea de suministro neumático que alimentará a diferentes equipos. Finalmente del cabezal "C" sale una línea de 24" que está provista por una válvula de corte, que posteriormente a su salida de ésta, la línea se reduce a 20" siendo la que alimentará a los paquetes de compresión (GB-01, GB-02, GB-03 y GB-04) no sin antes pasar por los indicadores de baja y alta presión, además de una ramificación de 3" que se interconecta a través de una válvula de corte con la línea de descarga del sistema de compresión.

## II.) SISTEMA DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL

De la interconexión con el cabezal de 20" que alimentará al sistema de compresión, salen cuatro líneas de 16" que se dirigen cada una a su respectivo módulo de compresión. Dichas corrientes son enviadas hacia los filtros separadores (V-100, FA-100, FA-300 y FA-400) no sin antes pasar por sus respectivas válvulas de corte e indicadores de presión y temperatura. Los filtros separadores tienen la función de separar las trazas de líquido contenidas en el gas, a través de un sistema de recuperación de condensados regidos por dos transmisores de nivel que trabajan en paralelo además de un interruptor de nivel incorporado a cada filtro separador. Los condensados son enviados al sistema de desfogue de la estación para su posterior eliminación.

Las líneas de gas natural que salen de los filtros separadores, son dirigidas hacia la succión de los compresores (GB-01, GB-02, GB-03 y GB-04) no sin antes pasar por los indicadores e interruptores de presión, flujo y temperatura respectivos, además de un transmisor de presión diferencial colocado entre la succión y la descarga de cada compresor para su adecuada operación. Antes del arribo a dichos instrumentos en cada línea, existe una derivación de 3" de gas de proceso que alimenta de gas combustible a las turbinas que proporcionan la energía mecánica a los compresores, los cuales manejarán las siguientes condiciones de operación: El compresor (GB-01) maneja 155 MMPCSD de gas natural a la  $P_{succ}= 500$  Psig y  $P_{desc}= 680$  Psig, con una temperatura de 77°F ; El compresor (GB-02) deberá comprimir 200 MMPCSD de gas natural a una  $P_{succ}= 500$  Psig y  $P_{desc}= 815$  Psig, con una temperatura de 77°F ; El compresor (GB-03) maneja 260 MMPCSD de gas natural a una  $P_{succ}= 500$  Psig y  $P_{desc}= 1015$  Psig, con una temperatura de 77°F y finalmente el compresor (GB-04) que es un equipo de relevo a futuro.

Las corrientes de descarga de los compresores, llegan finalmente a los enfriadores de gas natural (EC-101, EC-200, EC-300 y EC-400) no sin antes pasar por la instrumentación necesaria. Dichos enfriadores tienen el propósito de disminuir la temperatura del gas que sale de los compresores a través del control de temperatura de las líneas de salida de los enfriadores. Además sobre estas mismas líneas de salida, se encuentra una derivación de 10" que se interconectan a través de una válvula de control con las líneas de succión de los filtros (V-100, FA-100, FA-300 y FA-400), estas líneas tienen dos funciones, la primera es actuar como recirculación para evitar el efecto de inestabilidad en el compresor "Antisurge" y la segunda es igualar presiones en la succión y en la descarga de los compresores en caso de un paro de emergencia, esta última acción está ligada con el cierre y la apertura de ciertas válvulas de corte de los módulos de compresión.

Siguiendo con las líneas de descarga de los compresores, se tienen indicadores locales de presión y temperatura, además de sistemas de seguridad tales como: válvulas de seguridad y derivaciones de 3" conectadas con válvulas de corte que descargan hacia el sistema de desfogue de la estación. Finalmente el flujo de gas natural es enviado al cabezal de descarga, previo paso por las válvulas de retención y corte en cada línea, para su posterior envío a Lázaro Cárdenas.

## III.) SISTEMA DE ENVÍO DE GAS NATURAL A LÁZARO CÁRDENAS

El flujo de gas natural, se enviará a Lázaro Cárdenas mediante el cabezal de descarga que proviene del sistema de compresión. En dicho cabezal existe una derivación de 3" que se conecta con el cabezal de desfogue por medio de una válvula de corte, esta interconexión tiene la función de despresurizar el cabezal de descarga en caso de que se presente el paro de emergencia de la estación, enviando el gas atrapado a desfogue.

Siguiendo con el recorrido del cabezal de descarga, se localizan una placa de orificio además de una válvula de seguridad que descarga hacia el cabezal de desfogue e indicadores de alta y baja presión. Por otra parte, sobre el mismo cabezal existe una válvula de corte que direcciona la línea de descarga, a la salida de la trampa de envío de diablos (HR-04) con destino a Lázaro Cárdenas. Esta línea se propone como bypass hacia el cabezal "C" de 36", dado que existe una derivación que va cambiando de diámetro de 24", 20", 10" y 6" la cual cuenta con una válvula de corte así como regulación de presión y medición de flujo.

#### IV.) DESCRIPCIÓN DE LOS SERVICIOS AUXILIARES

##### A) SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE

El sistema de gas combustible, está diseñado para el suministro neumático de las válvulas de corte de los cabezales principales, así como proveer de gas combustible seco a las turbinas que accionan los compresores. Por tal motivo la descripción será para ambos servicios.

El gas combustible para el suministro neumático será distribuido por una línea de 36" proveniente del cabezal "C" del sistema de recepción de gas, este sistema opera a una presión de 45 Psig y una temperatura de 77°F. De esta corriente saldrá una línea de 1 1/2" que posteriormente se ampliará a 2" y se empleará como cabezal de suministro neumático a los siguientes equipos: actuadores de las válvulas de corte, suministro de gas a los pilotos de los quemadores elevados y de fosa, suministro de gas de barrido a los cabezales generales del sistema de desfogue y suministro neumático al motogenerador.

El gas combustible para la operación de las turbinas de accionamiento de los compresores, será alimentado por medio de una derivación de 3" que proviene de la líneas de salida de los filtros separadores (V-100, FA-100, FA-300 y FA-400). Dichas corrientes se dirigen hacia los filtros separadores de gas combustible (FA-101, FA-201, FA-301 y FA-401) previo paso por las válvulas tipo bola y retención, además de diversos indicadores de presión y temperatura así como válvulas reductoras de presión conectadas en paralelo y válvulas de seguridad que descargan hacia el sistema de desfogue de estación.

Los filtros separadores de gas combustible, están provistos interiormente de una placa que permite generar turbulencia y favorecer la separación de trazas de líquido que llegaran a pasar a dichos equipos junto con la fase gaseosa, por tal motivo los filtros cuentan con un vidrio de nivel y un transmisor de presión diferencial para su adecuado funcionamiento. Los condensados recuperados son enviados hacia el cabezal de desfogue de la estación, a través del control de nivel de los filtros separadores de gas combustible. Finalmente de los filtros separadores de gas combustible, sale una línea de 3" que enviará el flujo de gas a las turbinas que accionan los compresores, previo paso por los indicadores de presión y temperatura, además de una derivación de 3" que se dirige al cabezal de 2" que es para gas de instrumentos y cuenta con una válvula autoreguladora de presión así como una válvula de seguridad que descarga hacia el sistema de desfogue de la estación.

##### B) SISTEMA DE DRENAJES

Los drenes que provienen de los diferentes compresores (GB-01, GB-02, GB-03 y GB-04) se vierten hacia el sistema de drenajes de la estación. Estos drenes que se tienen, son los provenientes de las siguientes corrientes: Colectores de escape, Ductos de entrada de aire, Tanques de aceite de lubricación y Filtros de lubricación. Dichas corrientes son dirigidas hacia las rejillas ubicadas en la periferia de cada equipo de compresión, las cuales derramarán los drenes por gravedad hacia las fosas de drenaje aceitoso (FE-01 y FE-02).

Cabe aclarar que el comportamiento de las descargas de los drenajes es similar para los cuatro compresores y la forma de operar ambas fosas es igual, por tal motivo las descargas de los drenajes de los compresores (GB-01 y GB-02) derramarán hacia la fosa (FE-01) y las descargas de los drenajes de los compresores (GB-03 y GB-04) derramarán hacia la fosa (FE-02).

El aceite recolectado en las rejillas que rodean a cada compresor, son enviados por medio de una línea de 4" hacia las fosas (FE-01 y FE-02) las cuales cuentan con venteo e indicadores de nivel, para su adecuado funcionamiento, además para la evacuación de los drenes, se tendrán las bombas (GA-08 y GA-09) que se encargarán de enviar el producto colectado de dichas fosas, a través de la operación manual hacia las mangueras que conectarán con tambores o con un auto tanque para su posterior disposición de los aceites recuperados.



### C) SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO

El agua que se utilizara en la red de contra incendio, proviene de una fuente primaria y llegará por una línea de 2" hasta el tanque de almacenamiento de agua contra incendio (FB-01), el cual tiene una capacidad de 5000 bls, y un indicador de nivel para su adecuado funcionamiento.

El sistema trabajará con cuatro bombas centrifugas horizontales (GA-01, GA-03, GA-06 y GA-02) de las cuales las tres primeras serán accionadas por motores eléctricos y la última será accionada por motor de combustión interna. Las bombas (GA-01 y GA-02) se consideran como principales y las otras dos bombas (GA-03 y GA-06) como jockey (refuerzo). Las bombas jockey's arrancarán automáticamente en forma secuencial al disminuir la presión de la red, ya que se deberá mantener presurizada la red con agua dulce a una presión 50 Psig en condiciones normales de operación.

El cabezal de alimentación, procedente del tanque de almacenamiento es de 10" y abastece a dos ramales de 8" cada uno conectados a las bombas principales (GA-01 y GA-02) y dos ramales de 2" cada uno conectados a las bombas jockey (GA-03 y GA-06). Las cuatro bombas cuentan en la succión con indicadores de presión, válvulas de seccionamiento y filtros temporales, además en las líneas de descargas de las bombas (GA-01 y GA-02) existen válvulas de seguridad, que relevan al alcanzar la presión de 160 Psig, hacia una línea de 8" que posteriormente retorna al tanque de almacenamiento de agua contra incendio (FB-01). Las líneas de descarga de cada bomba, incluyen válvulas check, válvulas de seccionamiento e indicadores de presión. La descarga de las cuatro bombas está conectada a un cabezal de 10" cuya corriente principal se direcciona hacia la línea que se dirige al anillo de red subterránea de agua contra incendio. Sin embargo del mismo cabezal de 10" sale un disparo que se direcciona hacia el tanque de almacenamiento (FB-01) previo paso por una válvula de seccionamiento y una toma siamesa que dará una alimentación secundaria del tanque, además de una placa de orificio.

La red subterránea de agua contra incendio se extiende por toda la estación, la cual se divide en tres áreas, el área de módulos de compresión, que tiene un anillo de 10" y que es alimentada por dos líneas. Este anillo abastece a ocho hidrantes tipo monitor y está compuesto por cinco válvulas de seccionamiento. El área de trampas, tiene un anillo de 10" que a su vez se encuentra conectado a un anillo de 8" que pertenece al área de medición. El anillo del área de trampas tiene siete hidrantes tipo monitor y siete válvulas de seccionamiento. El anillo del área de medición abastece a cuatro hidrantes tipo monitor y tiene cinco válvulas de seccionamiento.

### D) SISTEMA DE AIRE DE PLANTA E INSTRUMENTOS

El aire de planta y de instrumentos será generado dentro de la estación y tendrá la capacidad de cubrir los requerimientos totales que necesite la instalación. Ambos sistemas trabajaran a una presión de operación de 125 Psig y una temperatura de 77°F.

El sistema de aire de instrumentos, inicia con la línea de admisión al compresor reciprocante de dos pasos (GB-05 A), el cual está provisto de enfriamiento entre etapas. El aire comprimido y enfriado es enviado a un tanque acumulador de aire de instrumentos (FA-01) previo paso por los indicadores e interruptores de temperatura así como válvulas de retención y bloqueo. Del tanque acumulador (FA-01) el cual está instrumentado adecuadamente, se enviará el flujo de aire al cabezal de distribución de instrumentos, no sin antes pasar por el sistema de secado.

El proceso de secado inicia, con un filtro tipo cartucho de pre-secado, el cual está controlado por un indicador de presión diferencial, a su salida de éste, el flujo de aire es enviado hacia una válvula de cuatro vías que a través del sistema de control de la secadora de aire (PA-01) direccionará el flujo de aire a un secador ( Este sistema de control se encarga de efectuar automáticamente el cambio del secador, una vez que se ha detectado alta presión a la entrada).

Los secadores de aire con empaque de sílica, absorben la humedad del aire, enviado el flujo de aire seco hacia el filtro tipo cartucho de post-secado, previo paso por los indicadores de flujo y humedad respectivos. Continuando con el sentido de la línea y una vez que el aire sale del sistema de secado, llega hasta un cabezal de 1 1/2" el cual abastecerá de aire de instrumentos a los siguientes equipos: módulos de compresión (GB-01, GB-02, GB-03 y GB-04), sistema contraincendio, motogenerador, grúa, sistema de aceite de lubricación, etc.

El aire de planta será generado por el compresor (GB-05B) el cual enviará el flujo de gas hacia el tanque acumulador (FA-02). El aire de planta es de las mismas características que el de aire de instrumentos, contiene la misma instrumentación y se opera de la misma manera, la única diferencia radica en que el aire de planta no requiere un secado para ser alimentado a la planta. Este aire de planta pasa por una válvula tres vías, que sirve para efectuar el cambio al sistema de instrumentos, en caso de registrarse baja presión en la red de instrumentos. La alimentación a la planta es por medio de una línea de 1 1/2" que se dirige a los siguientes equipos: motogenerador, grúa, taller, módulos de compresión, tanque hidroneumático, etc.

#### E) SISTEMA DE AGUA DE SERVICIOS

El sistema de distribución de agua de servicios operará a una presión de 50 Psig y una temperatura ambiente. El servicio se obtendrá de la cisterna existente, la cual es llenada por agua de pozo, y será enviada al tanque hidroneumático (FA-05) por medio de la bomba (GA-07) además también será enviada a los tanques de almacenamiento (FB-03 A/B) por la bomba (GA-04).

El agua del tanque hidroneumático que es inyectado por aire de planta, es distribuida hacia el cabezal de 2" donde posteriormente se dirigen a los módulos de compresión. Así mismo de los tanques (FB-03 A/B), que se ubicarán en el techo del cuarto de control, se distribuirá el agua a los baños, vestidores, compresores de aire y al motogenerador de emergencia.



#### F) SISTEMA DE DESFOGUE

El objetivo principal del sistema, es permitir el desfogue de gas y de condensados para su posterior eliminación en la estación.

Los efluentes gaseosos provenientes de las válvulas de seguridad de los módulos de compresión, son integrados a un cabezal de 10" que posteriormente son dirigidos hacia el cabezal 24", que enviará el flujo de gas a los quemadores elevados (CB-101 y CB-102) para su eliminación. El sistema está diseñado para quemar en un momento de emergencia, todo el flujo de gas manejado en la estación (260 MMPCSD de gas natural) además el sistema operará a una presión de 6 Psig y una temperatura ambiente.

Los condensados a presión recuperados de los módulos de compresión, son integrados a un cabezal de 2" que enviará dichos condensados al quemador de fosa (CB-103) para su eliminación. El sistema deberá operar a una presión de 5 Psig y una temperatura ambiente.



## **3.4 ÍNDICE DE SERVICIOS**

	<p>TUBERÍA DE PROCESO Y SERVICIOS AUXILIARES CLASIFICACIÓN DE MATERIALES POR SERVICIO</p> <p>REQUISITOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO</p>	
REV : 0		HOJA: 1 DE 2

### ÍNDICE DE SERVICIOS

SERVICIO	TEMP. MAX. OP. (°F)	PRESIÓN MAX. OP. (PSIG)	MATERIAL DE TUBERÍA
	LÍQUIDO L/V VAPOR (GAS)	LÍQUIDO L/V VAPOR (GAS)	

<p><u>CLASE A22A</u></p> <p>CONDENSADOS DE GAS L.P. (CB)</p>	80	ATM.	<p>150 # R.F. ACERO AL CARBÓN T.C. = 0.0625" ASTM A333/6 DE ½" A 8" (1) ("4")</p>
<p><u>CLASE A30A</u></p> <p>GAS COMBUS. (GC)</p> <p>DESFOGUE. (DB)</p> <p>DRENAJE A PRESIÓ N. (DP)</p>	85 42 46	200 80 80	<p>150 # R.F. ACERO AL CARBÓN T.C. = 0.0625" ASTM A106GR. B S/C DE ½" A 16" API 5L GR. B "ERW" DE 18" A 36" (1) ("4")</p>
<p><u>CLASE A33A</u></p> <p>AGUA DE SERVICIOS. (AH)</p> <p>AIRE DE PLANTA. (AP)</p> <p>AIRE DE INSTRUMENTO. (AI)</p>	104 85 85	50 125 125	<p>150 # R.F. ACERO AL CARBÓN T.C.= 0.0625" ASTM A53 GR. B TIPO "S" GALV. DE ½" A 2" ASTM A53 GR. B TIPO "S" DE 2½" A 10" (1) ("4")</p>
<p><u>CLASE A50A</u></p> <p>DRENAJE ABIERTO. (DD)</p>	AMB.	ATM	<p>150 # R.F. ACERO AL CARBÓN T.C. = 0.0625" ASTM A106GR. B S/C DE ½" A 16" (1) ("4")</p>

	TUBERÍA DE PROCESO Y SERVICIOS AUXILIARES CLASIFICACIÓN DE MATERIALES POR SERVICIO  REQUISITOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO	
REV : 0		HOJA: 2 DE 2

### ÍNDICE DE SERVICIOS

SERVICIO	TEMP. MAX. OP. (°F)	PRESIÓN MAX. OP. (PSIG)	MATERIAL DE TUBERÍA
	LÍQUIDO L/V VAPOR (GAS)	LÍQUIDO L/V VAPOR (GAS)	

<p><u>CLASE A77A</u></p> <p>AGUA CONTRAINCENDIO. (FW)</p>	85	230	<p>150 # R.F. ACERO AL CARBÓN T.C.= 0.0625" ASTM A-53 GR. B TIPO "S" GALV. DE ½" A 2" ASTM A-106GR B S/C DE 2½" A 16" API-5L-GR. B "ERW" COMP. DESOX. DE 18" A 36" (1) ("4")</p>
<p><u>CLASE D35A</u></p> <p>GAS COMBUS. (2) (GC)</p> <p>GAS NATURAL. (P)</p> <p>DRENAJE A PRESION. (DP)</p>	85  197  85	550  1015  550	<p>600 # R.F. ACERO AL CARBÓN T.C. = 0.0625" ASTM A106GR. B S/C DE ½" A 16" API 5L GR. B "DSAW" DE 18" A 36" (1) ("4")</p>



NOTAS:

1. CÓDIGO DE DISEÑO ASME / ANSI B31.3, ÚLTIMA EDICIÓN. ("4")

## 3.5 HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD



### RELACIÓN DE LAS HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD

- ◆ HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA GAS NATURAL.
- ◆ HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA GAS L.P.
- ◆ HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA DIESEL DESULFURADO.

 REVISION: 0	<b>HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD</b> <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 1 DE 6
--	--	---

**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA GAS NATURAL (METANO)**



SUSTANCIA	GAS NATURAL (METANO)						
<b>COMPONENTES RIESGOSOS:</b>							
◆ Número CAS (Chemical Abstracts Services)	74-82-8						
◆ Número de Naciones Unidas.	1971						
◆ Especificar si al gún componente tiene efectos cancerígenos y/o teratogénicos.	No cancerígeno y/o teratogénico.						
◆ Límite máximo permisible de concentración.	IDLH: 19,000 ppm						
◆ Nombre del fabricante o importador.	Petróleos Mexicanos.						
◆ En caso de emergencia comunicarse al teléfono o número de fax.	(5) 6-67-19 (5) 6-65-48						
<b>PROPIEDADES FÍSICAS:</b>							
◆ Nombre comercial.	Metano.						
◆ Nombre químico / peso molecular (g/gmol)	Gas Natural / 16						
◆ Fórmula química.	CH <sub>4</sub>						
◆ Sinónimos.	Gas Natural.						
◆ Temperatura de ebullición (a 760 mm Hg) °C.	-160						
◆ Presión de vapor (a 20 °C) Psia.	Muy alta.						
◆ Densidad de vapor (aire=1)	0.555						
◆ Reactividad en agua.	( No reactivo.)						
◆ Velocidad de evaporación ( butil - cetona = 1 )	2						
◆ Temperatura de autoignición (°C)	540						
◆ Temperatura de fusión (°C)	-297						
◆ Densidad relativa.	0.555						
◆ Solubilidad en agua.	Ligera.						
◆ Estado físico, color y olor.	Gas, Incoloro e Inodoro.						
◆ Punto de inflamación mínimo (°C)	5						
◆ Por ciento de volatilidad.	100						
◆ Otros datos	----						
<b>RIESGOS PARA LA SALUD:</b>							
◆ Nivel de riesgo para la salud, según NFPA.	----						
◆ Ingestión accidental.	No aplica.						
◆ Contacto con los ojos.	El metano no irrita los ojos pero por evaporación rápida puede dañar el tejido por congelamiento.						
◆ Contacto con la piel.	No irrita al hacer contacto, pero puede provocar daños al tejido por congelamiento.						
◆ Absorción.	----						
◆ Inhalación.	Sobre la salud a bajo del 5 % de concentración en el aire. Es un asfixiante simple que a altas concentraciones desplaza el oxígeno.						
◆ Toxicidad.	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: right;">IDLH (ppm o mg/m<sup>3</sup>)</td> <td style="text-align: center;">19,000 ppm.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">TLV 8 horas (ppm o mg/m<sup>3</sup>)</td> <td style="text-align: center;">500 ppm.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">TLV 15 min. (ppm o mg/m<sup>3</sup>)</td> <td style="text-align: center;">No disponible.</td> </tr> </table>	IDLH (ppm o mg/m <sup>3</sup> )	19,000 ppm.	TLV 8 horas (ppm o mg/m <sup>3</sup> )	500 ppm.	TLV 15 min. (ppm o mg/m <sup>3</sup> )	No disponible.
IDLH (ppm o mg/m <sup>3</sup> )	19,000 ppm.						
TLV 8 horas (ppm o mg/m <sup>3</sup> )	500 ppm.						
TLV 15 min. (ppm o mg/m <sup>3</sup> )	No disponible.						

	<p><b>HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD</b></p> <p><b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b></p>	
REVISION: 0		HOJA: 2 DE 6

**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA GAS NATURAL (METANO) (CONTINUACIÓN)**



<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Daño genético: Clasificación de sustancias de acuerdo a las características carcinogénicas en humanos, por ejemplo Instructivo No.10 de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social u otras. Especificar.</li> </ul>	No carcinogénico.
<b>RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSIÓN:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Nivel de riesgo de inflamabilidad, según NFPA.</li> </ul>	----
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Medio de extinción.</li> </ul>	Niebla de agua, espuma de alcohol, CO <sub>2</sub> , polvo químico seco.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Equipo especial de protección (general), para combate de incendio.</li> </ul>	Traje de protección contra fuego, el uso de equipo autónomo de respiración de presión positiva.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Procedimiento especial de combate de incendio.</li> </ul>	Mantenga alejada a las personas no indispensables. Manténgase a favor del viento. Aísle el área de peligro y prohíba el acceso. Utilícense aparatos de respiración autónomos y ropa protectora.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Condiciones que conducen a un peligro de fuego y/o explosión usual.</li> </ul>	El metano es un gas extremadamente inflamable, puede incendiarse por calor, chispas y flamas. El vapor puede extenderse del punto de derrame. Peligro de explosión en interiores, exteriores o drenajes. Se debe evitar fumar en el área y mantener alejado cualquier punto de ignición.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Productos de la combustión.</li> </ul>	CO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> O
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Inflamabilidad: Límite Superior de Inflamabilidad (%) Límite Inferior de Inflamabilidad (%)</li> </ul>	15 5.0
<b>DATOS DE REACTIVIDAD.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Clasificación de sustancias por su actividad química, reactividad con el agua y potencial de oxidación. Según NFPA.</li> </ul>	(No reactivo.)
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Sustancia estable o inestable.</li> </ul>	Estable.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Condiciones a evitar.</li> </ul>	Calentamiento y exposición a flamas. Se deben evitar también las descargas estáticas en el área.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Incompatibilidad, sustancias a evitar.</li> </ul>	Agentes oxidantes fuertes como peróxidos, percloratos y los compuestos halogenados.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Descomposición de componentes peligrosos.</li> </ul>	No los genera.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Polimerización peligrosa.</li> </ul>	No presenta.
<b>CORROSIVIDAD.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Clasificación de sustancias por su grado de corrosividad.</li> </ul>	No presenta propiedades corrosivas.
<b>RADIOACTIVIDAD.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Clasificación de sustancias radioactivas.</li> </ul>	Sustancia no radioactiva.



 REVISION: 0	<b>HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD</b> <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 3 DE 6
--	--	---



**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA GAS LICUADO DE PETRÓLEO.**

SUSTANCIA	GAS LICUADO DE PETRÓLEO
<b>COMPONENTES RIESGOSOS:</b>	
◆ Número CAS (Chemical Abstracts Services).	68476-85-7
◆ Número de Naciones Unidas.	1075
◆ Especificar si al gún componente tiene efectos cancerígenos y/o teratogénicos.	Sin información.
◆ Límite máximo permisible de concentración.	No disponible.
◆ Nombre del fabricante o importador.	Petróleos Mexicanos.
◆ En caso de emergencia comunicarse al teléfono o número de fax.	91-800-00-214 55-59-15-88
<b>PROPIEDADES FÍSICAS:</b>	
◆ Nombre comercial.	Gas L.P.
◆ Nombre químico / peso molecular (g/gmol)	L.P.G. / 42-58
◆ Fórmula química.	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> /C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> /C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> /C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> (Mezcla.)
◆ Sinónimos.	Gas licuable de hidrocarburo, gas embotellado.
◆ Temperatura de ebullición (a 760 mm Hg) °C.	- 42.2
◆ Presión de vapor (a 20 °C) Kg/cm <sup>2</sup> abs.	7.65
◆ Densidad de vapor (aire=1)	1.45-2.0
◆ Reactividad en agua.	( No reactivo.)
◆ Velocidad de evaporación ( butil - Acetato)	No disponible.
◆ Temperatura de autoignición (°C)	No aplicable.
◆ Temperatura de fusión (°C)	No aplicable.
◆ Densidad relativa.	0.521 @ 23 ° C (líquido.)
◆ Solubilidad en agua.	Insoluble.
◆ Estado físico, color y olor.	Gas, Incoloro e Inodoro.
◆ Punto de inflamación mínimo (°C)	No disponible.
◆ Por ciento de volatilidad.	No disponible.
◆ Calor latente de vaporización a T <sub>2</sub> (Cal / g)	No aplicable.
◆ Calor de combustión (líquido) (Cal / g)	No aplicable.
<b>RIESGOS PARA LA SALUD:</b>	
◆ Nivel de riesgo para la salud, según NFPA.	----
◆ Ingestión accidental.	Dato no disponible.
◆ Contacto con los ojos.	Lavarse inmediatamente con agua.
◆ Contacto con la piel.	Causa que maduras, serios daños y congelación.
◆ Absorción.	No es significativa.
◆ Inhalación.	Ataca al sistema respiratorio y al sistema nervioso central, provocando las asfixias. Los vapores pueden causar mareo de repente, algunos pueden ser irritantes si se inhalan a altas concentraciones. El fuego puede producir irritación y / o gases tóxicos.
◆ Toxicidad.	Dato no disponible.
IDLH (ppm o mg/m <sup>3</sup> ) TLV 8 horas (ppm o mg/m <sup>3</sup> ) TLV 15 min. (ppm o mg/m <sup>3</sup> )	Arriba de 2000 ppm. 1000 ppm.

 REVISION: 0	<b>HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD</b> <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 4 DE 6
--	--	---



**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA GAS LICUADO DE PETRÓLEO. (CONTINUACIÓN)**

<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Daño genético: Clasificación de sustancias de acuerdo a las características carcinogénicas en humanos, por ejemplo Instructivo N.º 10 de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social u otras.</li> </ul>	Dato no disponible.
<b>RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSIÓN:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Medio de extinción.</li> </ul>	Espuma, polvo químico seco, CO <sub>2</sub> y agua.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Equipo especial de protección (general), para combate de incendio.</li> </ul>	Mangueras, boquillas, camiones, cascos, pantallas, chaquetones, botas, tanque de oxígeno con sistemas de respiración.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Procedimiento especial de combate de incendio.</li> </ul>	Gas extremadamente inflamable. Enfriar los tanques de almacenamiento con grandes cantidades de agua hasta que el fuego se haya extinguido. No dirigir el agua a la fuente de fuga, porque puede ocurrir que el agua se solidifique. Alejarse inmediatamente de los dispositivos de seguridad en caso de incrementarse el ruido. Siempre permanecer alejado de las tapas de los recipientes. No toque el material deramado. Aísle el área hasta que el gas se haya dispersado.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Condiciones que conducen a un peligro de fuego y/o explosión usual.</li> </ul>	Es extremadamente inflamable. Fácilmente se inflama por el calor, chispas o flamas. Formará mezclas explosivas con aire. Los vapores del gas licuado son más pesados que el aire y se extienden a lo largo del suelo. Los vapores pueden viajar para ser fuentes de ignición con retroceso de flama. Los recipientes pueden explotar cuando se calientan. Espuma, polvo químico seco, CO <sub>2</sub> y rocío de agua.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Productos de la combustión.</li> </ul>	CO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> O
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Inflamabilidad:                      Límite Superior de Inflamabilidad (%)                      Límite Inferior de Inflamabilidad (%)                 </li> </ul>	9.5 % (propano), 8.5 % (butano) 2.1 % (propano), 1.9 % (butano)
<b>DATOS DE REACTIVIDAD.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Clasificación de sustancias por su actividad química, reactividad con el agua y potencial de oxidación.</li> </ul>	(No reacciona.)
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Sustancia estable o inestable.</li> </ul>	Inestable.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Condiciones a evitar.</li> </ul>	Contacto con los oxidantes fuertes, tales como el dióxido de cloro.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Incompatibilidad, sustancias a evitar.</li> </ul>	Dióxido de cloro.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Descomposición de componentes peligrosos.</li> </ul>	La combustión genera gases tóxicos.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Polimerización peligrosa.</li> </ul>	Ninguna.
<b>CORROSIVIDAD.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Clasificación de sustancias por su grado de corrosividad.</li> </ul>	No disponible.
<b>RADIOACTIVIDAD.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Clasificación de sustancias radioactivas.</li> </ul>	Sustancia no radioactiva.

	<p><b>HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD.</b></p> <p><b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL.</b></p>	
REVISIÓN: 0		HOJA: 5 DE 6

**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA DIESEL DESULFURADO.**

SUSTANCIA	DIESEL DESULFURADO
<b>COMPONENTES RIESGOSOS:</b>	
◆ Número CAS(Chemical Abstracts Services)	6834-30-5
◆ Número de Naciones Unidas.	1202
◆ Especificar si algún componente tiene efectos cancerígenos y/o teratogénicos.	Sin información.
◆ Límite máximo permisible de concentración.	No disponible.
◆ Nombre del fabricante o importador.	Petróleos Mexicanos.
◆ En caso de emergencia comunicarse al teléfono o número de fax.	91-800-00-214 55-59-15-88
<b>PROPIEDADES FÍSICAS:</b>	
◆ Nombre comercial.	Diesel Desulfurado.
◆ Nombre químico / peso molecular (g/gmol)	Diesel / 236.533
◆ Fórmula química.	No procede.
◆ Sinónimos.	Destilado del Petróleo.
◆ Temperatura de ebullición (a 760 mm Hg) °C.	216 - 371
◆ Presión de vapor (a 20 °C) mm Hg	30
◆ Densidad de vapor (aire=1)	4.0
◆ Reactividad en agua.	( No reactivo.)
◆ Velocidad de evaporación ( butil - Acetato)	No aplicable.
◆ Temperatura de autoignición (°C)	No aplicable.
◆ Temperatura de fusión (°C)	No aplicable.
◆ Densidad relativa.	0.850 @ 15 ° C (líquido.)
◆ Solubilidad en agua.	Insoluble.
◆ Estado físico, color y olor.	Líquido./Lila./Petróleo.
◆ Punto de inflamación mínimo (°C)	41 °C.
◆ Por ciento de volatilidad.	No disponible.
◆ Calor latente de vaporización a T <sub>2</sub> (Cal / g)	No aplicable.
◆ Calor de combustión (líquido) (Cal / g)	No aplicable.
<b>RIESGOS PARA LA SALUD:</b>	
◆ Nivel de riesgo para la salud, según NFPA.	----
◆ Ingestión accidental.	Causa irritación en el estómago, si penetra en los pulmones causa tos, y rápidamente desarrolla edema pulmonar. Si es ingerido no inducir al vómito y recibir atención médica.
◆ Contacto con los ojos.	El vapor causa irritación. Al contacto con los ojos lavar abundantemente con agua durante 15 minutos.
◆ Contacto con la piel.	Produce irritación. Quitar líquido frotando y lavar con agua y jabón.
◆ Absorción.	No es significativa.
◆ Inhalación.	Los vapores causan irritación en el sistema respiratorio, causan tos y molestias en el pecho. Administrar oxígeno si respira con dificultad.

 REVISION: 0	<h2 style="margin: 0;">HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD</h2> <h3 style="margin: 0;">ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</h3>	 HOJA: 6 DE 6
--	---	---

**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA DIESEL DESULFURADO. (CONTINUACIÓN)**

<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Toxicidad. IDLH (ppm o mg/m<sup>3</sup>) TLV 8 horas (ppm o mg/m<sup>3</sup>) TLV 15 min. (ppm o mg/m<sup>3</sup>)</li> </ul>	Dato no disponible. 100 ppm. No disponible.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Daño genético: Clasificación de sustancias de acuerdo a las características carcinogénicas en humanos, por ejemplo Instructivo No.10 de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social u otras.</li> </ul>	Sin Información.
<b>RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSIÓN:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Medio de extinción.</li> </ul>	Espuma, polvo químico seco, CO <sub>2</sub> y rocío de agua.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Equipo especial de protección (general), para combate de incendio.</li> </ul>	Mangueras, boquillas, camiones, cascos, pantallas, chaquetones, botas, llaves, martillos, hachas, palas, etc.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Procedimiento de combate de incendio.</li> </ul>	El agua puede ser inefectiva contra el fuego de líquidos con baja temperatura de inflamación, pero se utiliza para enfriar a los equipos de almacenamiento contiguos. Aislar el área de peligro, mantenerse alejado de las áreas bajas y proteger a la personal que este apagando al fuego.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Condiciones que conducen a un peligro de fuego y/o explosión usual.</li> </ul>	Cuando se expone al calor de la flama o a materiales oxidantes sus vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire. Los vapores pueden viajar a una fuente de ignición y regresar con flama. Los contenedores pueden explotar cuando se calienten.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Productos de la combustión.</li> </ul>	CO <sub>2</sub> y H <sub>2</sub> O
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Inflamabilidad: Límite Superior de Inflamabilidad (%) Límite Inferior de Inflamabilidad (%)</li> </ul>	5.0 0.7
<b>DATOS DE REACTIVIDAD.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Clasificación de sustancias por su actividad química, reactividad con el agua y potencial de oxidación.</li> </ul>	(No reacciona.)
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Sustancia estable o inestable.</li> </ul>	Estable.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Condiciones a evitar.</li> </ul>	Contacto con los oxidantes fuertes, tales como el ácido nítrico.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Incompatibilidad, sustancias a evitar.</li> </ul>	Acido nítrico.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Descomposición de componentes peligrosos.</li> </ul>	Libera monóxido y bióxido de carbono.
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Polimerización peligrosa.</li> </ul>	Ninguna.
<b>CORROSIVIDAD.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Clasificación de sustancias por su grado de corrosividad.</li> </ul>	No disponible.
<b>RADIOACTIVIDAD.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Clasificación de sustancias radioactivas.</li> </ul>	Sustancia no radioactiva.

## **3.6 LISTA DE EQUIPOS**

NS	SISTEMA	NOMBRE DEL EQUIPO	CLAVE DEL EQUIPO	SERVICIO	DIÁMETRO ESPECIFICACIONES	CARACTERÍSTICAS	CONDICIONES DE OPERACIÓN PRESIÓN DE OPERACIÓN TEMPERATURA DE OPERACIÓN	
1	SISTEMA DE TRAMPAS	TRAMPA DE DIABLOS	HR-01	RECIBO DE GAS NATURAL DE SANTA ANA	D1 = 914 mm T-T = 1015 mm		P = 570 ± 853 Psig T = 77 °F	
2	SISTEMA DE TRAMPAS	TRAMPA DE DIABLOS	HR-02	ENWIO DE GAS NATURAL A SALAMANCA	D1 = 508 mm T-T = 610 mm		P = 540 Psig T = 77 °F	
3	SISTEMA DE TRAMPAS	TRAMPA DE DIABLOS	HR-03	ENWIO DE GAS NATURAL A GUADALAJARA	D1 = 914 mm T-T = 1015 mm		P = 540 Psig T = 77 °F	
4	SISTEMA DE TRAMPAS	TRAMPA DE DIABLOS	HR-04	ENWIO DE GAS NATURAL A LAZARO CARDENAS	D1 = 913 mm T-T = 660 mm		P = 1615 Psig T = 77 °F	
5	SISTEMA DE COMPRESION	TURBOCOMPRESOR	GB-01	COMPRESION DE GAS NATURAL (MODULO 1)	Q = 155 MMPCSD POT = 4700 HP		P <sub>acc</sub> = 500 Psig y P <sub>acc</sub> = 680 Psig T = 77 °F	
6	SISTEMA DE COMPRESION	FILTRO SEPARADOR	V-100	FILTRO SEPARADOR DE GAS NATURAL	D1 = 1067 mm T-T = 2591 mm			
7	SISTEMA DE COMPRESION	ENFRIADOR DE GAS	EC-101	REGULAMIENTO DE TEMPERATURA DEL GAS	Q = 155 MMPCSD			
8	SISTEMA DE COMPRESION	TURBOCOMPRESOR	GB-02	COMPRESION DE GAS NATURAL (MODULO 2)	Q = 78 MMPCSD POT = 4700 HP		P <sub>acc</sub> = 500 Psig y P <sub>acc</sub> = 615 Psig T = 77 °F	
9	SISTEMA DE COMPRESION	FILTRO SEPARADOR	FA-100	FILTRO SEPARADOR DE GAS NATURAL	D1 = 1067 mm T-T = 2591 mm			
10	SISTEMA DE COMPRESION	ENFRIADOR DE GAS	EC-200	REGULAMIENTO DE TEMPERATURA DEL GAS	Q = 78 MMPCSD			
11	SISTEMA DE COMPRESION	TURBOCOMPRESOR	GB-03	COMPRESION DE GAS NATURAL (MODULO 3)	Q = 78 MMPCSD POT = 4700 HP		P <sub>acc</sub> = 560 Psig y P <sub>acc</sub> = 1015 Psig T = 77 °F	
12	SISTEMA DE COMPRESION	FILTRO SEPARADOR	FA-300	FILTRO SEPARADOR DE GAS NATURAL	D1 = 1067 mm T-T = 2591 mm			
13	SISTEMA DE COMPRESION	ENFRIADOR DE GAS	EC-300	REGULAMIENTO DE TEMPERATURA DEL GAS	Q = 78 MMPCSD			
14	SISTEMA DE COMPRESION	TURBOCOMPRESOR	GB-04	COMPRESION DE GAS NATURAL (MODULO 4)	Q = 78 MMPCSD POT = 4700 HP		EQUIPO A FUTURO T = 77 °F	
15	SISTEMA DE COMPRESION	FILTRO SEPARADOR	FA-400	FILTRO SEPARADOR DE GAS NATURAL	D1 = 1067 mm T-T = 2591 mm			
16	SISTEMA DE COMPRESION	ENFRIADOR DE GAS	EC-400	REGULAMIENTO DE TEMPERATURA DEL GAS	Q = 78 MMPCSD			
17	SISTEMA DE GAS COMB	FILTRO SEPARADOR	FA-101	SEPARADOR DE GAS COMBUSTIBLE	D1 = 1067 mm T-T = 2591 mm		P = 260 Psig T = 77 °F	
18	SISTEMA DE GAS COMB	FILTRO SEPARADOR	FA-201	SEPARADOR DE GAS COMBUSTIBLE	D1 = 1067 mm T-T = 2591 mm		P = 260 Psig T = 77 °F	
19	SISTEMA DE GAS COMB	FILTRO SEPARADOR	FA-301	SEPARADOR DE GAS COMBUSTIBLE	D1 = 1067 mm T-T = 2591 mm		P = 260 Psig T = 77 °F	
20	SISTEMA DE GAS COMB	FILTRO SEPARADOR	FA-401	SEPARADOR DE GAS COMBUSTIBLE	D1 = 1067 mm T-T = 2591 mm		P = 260 Psig T = 77 °F	
OBSERVACIONES								
				UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	PROYECTO			
				FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA	ESTACION DE COMPRESION DE GAS NATURAL			
				<b>LISTA DE EQUIPO</b>	ELABORO	R.T.M.	REVISOR	0
					APROBO	R.T.M.	HOJA	1 DE 3

No.	SISTEMA	NOMBRE DEL EQUIPO	CLAVE DEL EQUIPO	SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DIÁMETRO: ESPECIFICACIONES	CONDICIONES DE OPERACIÓN: PRESIÓN DE OPERACIÓN TEMPERATURA DE OPERACIÓN
21	SISTEMA DE DRENAJE	FOSA DE DRENAJE	FE-01	FOSA DE DRENAJE ACEITOSO	L = 1200 mm A = 1200 mm H = 3060 mm Q = 70 GPM	P = AMBIENTE T = AMBIENTE ΔP = 25 Psig T = AMBIENTE
22	SISTEMA DE DRENAJE	BOMBA	GA-06	BOMBA DE DRENAJE ACEITOSO	L = 1200 mm A = 1200 mm H = 3060 mm Q = 70 GPM	P = AMBIENTE T = AMBIENTE ΔP = 25 Psig T = AMBIENTE
23	SISTEMA DE DRENAJE	FOSA DE DRENAJE	FE-02	FOSA DE DRENAJE ACEITOSO	L = 1200 mm A = 1200 mm H = 3060 mm Q = 70 GPM	P = AMBIENTE T = AMBIENTE ΔP = 25 Psig T = AMBIENTE
24	SISTEMA DE DRENAJE	BOMBA	GA-05	BOMBA DE DRENAJE ACEITOSO	L = 1200 mm A = 1200 mm H = 3060 mm Q = 70 GPM	P = AMBIENTE T = AMBIENTE ΔP = 25 Psig T = AMBIENTE
25	SISTEMA DE AGUA C INC	TANQUE DE AGUA	FB-01	TANQUE DE AGUA CONTRAMCENDIO	D I = 1068 mm T-T = 5202 mm Q = 150 GPM	P = AMBIENTE T = AMBIENTE ΔP = 150 Psig T = AMBIENTE
26	SISTEMA DE AGUA C INC	BOMBA	GA-01	BOMBA DE AGUA C INC CON MOTOR ELECTRICO	Q = 150 GPM	P = AMBIENTE T = AMBIENTE ΔP = 150 Psig T = AMBIENTE
27	SISTEMA DE AGUA C INC	BOMBA	GA-02	BOMBA DE AGUA C INC CON MOTOR DE DIESEL	Q = 50 GPM	P = AMBIENTE T = AMBIENTE ΔP = 50 Psig T = AMBIENTE
28	SISTEMA DE AGUA C INC	BOMBA JOCKEY	GA-03	BOMBA DE REFUERZO DE AGUA CONTRAMCENDIO	Q = 50 GPM	P = AMBIENTE T = AMBIENTE ΔP = 50 Psig T = AMBIENTE
29	SISTEMA DE AGUA C INC	BOMBA JOCKEY	GA-04	BOMBA DE REFUERZO DE AGUA CONTRAMCENDIO	Q = 50 GPM	P = AMBIENTE T = AMBIENTE ΔP = 50 Psig T = AMBIENTE
30	SISTEMA DE AIRE E INST	COMPRESOR	GB-45 A	COMPRESOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS	Q = 150 PC-SM	P = 125 Psig T = 77 °F
31	SISTEMA DE AIRE E INST	ACUMULADOR	FA-01	ACUMULADOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS	D I = 1676 mm T-T = 3353 mm Q = 150 PC-SM	P = 125 Psig T = 77 °F
32	SISTEMA DE AIRE E INST	BECADORA	PA-01	SECADORA DE AIRE DE INSTRUMENTOS	Q = 150 PC-SM	P = 125 Psig T = 77 °F
33	SISTEMA DE AIRE E INST	COMPRESOR	GB-45 B	COMPRESOR DE AIRE DE PLANTA	Q = 150 PC-SM	P = 125 Psig T = 77 °F
34	SISTEMA DE AIRE E INST	ACUMULADOR	FA-02	ACUMULADOR DE AIRE DE PLANTA	D I = 1676 mm T-T = 3353 mm	P = 125 Psig T = 77 °F
35	SISTEMA DE AGUA SERV	TANQUE HIDRONEUMATICO	FA-05	TANQUE HIDRONEUMATICO DE AGUA DE SERVICIO	D I = 1676 mm T-T = 3353 mm Q = 30 GPM	P = 50 Psig T = AMBIENTE ΔP = 50 Psig T = AMBIENTE
36	SISTEMA DE AGUA SERV	BOMBA	GA-07	BOMBA DE AGUA DE SERVICIO	D I = 960 mm T-T = 1390 mm CAP = 750 L Q = 60 GPM	P = 50 Psig T = AMBIENTE ΔP = 27.3 Psig T = AMBIENTE
37	SISTEMA DE AGUA SERV	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	FB-03 A/B	TANQUE DE ALMACENAM DE AGUA DE SERVICIO		
38	SISTEMA DE AGUA SERV	BOMBA	GA-04	BOMBA DE AGUA DE SERVICIO		

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	PROYECTO:	
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA	ESTACION DE COMPRESION DE GAS NATURAL	
<b>LISTA DE EQUIPO</b>	ELABORO: R.T.M	REVISION: 0
	APROBO: R.T.M	HOJA 2 DE 3







## 3.7 LISTA DE LÍNEAS

### RELACION DE LISTA DE LÍNEAS

- ◆ Lista de Líneas del Proceso General.
- ◆ Lista de Líneas de la Recepción de Gas L.P.
- ◆ Lista de Líneas del Sistema de Gas Combustible.
- ◆ Lista de Líneas del Sistema de Drenaje.
- ◆ Lista de Líneas del Sistema de Agua Contra incendio.
- ◆ Lista de Líneas del Sistema de Aire de Planta e Instrumentos.
- ◆ Lista de Líneas del Sistema de Agua de Servicios.
- ◆ Lista de Líneas del Sistema de Desfogue.

SER	COMPONENCIÓN		TRANSICIONES		PRESIÓN		TEMPERATURA (°C)		MEDIO DE LUBRIFICACIÓN (LÍQUIDO, GASOSO, VAPOR)	LÍNEA CRÍTICA	CANTIDAD DE FLUIDO	DIMENSIONES	Nº DE ASUMOS	CLASE DE ASUMOS	CAPÍTULO DE APLICACIÓN	CÓDIGO DE CLASIFICACIÓN
	ESTR	SECC	DESE	TRAZA	VAR	MIN	VAR	MIN								
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
46	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
47	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
51	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
52	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
53	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
54	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
56	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
57	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
58	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
59	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
61	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
63	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
64	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
65	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
66	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
67	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
68	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
69	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
71	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
72	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
73	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
74	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
76	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
77	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
78	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
79	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
81	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
83	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
84	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
85	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
86	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
87	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
89	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
91	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
92	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
93	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
94	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
95	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
96	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
98	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	PROYECTO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES JUAQUÍN	COMPRESIÓN DE GAS NATURAL
<b>LISTA DE LINEAS</b>	SECCION
	01
	02
REVISON I	REVISON II
APR 87/M	MAY 1 DE 1

LEYENDA DE APLACAMIENTOS
1. PLAN DE APLACAMIENTO
2. PLAN DE APLACAMIENTO
3. PLAN DE APLACAMIENTO
4. PLAN DE APLACAMIENTO
5. PLAN DE APLACAMIENTO
6. PLAN DE APLACAMIENTO
7. PLAN DE APLACAMIENTO
8. PLAN DE APLACAMIENTO
9. PLAN DE APLACAMIENTO
10. PLAN DE APLACAMIENTO
11. PLAN DE APLACAMIENTO
12. PLAN DE APLACAMIENTO
13. PLAN DE APLACAMIENTO
14. PLAN DE APLACAMIENTO
15. PLAN DE APLACAMIENTO
16. PLAN DE APLACAMIENTO
17. PLAN DE APLACAMIENTO
18. PLAN DE APLACAMIENTO
19. PLAN DE APLACAMIENTO
20. PLAN DE APLACAMIENTO
21. PLAN DE APLACAMIENTO
22. PLAN DE APLACAMIENTO
23. PLAN DE APLACAMIENTO
24. PLAN DE APLACAMIENTO
25. PLAN DE APLACAMIENTO
26. PLAN DE APLACAMIENTO
27. PLAN DE APLACAMIENTO
28. PLAN DE APLACAMIENTO
29. PLAN DE APLACAMIENTO
30. PLAN DE APLACAMIENTO
31. PLAN DE APLACAMIENTO
32. PLAN DE APLACAMIENTO
33. PLAN DE APLACAMIENTO
34. PLAN DE APLACAMIENTO
35. PLAN DE APLACAMIENTO
36. PLAN DE APLACAMIENTO
37. PLAN DE APLACAMIENTO
38. PLAN DE APLACAMIENTO
39. PLAN DE APLACAMIENTO
40. PLAN DE APLACAMIENTO
41. PLAN DE APLACAMIENTO
42. PLAN DE APLACAMIENTO













REV	COMPLICACIÓN		TRANSICIÓN		FRECCION	ACUMULADA (MM)		TEMPERATURA (°C)	MEDIO DE PRESIÓN		LÍNEA DE CORTA	DISTRIBUCIÓN DE FLUJO	OBSERVACIONES	TIPO DE ACUMULADA	LÍNEA DE ACUMULADA	LÍNEA DE ACUMULADA	LÍNEA DE ACUMULADA
	CON	DE	DE	DE		DE	DE		DE	DE							
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4					
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5					
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6					
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7					
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8					
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9					
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10					
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11					
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12					
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13					
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14					
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15					
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16					
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17					
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18					
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19					
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20					
21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21					
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22					
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23					
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24					
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25					
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26					
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27					
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28					
29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29					
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30					
31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31					
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32					
33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33					
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34					
35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35					
36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36					
37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37					
38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38					
39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39					
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40					
41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41					
42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42					
43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43					
44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44					
45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45					
46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46					
47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47					
48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48					
49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49					
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50					

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	PROYECTO	COMPROBACIÓN DE GAS NATURAL
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS		
<b>LISTA DE LINEAS</b>		
SERVICIO DE AGUAS CALIENTES		REVISIÓN 1
1. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
2. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
3. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
4. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
5. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
6. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
7. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
8. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
9. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
10. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
11. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
12. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
13. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
14. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
15. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
16. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
17. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
18. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
19. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
20. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
21. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
22. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
23. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
24. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
25. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
26. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
27. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
28. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
29. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
30. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
31. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
32. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
33. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
34. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
35. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
36. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
37. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
38. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
39. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
40. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
41. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
42. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
43. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
44. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
45. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
46. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
47. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
48. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
49. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1
50. SERVICIO DE AGUAS CALIENTES	REVISIÓN 1	REVISIÓN 1





### 3.8 DIAGRAMAS DE INGENIERÍA BÁSICA DE LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL

#### RELACIÓN DE LOS DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN (DTI's)

◆ Diagrama de Notas Generales.	Dib. No. FES-1020.
◆ DTI Recepción de Gas Natural.	Dib. No. FES-1021.
◆ DTI Compresor de Gas "GB-01"	Dib. No. FES-1022.
◆ DTI Compresor de Gas "GB-02 y GB-03".	Dib. No. FES-1023.
◆ DTI Compresor de Gas "GB-04".	Dib. No. FES-1024.
◆ DTI Recepción de Gas L.P.	Dib. No. FES-1025.
◆ DTI Sistema de Aire de Planta e Instrumentos.	Dib. No. FES-1031.
◆ DTI Sistema de Distribución de Gas Combustible.	Dib. No. FES-1032.
◆ DTI Sistema de Distribución de Agua de Servicios.	Dib. No. FES-1033.
◆ DTI Sistema de Drenajes Abiertos.	Dib. No. FES-1034.
◆ DTI Sistema de Distribución de Agua Contra incendio.	Dib. No. FES-1035.
◆ DTI Sistema de Red de Agua Contra incendio.	Dib. No. FES-1036.
◆ DTI Sistema de Desfogue de Gas y Condensados.	Dib. No. FES-1037.
◆ PLG de la Estación de Compresión de Gas Natural.	Dib. No. FES-1040.
◆ PLG de Equipo de la Estación de Compresión de Gas Natural.	Dib. No. FES-1041.

DIBUJOS DE REFERENCIA

CODIGO DE TUBERIAS

SIMBOLOGIA DE VALVULAS Y ACCESORIOS EN TUBERIAS

TUBERIAS Y ACCESORIOS EN TUBERIA

SIMBOLOGIA DE INSTRUMENTOS

ELEMENTOS DE MEDICION

NOTAS GENERALES

DIAGRAMAS DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DE PROCESO

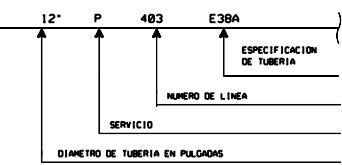
- 1020 PLANO DE NOTAS GENERALES, LEYENDAS Y SIMBOLOS.
1021 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION RECEPCION DE GAS.
1022 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION COMPRESOR DE GAS "GB-01".
1023 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION COMPRESORES DE GAS GB-02/03.
1024 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION COMPRESOR DE GAS GB-04.
1025 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION RECEPCION DE GAS LPG

DIAGRAMAS DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DE SERVICIOS AUXILIARES

- 1031 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION SISTEMA DE GENERACION Y DISTRIBUCION DE AIRE DE INSTRUMENTOS Y AIRE DE PLANTA.
1032 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION ACONDICIONAMIENTO Y DISTRIBUCION DE GAS COMBUSTIBLE.
1033 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DISTRIBUCION DE AGUA DE SERVICIOS.
1034 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DRENAJES ABIERTOS.
1035 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DISTRIBUCION DE AGUA CONTRA INCENDIO.
1036 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DISTRIBUCION DE RED DE AGUA CONTRA INCENDIO.
1037 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION SISTEMA DE DESFOGUE DE GAS Y CONDENSADOS.

PLANOS DE LOCALIZACION GENERAL DE EQUIPO

- 1040 PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DE LA ESTACION DE COMPRESION DE GAS NATURAL.
1041 PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DE EQUIPO DE LA ESTACION DE COMPRESION DE GAS NATURAL



INDICE ALFABETICO DE SERVICIO

- A ACIDO
AA AGUA ACIDA
AB AGUA POTABLE
AC ACEITE DE LIMPIEZA
AD AIRE PARA COMBUSTION
AE AGUA PARA DESCRISTALIZACION
AF AGUA DE ENFRIAMIENTO
AG AGUA DE REFLUJO
AH AGUA DE SERVICIOS
AI AIRE DE INSTRUMENTOS
AJ AGUA FRESCA
AK ACEITE DE LUBRICACION
AL AGUA DE MAR
AM AIRE DE PLANTA
AN AROQUINA
AO ACEITE DE SELLO
AP AGUA TRATADA
AQ ANTIESPUMANTE
AR AGUA CONTRA INCENDIO
AS BARITA
AT BISULFITO DE SODIO

- CA CONDENSADO DE ALTA PRESION
CB CONDENSADO DE BAJA PRESION
CC CONDENSADO ACEITOSO
CE CEMENTO
CI INHIBIDOR DE CORROSION
CM CONDENSADO DE MEDIA PRESION
CO COMBUSTIBLE

- DA DESFOGUE DE ALTA PRESION
DB DESFOGUE DE BAJA PRESION
DC DESFOGUE ACIDO
DD DRENAJE ABIERTO
DE DRENAJE SANITARIO
DF DIESEL DE SELLO
DH DESFOGUE HUMEDO
DJ DRENAJE PLUVIAL
DL DRENAJE DEL SISTEMA DE DESFOGUE
DP DRENAJE A PRESION
DO DRENAJE QUIMICO
DR DRENAJE PLUVIAL CONTAMINADO
DS DESEMULSIFICANTE
DT DRENAJE DE OEA
DW DRENAJE DE AGUA

- EF DIETANOLAMINA
FL LODOOS
FV AGUA CONTRA INCENDIO
G GAS DE INSTRUMENTOS
GA GAS ACIDO
GB GAS BUFFER
GC GAS COMBUSTIBLE
GD GAS INERTE O NITROGENO
GL GLICOL
GS GAS DE ARRANQUE

- HE HEPTANO
HF COMBUSTIBLE PARA HELICOPTEROS
HH HEPTANO HUMEDO
HI HIPOCLORITO DE SODIO
HO ACEITE DE CALENTAMIENTO

- KE KEROSENA
ME METANOL
P GAS NATURAL

- SA BISULFITO DE AMONIO
SE SALMUERA DE EXPLOTACION
SL SALMUERA DE LIXIVIACION
SO ACEITE HIDRAULICO

- VE VENTEO DE GAS NATURAL

VALVULAS

Table of valve symbols and descriptions: DE RETENCION (CHECK), DE NO RETORNO, DE COMPUERTA, DE GLOBO, DE BOLA, DE AGUJA, DE MACHO, TIPO 'Y', RAPIDA ACCION, DE CONTROL MANUAL, DE MARIPOSA, DE DIAFRAGMA, DE TRES VIAS, DE CUATRO VIAS, DE ANGULO, DE CONTROL (DIAFRAGMA), DE CONTROL CON VOLANTE, DE NIVEL TIPO FLOTADOR, VALVULA DE TRES VIAS CON SOLENOIDE, VALVULA DE CORTE, VALVULA A FALLA SEGURA, DE PRESION VACIO PARA RECIPIENTES, ROMPEDORA DE VACIO, DISCO DE RUPTURA DE RELEVO, DISCO DE RUPTURA ROMPEDORA DE VACIO, VALVULA DE RELEVO O SEGURIDAD, VALVULA DE PIE, INTERFASE IMP-FABRICANTE, DRENE CON TAPON, TE ESPECIAL, FILTRO TEMPORAL, JUNTA AISLANTE, DE CONTROL ELECTRO-NEUMATICA CON VOLANTE, POSICION DE VALVULAS, CS CERRADA CON SELLO, AS ABIERTA CON SELLO, CC CERRADA CON CANDADO, AC ABIERTA CON CANDADO, NC NORMALMENTE CERRADA, NA NORMALMENTE ABIERTA, DE CONTROL ELECTRO-NEUMATICA.

Table of pipe and accessory symbols: TUBERIA NUEVA, TUBERIA EXISTENTE, TUBERIA CON AISLAMIENTO POR PROCESO, TUBERIA SUBTERRANEA, TUBO FLEXIBLE Y/O MANGUERA, CAMBIO DE ESPECIFICACION, TAPON ROSCADO, TAPON CACHUCHA, BRIDA CIEGA, CONEXION BRIDADA, FIGURA OCHO, PLACA CIEGA, CONEXION PARA MANGUERA, REDUCCION, TRAMPA DE VAPOR, TOMA DE MUESTRA N NORMAL, E CON ENFRIAMIENTO C CON CALENTAMIENTO, FILTRO TIPO CANASTA, FILTRO TIPO 'Y', FILTRO CONICO, DRENE CONTINUO, FILTRO TIPO CANASTA DUPLEX, VENAS RECTIFICADORAS, DRENAJE ABIERTO, DRENAJE CERRADO, ARRESTADOR DE FLAMA, VENTEO ATMOSFERICO, ESPREA, AMORTIGUADOR DE PULSACIONES O DE GOLPE DE ARIETE, FILTRO DE CARTUCHO, ESTACION DE SERVICIO, CONTINUA EN DIBUJO NO., CONTINUA EN DIBUJO NO., NIVEL DE PISO TERMINADO, NIVEL DE REJILLA TERMINADA, ENTRADA O SALIDA DE LIMITES DE BATERIA, REDUCTORA DE PRESION CON TOMA DE PRESION INTEGRAL CORRIENTE ABAJO, REDUCTORA DE PRESION CON TOMA DE PRESION INTEGRAL CORRIENTE ARRIBA, REDUCTORA DE PRESION CON TOMA DE PRESION EXTERNA.

IDENTIFICACION DE INSTRUMENTOS. Table with columns: VARIABLE MEDIDA, FUNCION, PRIMERA LETRA, ELEMENTO PRIMARIO, MEDICION LOCAL, TRANSMISOR, INDICADOR, REGISTRO, CIEUDO, INDICACION, REGISTRO, INTERRUPTOR, ALARMA, TRANSDUCTOR, RELEVADOR, ETC., ELEMENTO DE CONTROL, VALVULAS DE CONTROL, AUTOPERADORAS, ACTUADOR, NO CLASIFICADO. Includes tables for ANALISIS, FLAMA, CORROSION, DENSIDAD, VOLTAJE, FLUJO, NO USADA, MANUAL, CORRIENTE, POTENCIA, TIEMPO O PROGRAMADOR, NIVEL, CONTENIDO H2O, PARA USUARIO, PRESION, CANTIDAD, RADIACION, VELOCIDAD, TEMPERATURA, MULTIVARIABLE, VIBRACION, PESO, PARA USUARIO, POSICION.

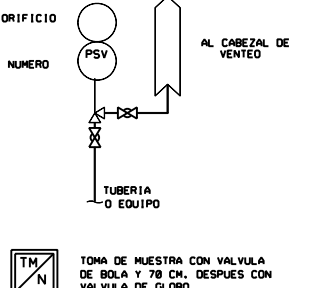
IDENTIFICACION ESPECIAL and MISCELANEOS. Lists specific instrument codes and their meanings, such as AG ANALIZADOR DE GASES, BA ALARMA FALLA DE FLAMA, BE DETECTOR DE FUEGO, FFIC INDICADOR CONTROLADOR DE RELACION DE FLUJO, FIR INDICADOR REGISTRADOR DE FLUJO, FOR REGISTRADOR TOTALIZADOR DE FLUJO, FSY VALVULA SOLENOIDE DE FLUJO, IL LUZ INDICADORA, PB BOTON DE ACCIONAMIENTO, PIR INDICADOR REGISTRADOR DE PRESION, SAF ALARMA POR FALLA DE SELLO MECANICO, SOY VALVULA SOLENOIDE DE PARO DE EMERGENCIA, SSF INTERRUPTOR POR FALLA DE SELLO MECANICO, TV TERMOPOZO, UA ALARMA COMUN, XA ALARMA POR FALLA ELECTRICA, XAS DETECTOR DE MEZCLAS EXPLOSIVAS, XI INDICADOR DE PASO DE DIABLOS, XS DETECTOR DE PASO DE ESPERAS, PSY VALVULA SOLENOIDE DE PRESION.

VARIOS and MODIFICADORES. Lists various instrument codes and their meanings, such as 1/P CONVERTIDOR DE SEÑAL, LIE LIMITE INFERIOR DE EXPLOSIVIDAD, SA SUMINISTRO DE AIRE, S20 SEÑAL DE PARO DE EMERGENCIA, SG SUMINISTRO DE GAS, SH SUMINISTRO HIDRAULICO, UC CONEXION DE SERVICIO, SN SUMINISTRO NEUMATICO. Also lists modifiers: D DIFERENCIAL, O TOTALIZADOR, R RADIO, S SEGURIDAD.

SIMBOLOS GENERALES DE INSTRUMENTOS. Table showing symbols for: INSTALADO LOCALMENTE UNA SOLA MEDICION, INSTALADO EN EL TABLERO PRINCIPAL UNA SOLA MEDICION, ANAL/DIGITAL DEL SISTEMA DIGITAL DE CONTROL PARA MONITOREO Y CONTROL, LA X INDICA QUE EL INSTRUMENTO ES PARTE DE UN EQUIPO PAQUETE, SEÑAL AL SISTEMA DE CONTROL SUPERVISOR Y DE ADQUISICION DE DATOS SCADA, CIRCUITO LOGICO.

Diagram showing measurement elements: FLUJO (FT, FE/FT, M, L, FE, FO, FE, RO), NIVEL (LI, LG, LI, LG, LI, LG), PRESION (PI, PI, PI, TI, TI, TI, MDV), TEMPERATURA (TI, TI, TI), VALVULA OPERADA POR MOTOR, VALVULA OPERADA POR PISTON, SOLENOIDE CON REPOSICION AUTOMATICA, SOLENOIDE CON REPOSICION MANUAL, SEÑALES DE INSTRUMENTOS (NEUMATICA, HIDRAULICA, ELECTRICA, TUBO CAPILAR (SISTEMA LLENDO), DEL SISTEMA DIGITAL (SOFTWARE), SIMBOLOS DE NIVELES DE TANQUES (N, MIN, N, NOR, N, MAX).

- 1 LA LOCALIZACION DE ACCESORIOS Y LOS TRAYECTOS DE TUBERIAS SON INDEPENDIENTES DE SU REPRESENTACION EN LOS DIAGRAMAS DE FLUJO.
2 LOS VENTEOS Y DRENES ESTARAN DE ACUERDO CON LA ESPECIFICACION H-201 A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA COSA EN EL DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION. LOS VENTEOS QUE SE MUESTREN EN LAS LINEAS PROCEDENTES DE LA PARTE SUPERIOR DE LOS RECIPIENTES DEBERAN QUEDAR CERCA DEL PUNTO MAS ALTO DE LA LINEA Y SER ACCESIBLES.
3 TODOS LOS VENTEOS Y DRENES EN LINEAS DE PROCESO Y DE SERVICIOS AUXILIARES DEBERAN INSTALARSE CON BRIDA CIEGA, TAPON MACHO O TAPON CACHUCHA, SEGUN LA ESPECIFICACION DE LA TUBERIA.
4 LAS ALTURAS INDICADAS EN LA PARTE INFERIOR DE FIGURAS Y RECIPIENTES SE REFIEREN A LA DISTANCIA MINIMA ENTRE EL NIVEL DE REJILLA TERMINADA Y LA LINEA TANGENTE HORIZONTAL. CUANDO NO SE ESPECIFIQUE UNA ALTURA SE UTILIZARA EL CRITERIO GENERAL DE LAS ESPECIFICACIONES DE TUBERIA.
5 LAS VALVULAS DE BLOQUEO DE RECIPIENTES MAYORES DEBERAN QUEDAR CERCANAS A LOS MISMOS. LAS DE DESVIO CERCANAS A LAS INTERSECCIONES Y LAS DE REGULACION Y SERVICIO AL FINAL DE LAS LINEAS.
6 TODAS LAS LINEAS DE SUCCION DE BOMBAS Y COMPRESORES DE 20" O MENOS DEBERAN INSTALARSE CON COLADERO TEMPORAL CONICO (INDICADO COMO T.S.).
7 TODOS LOS TRANSMISORES DE FLUJO CON INDICACION Y/O REGISTRO EN TABLERO, PRESION Y PRESION DIFERENCIAL, DEBERAN TENER UNA INDICACION LOCAL.
8 EN LOS CIRCUITOS DE CONTROL CON VARIOS COMPONENTES SE MOSTRARA EXCLUSIVAMENTE AQUELLOS QUE SEAN NECESARIOS PARA UNA CORRECTA INTERPRETACION DEL SISTEMA.
9 INSTALACION TIPICA DE VALVULAS DE SEGURIDAD AL CAPEZAL DE VENTEOS.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO "FES ZARAGOZA"

PLANO DE NOTAS GENERALES LEYENDAS Y SIMBOLOS

DIB. NO. FES-1020 REV. 0

\*DESARROLLO DE LA INGENIERIA BASICA Y BASES TECNICAS PARA LA ESTACION DE COMPRESION DE GAS NATURAL.\* FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA.

APROBADO FECHA

ESCA ADOPTADO EN

MEXICO

PARA APROBACION REV. DESCRIPCION DIS. DIB. VER. SPVR. ING. J. DEPTO. DIV. GER. J. PROY. FECHA CLIENTE FECHA

DIBUJOS DE REFERENCIA

HR-01  
TRAMPA DE RECIBO DE DIABLOS  
DE SANTA ANA  
914 MM X 1016 MM

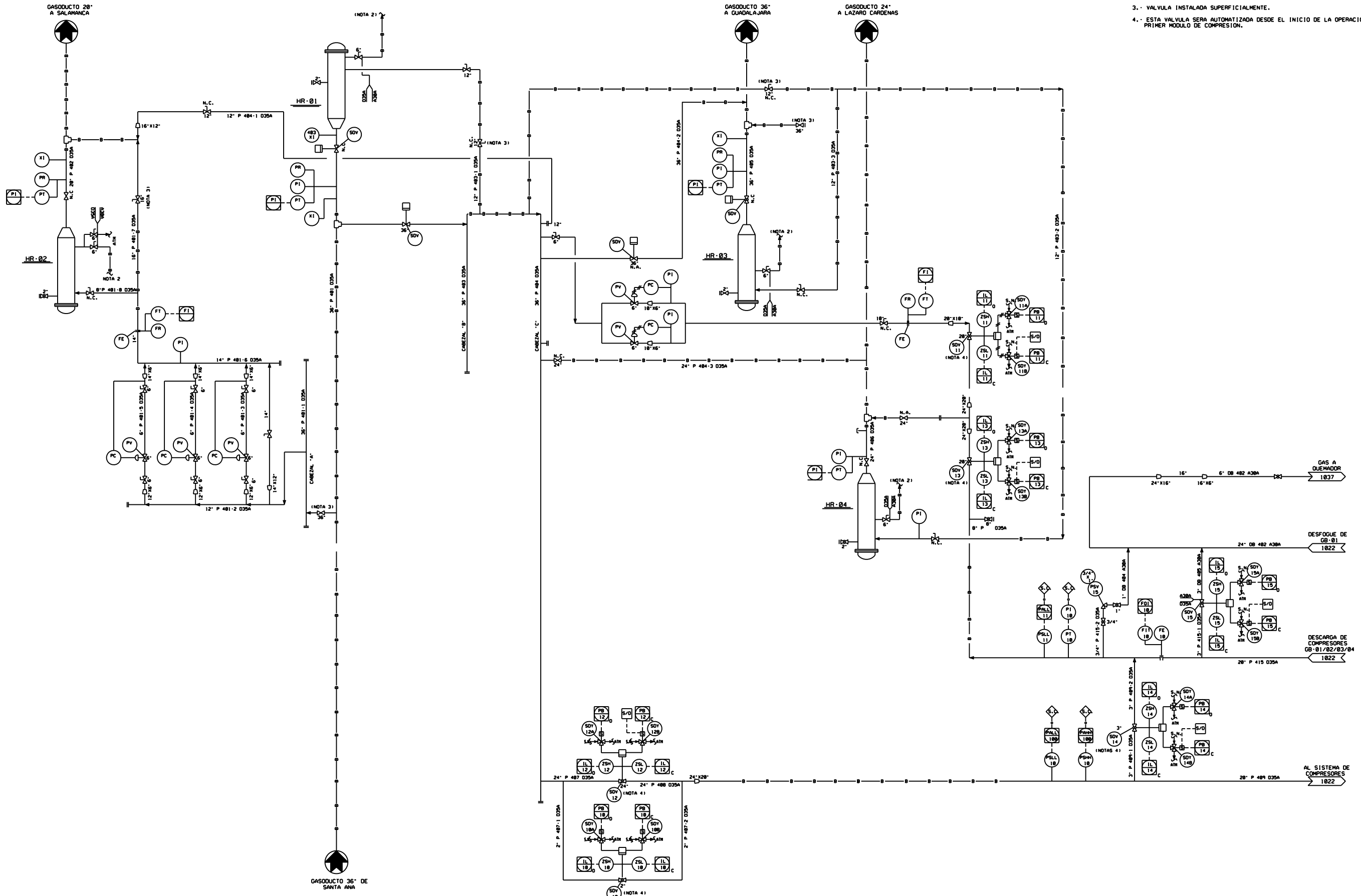
HR-02  
TRAMPA DE ENVIO DE DIABLOS  
A SALAMANCA  
508 MM X 610 MM

HR-03  
TRAMPA DE ENVIO DE DIABLOS  
A GUADALAJARA  
914 MM X 1016 MM

HR-04  
TRAMPA DE ENVIO DE DIABLOS  
A LAZARO CARDENAS  
610 MM X 660 MM

NOTAS

1. PARA NOTAS GENERALES, DIBUJOS DE REFERENCIA, CODIGOS DE TUBERIA Y SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION VER DIB. NO. FES-1020
2. A VENTEO ELEVADO.
3. VALVULA INSTALADA SUPERFICIALMENTE.
4. ESTA VALVULA SERA AUTOMATIZADA DESDE EL INICIO DE LA OPERACION DEL PRIMER MODULO DE COMPRESION.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FES ZARAGOZA		DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION RECEPCION DE GAS NATURAL		DIB. NO. FES-1021		REV. 6	
DESARROLLO DE LA INGENIERIA BASICA Y BASES TECNICAS PARA LA ESTACION DE COMPRESION DE GAS NATURAL.		FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA.		MEXICO			
PARA APROBACION	RTM	ING. JEF. CORRES.	J.	GER.	FECHA		
DIS. DIB.	VER.	SPVR.	ESP.	PROY.	PROY.		
REV.	DESCRIPCION		DIS. DIB.	VER.	SPVR.	ING. JEF. CORRES.	J. GER.

V-100  
 FILTRO SEPARADOR DE SUCCION  
 DI = 1067 MM. T-T = 2591 MM.

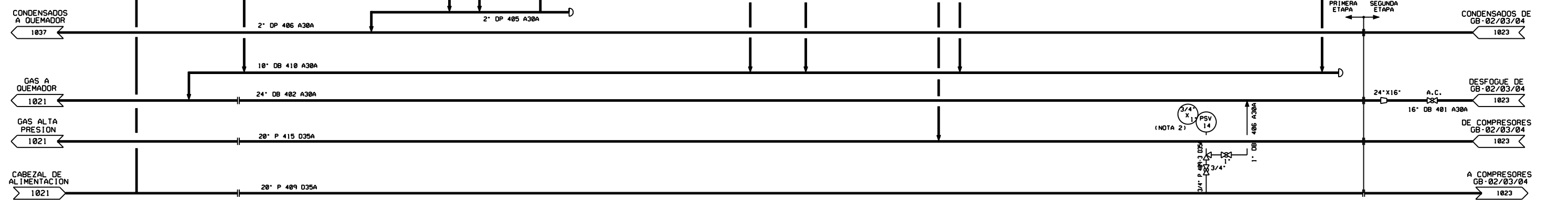
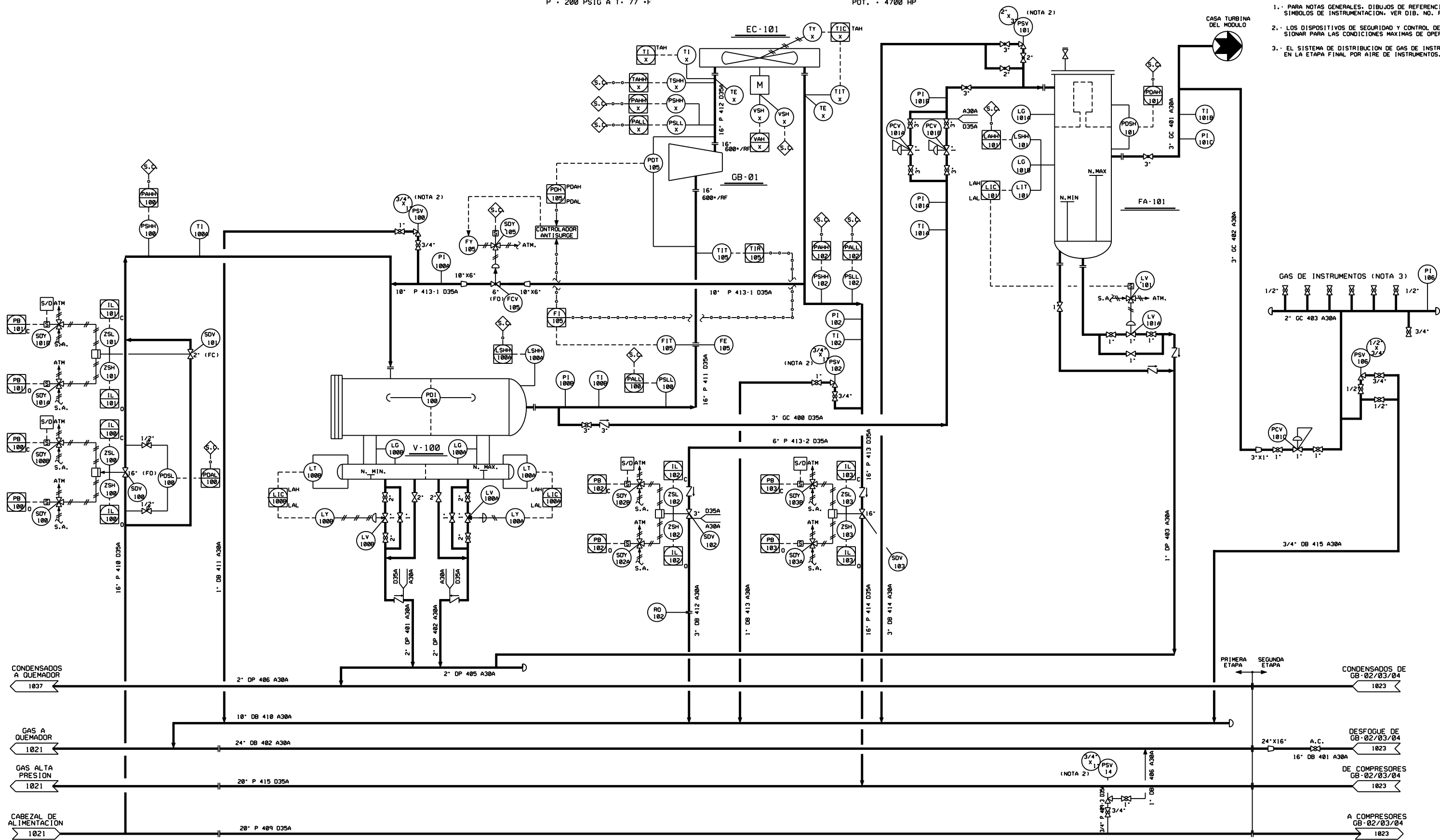
EC-101  
 ENFRIADOR DE GAS  
 O = 155 MMPCSD

FA-101  
 FILTRO SEPARADOR DE GAS COMBUSTIBLE  
 DI = 1067 MM. T-T = 2591 MM.  
 P = 200 PSIG A T. 77 °F

GB-01  
 TURBOCOMPRESOR DE GAS NATURAL  
 O = 155 MMPCSD  
 POT. = 4700 HP

NOTAS

- 1.- PARA NOTAS GENERALES, DIBUJOS DE REFERENCIA, CODIGOS DE TUBERIA Y SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION, VER DIB. NO. FES-1020
- 2.- LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD Y CONTROL DE PROCESO, SE DEBEN DIMENSIONAR PARA LAS CONDICIONES MAXIMAS DE OPERACION DE LOS MODULOS.
- 3.- EL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE GAS DE INSTRUMENTOS, SERA SUSTITUIDO EN LA ETAPA FINAL POR AIRE DE INSTRUMENTOS.



DIBUJOS DE REFERENCIA		REV.	PARA APROBACION	RTM	ING. J. CORRES. J. GER.	FECHA CLIENTE	FECHA	MEXICO	 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FES ZARAGOZA	A EDICION APROBADO FECHA ESC. ACOTADO EN	DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION COMPRESOR DE GAS "GB-01"	DIB. NO. FES-1022	REV. 0
-----------------------	--	------	-----------------	-----	-------------------------	---------------	-------	--------	---	--	---	-------------------	--------





FA-400 (NOTA 4)  
 FILTRO SEPARADOR DE SUCCION  
 DI . MM. T.T . MM.

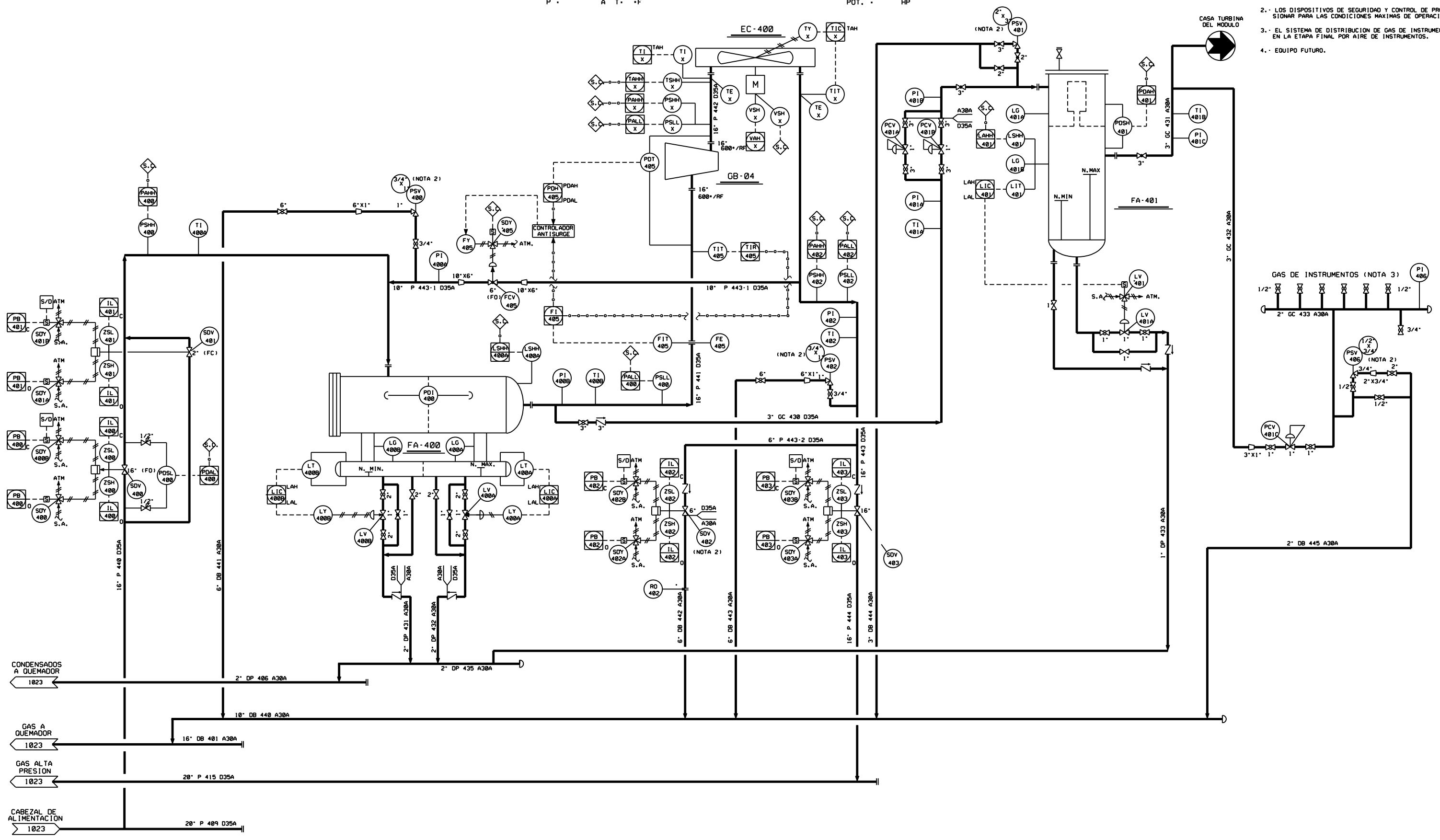
EC-400 (NOTA 4)  
 ENFRIADOR DE GAS  
 O . MMPCSD

FA-401 (NOTA 4)  
 FILTRO SEPARADOR DE GAS COMBUSTIBLE  
 DI . MM. T.T . MM.  
 P . A T . F

GB-04 (NOTA 4)  
 TURBOCOMPRESOR DE GAS NATURAL  
 O . MMPCSD  
 POT. . HP

NOTAS

- 1.- PARA NOTAS GENERALES, DIBUJOS DE REFERENCIA, CODIGOS DE TUBERIA Y SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION, VER DIB. NO. FES-1020
- 2.- LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD Y CONTROL DE PROCESO, SE DEBEN DIMENSIONAR PARA LAS CONDICIONES MAXIMAS DE OPERACION DE LOS MODULOS.
- 3.- EL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE GAS DE INSTRUMENTOS, SERA SUSTITUIDO EN LA ETAPA FINAL POR AIRE DE INSTRUMENTOS.
- 4.- EQUIPO FUTURO.



CONDENSADOS A QUEMADOR  
 1023  
 2" DP 406 A30A

GAS A QUEMADOR  
 1023  
 16" DB 401 A30A

GAS ALTA PRESION  
 1023  
 20" P 415 D35A

CABEZAL DE ALIMENTACION  
 1023  
 20" P 409 D35A

DIBUJOS DE REFERENCIA		REV.	PARA APROBACION	RTM	ING. J. CORRES. J. GER.	FECHA CLIENTE	FECHA	MEXICO
			DESCRIPCION	DIS. DIB. VER. SPVR.	ESP. DIV. PROJ. PROJ.			

\*DESARROLLO DE LA INGENIERIA BASICA Y BASES TECNICAS PARA LA ESTACION DE COMPRESION DE GAS NATURAL.\*  
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FES ZARAGOZA  
 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION  
 COMPRESOR DE GAS GB-04  
 DIB. NO. FES-1024 REV. 0





**GB-05A**  
COMPRESOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS  
O. 150 PCSM  
P. 125 PSIG

**GB-05B**  
COMPRESOR DE AIRE DE PLANTA  
O. 150 PCSM  
P. 125 PSIG

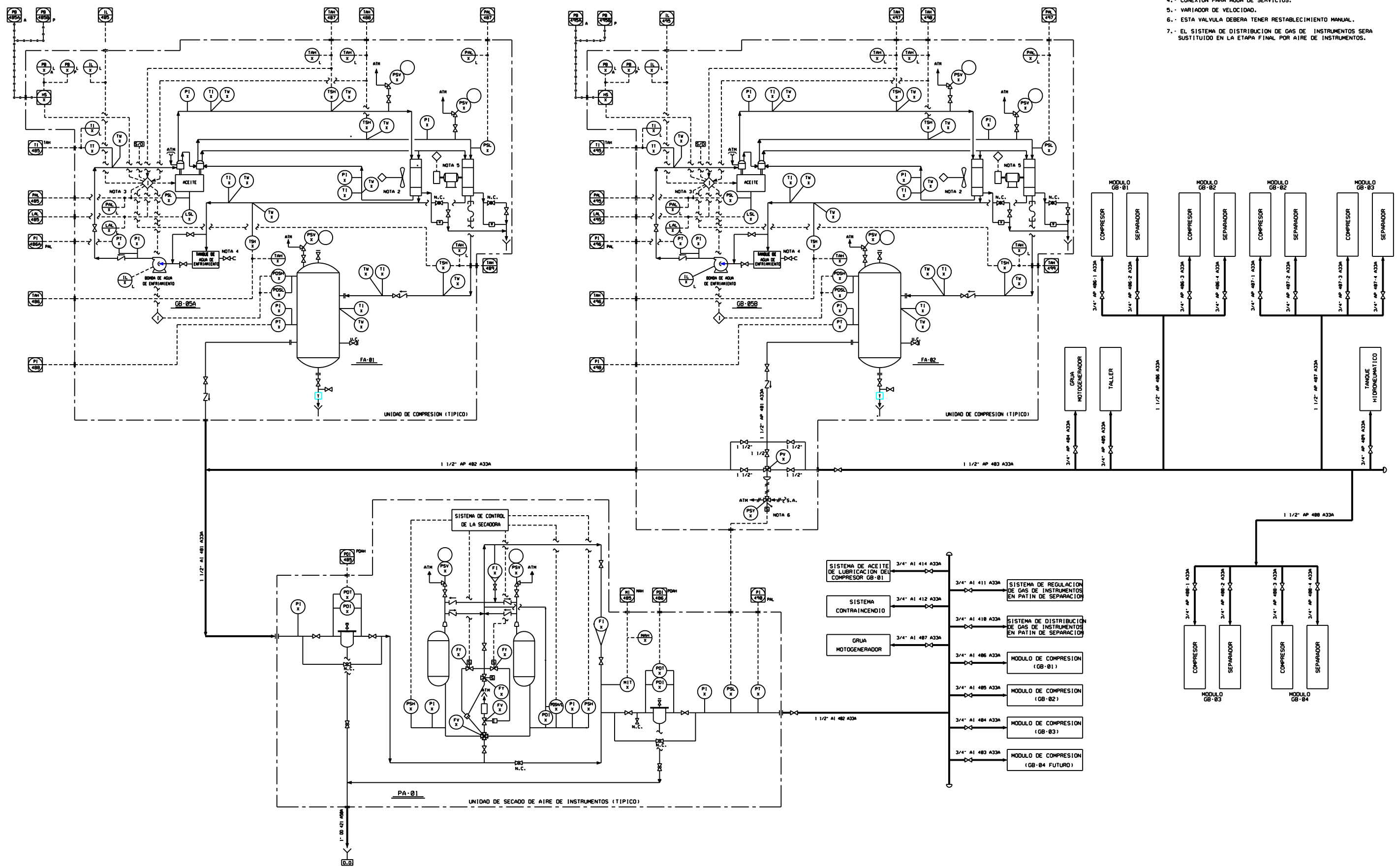
**FA-01**  
ACUMULADOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS  
D. I. 1676 MM T. T. 3353 MM

**PA-01**  
SECADORA DE AIRE DE INSTRUMENTOS  
O. 150 PCSM

**FA-02**  
ACUMULADOR DE AIRE DE PLANTA  
D. I. 1676 MM T. T. 3353 MM

**NOTAS:**

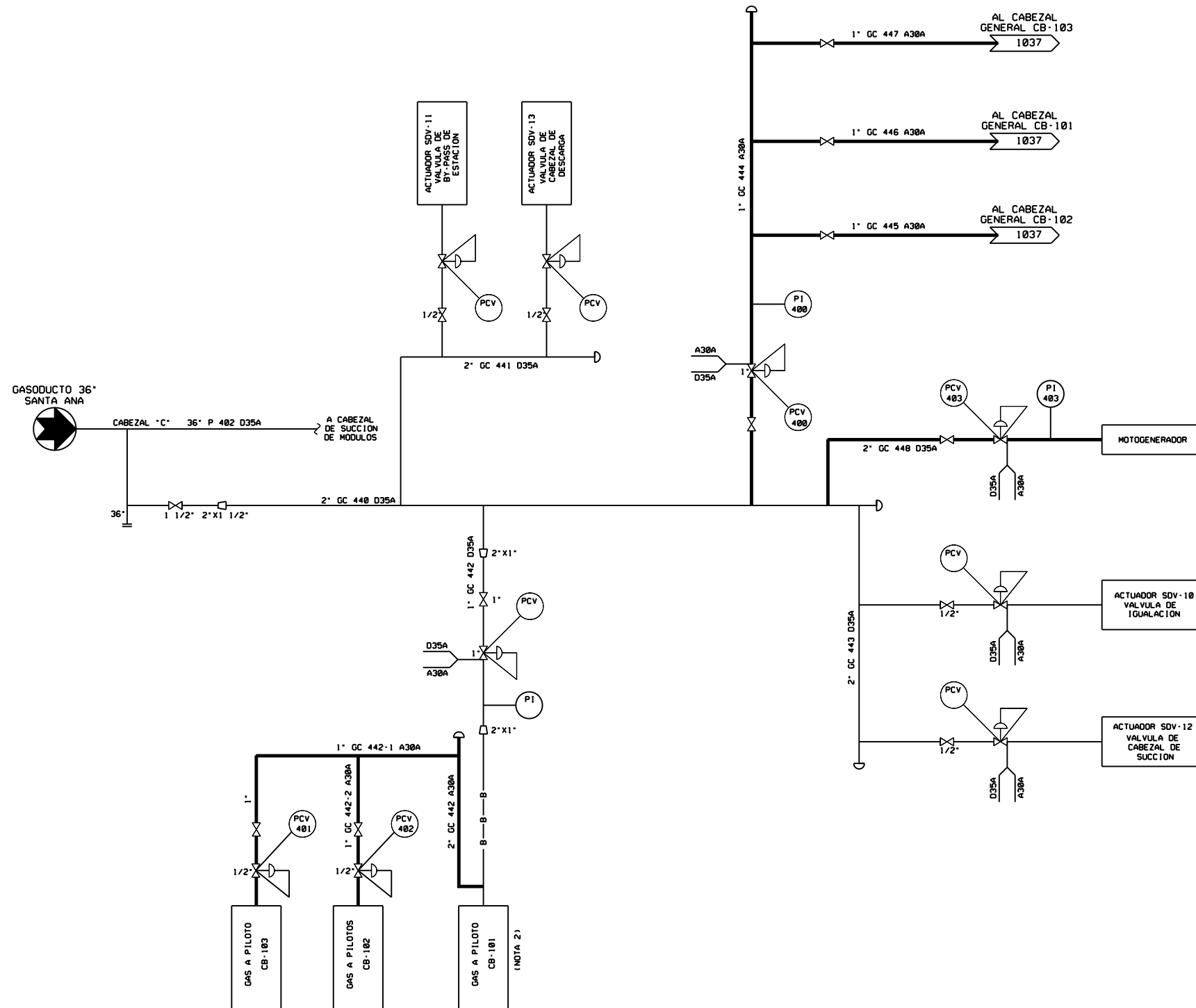
1. PARA NOTAS GENERALES, DIBUJOS DE REFERENCIA, CODIGOS DE TUBERIA Y SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION, VER DIB. NO. FES-1020
2. EJE COMUN CON EL COMPRESOR.
3. SISTEMA DE CONTROL DEL COMPRESOR.
4. CONEXION PARA AGUA DE SERVICIOS.
5. VARIADOR DE VELOCIDAD.
6. ESTA VALVULA DEBERA TENER RESTABLECIMIENTO MANUAL.
7. EL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE GAS DE INSTRUMENTOS SERA SUSTITUIDO EN LA ETAPA FINAL POR AIRE DE INSTRUMENTOS.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FES ZARAGOZA									
DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION SERVICIOS AUXILIARES SISTEMA DE GENERACION Y DISTRIBUCION DE AIRE DE INSTRUMENTOS Y AIRE DE PLANTA									
DIB. NO. FES-1031 REV. 0									

NOTAS:

- 1.- PARA NOTAS GENERALES, DIBUJOS DE REFERENCIA, CODIGOS DE TUBERIA Y SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION, VER DIB. NO. FES-1020
- 2.- SE TIENE INSTALADO OTRO REGULADOR DE PRESION DE 1/2" PREVIO AL PILOTO, AL PIE DEL QUEMADOR.



DIBUJOS DE REFERENCIA	REV.	PARA APROBACION	RTM	DIS.	DIB.	VER.	SPVR.	ING. ESP.	JEFE DIV.	CORRES. DIV.	J. PROY.	GER.	FECHA CLIENTE	FECHA
-----------------------	------	-----------------	-----	------	------	------	-------	-----------	-----------	--------------	----------	------	---------------	-------

\*DESARROLLO DE LA INGENIERIA BASICA Y BASES TECNICAS PARA LA ESTACION DE COMPRESION DE GAS NATURAL.\*  
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA.  
 MEXICO

A  
 EDICION  
 APROBADO FECHA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 " FES ZARAGOZA "  
 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION  
 SERVICIOS AUXILIARES  
 DISTRIBUCION DE GAS COMBUSTIBLE  
 DIB. NO. FES-1032 REV. 0

**GA-07**  
 BOMBA DE AGUA  
 DE SERVICIOS  
 Q • 30 GPM  
 ΔP • 50 PSIG

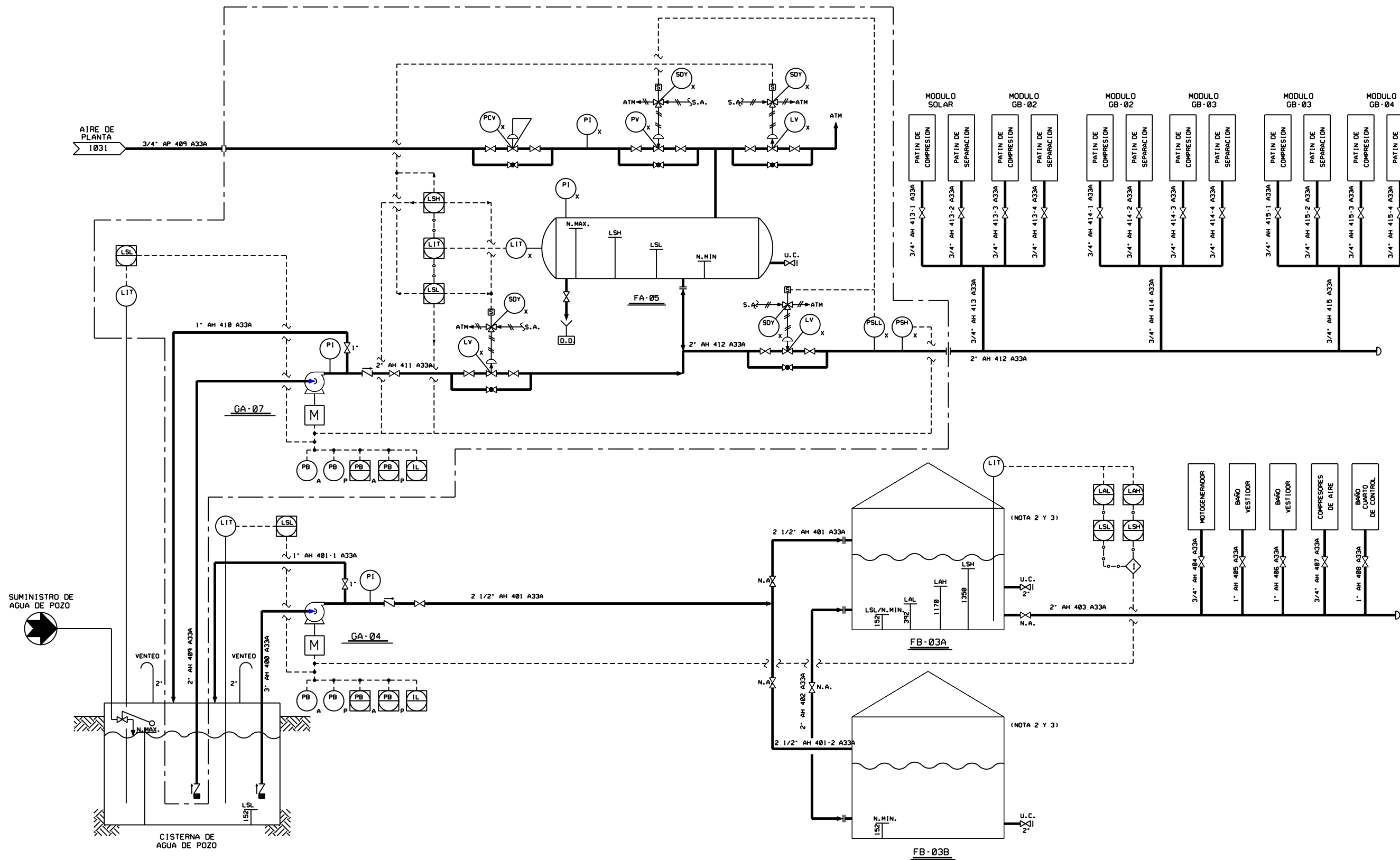
**GA-04**  
 BOMBA DE AGUA  
 DE SERVICIOS A  
 CUARTO DE CONTROL  
 Q • 60 GPM  
 ΔP • 27.3 PSIG


**FA-05**  
 TANQUE HIDRONEUMATICO  
 D.I. • 1676 MM T.T. 3353 MM

**FB-03 A/B**  
 TANQUE DE ALMACENAMIENTO  
 DE AGUA DE SERVICIOS  
 D.I. • 960 MM T.T. 1390 MM  
 CAP. • 750 LTS

**NOTAS**

1. PARA NOTAS GENERALES, DIBUJOS DE REFERENCIA, CODIGOS DE TUBERIA Y SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION VER DIBNO. FES-1020
2. TINACO TIPO ROTOPLAST.
3. ESTE EQUIPO SE LOCALIZARA EN LA PARTE SUPERIOR DEL EDIFICIO DE CONTROL, EN EL AREA DE VESTIDORES.



DIBUJOS DE REFERENCIA		REV.		PARA APROBACION	RTM	ING. JEFE CORRES. J. GER. FECHA CLIENTE FECHA				 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FES ZARAGOZA	
				DESCRIPCION	DIS. DIB. VER. SPVR.					FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA. MEXICO	
										DIB. NO. FES-1033 REV. 0	

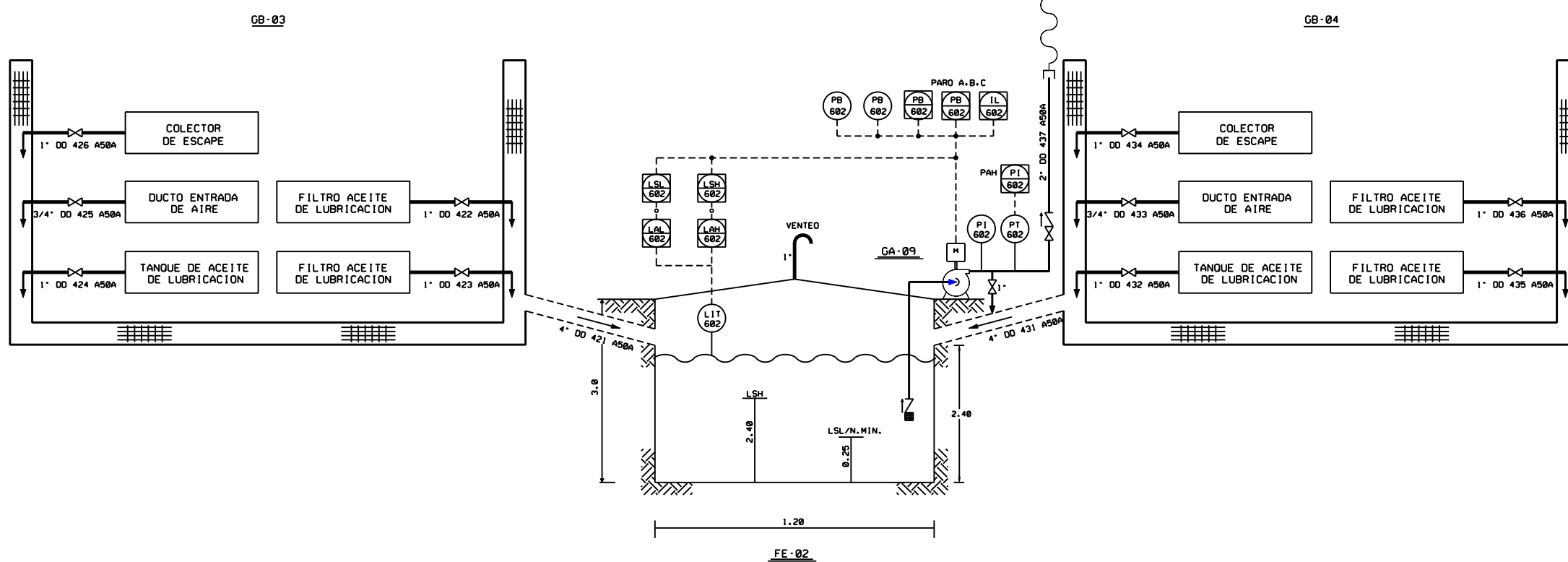
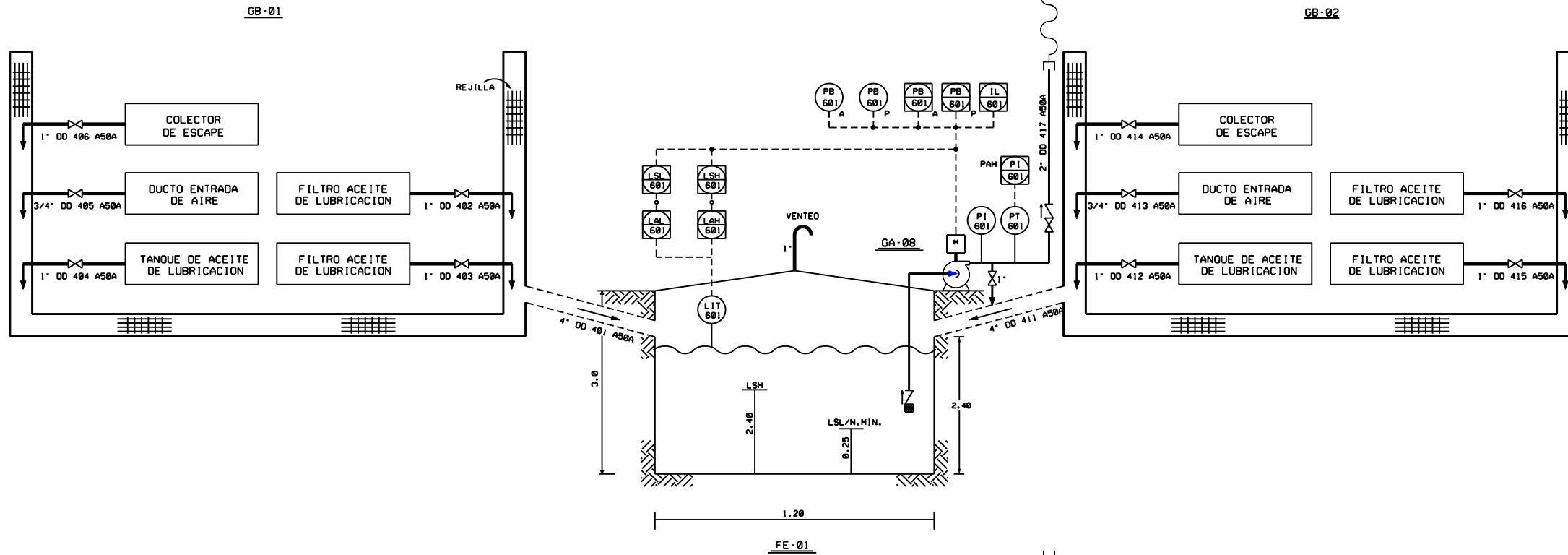
FE-01  
FOSA DE DRENAJE ACEITOSO  
1200 MM X 1200 MM X 3000 MM

GA-08/09  
BOMBA DE DRENAJE ACEITOSO  
Q = 70 GPM  
ΔP = 25 PSIG

FE-02  
FOSA DE DRENAJE ACEITOSO  
1200 MM X 1200 MM X 3000 MM

NOTAS

- 1.- PARA NOTAS GENERALES, DIBUJOS DE REFERENCIA, CODIGOS DE TUBERIAS Y SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION VERDIB. NO. FES-1020
- 2.- LOS ACEITES RECUPERADOS SERAN DESCARGADOS EN TAMBORES O CARROS TANQUES.



DIBUJOS DE REFERENCIA		PARA APROBACION		RTM		ING. JEFE CORRES. J. GER. FECHA CLIENTE FECHA		UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FES ZARAGOZA	
REV.		DESCRIPCION		DIS. DIB. VER. SPVR.		ESP. DIV. PROJ. PROJ. GER. FECHA CLIENTE FECHA		DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION SERVICIOS AUXILIARES DRENAJES ABIERTOS	
								ESCALA: ACOTADO EN MEXICO	
								DIB. NO. FES-1034 REV. 0	

GA-01/02

BOMBAS PRINCIPALES DE AGUA CONTRAINCENDIO

Q = 150 GPM  
ΔP = 150 PSIG

FB-01

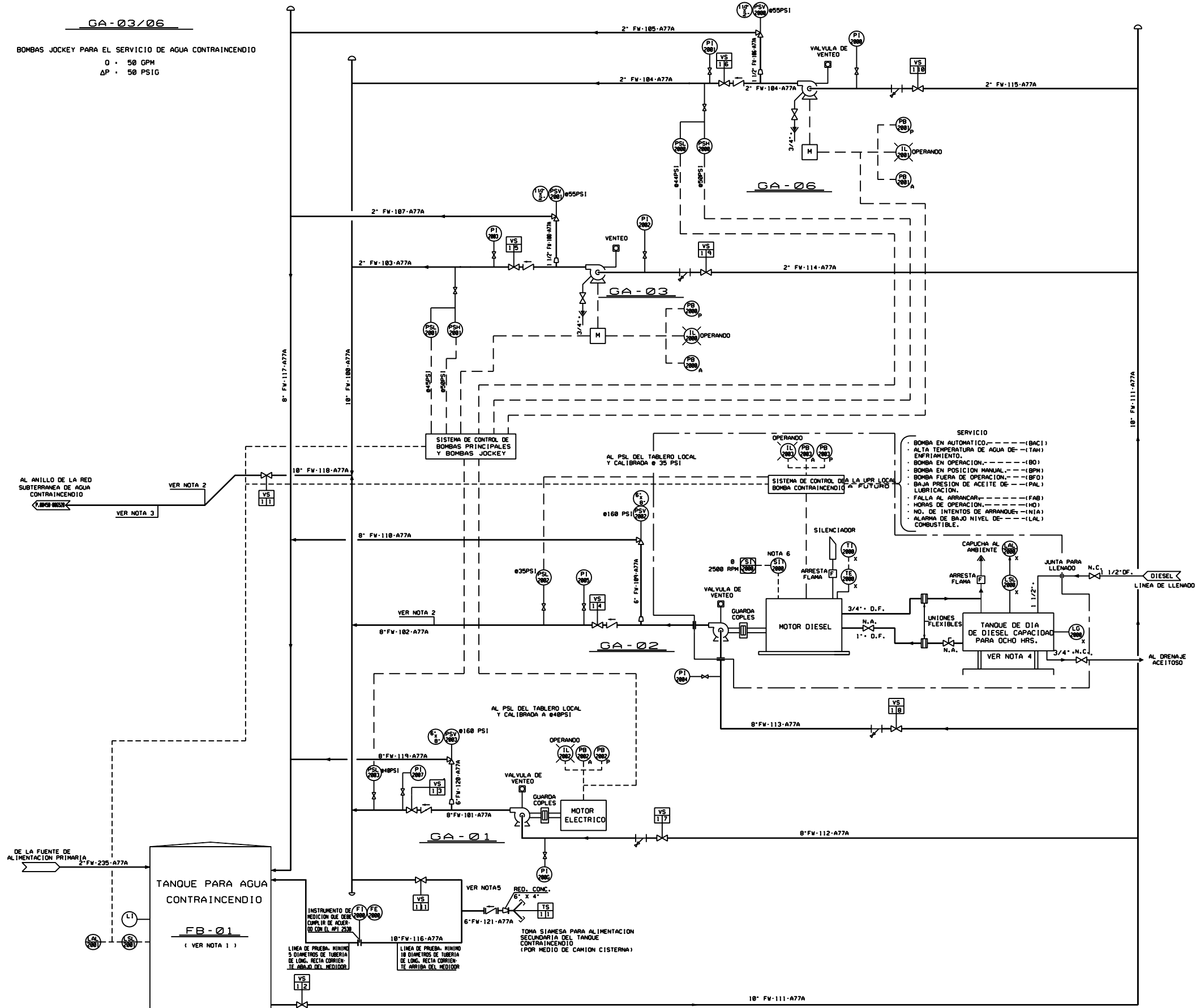
DATOS DEL TANQUE DE AGUA CONTRAINCENDIO

CAPACIDAD = 5000 BLS.  
DIAMETRO = 10 668 MM  
ALTURA = 9 282 MM

GA-03/06

BOMBAS JOCKEY PARA EL SERVICIO DE AGUA CONTRAINCENDIO

Q = 50 GPM  
ΔP = 50 PSIG



NOTAS

- LA ALTURA MAXIMA DEL NIVEL DE AGUA PERMITIDO EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO ES DE 8.98 MTS. Y ALTURA MINIMA SERA DE 1.38 MTS.
- LAS 4 BOMBAS DE CONTRAINCENDIO DEBERAN DESCARGAR A UN CABEZAL COMUN DE 10" (10" FW 100 A77A). EL QUE A SU VEZ SE INTERCONECTARA DIRECTAMENTE CON LA LINEA SUBTERRANEA DE 18" DE LA RED CONTRAINCENDIO.
- ESTA SECCION A DIFERENCIA DEL RESTO DEL ARREGLO DE TUBERIA E INSTRUMENTACION ES TUBERIA INSTALADA DE MANERA SUBTERRANEA.
- LA CAPACIDAD DEL TANQUE DIESEL SERA DISEÑADA (PARA TRABAJAR LA BOMBA A SU MAXIMA CAPACIDAD, SIN INTERRUCCION DURANTE 8 HORAS COMO MINIMO)
- TOMA SIEMESA ROSCADA PARA ALIMENTACION SECUNDARIA DEL TANQUE CONTRAINCENDIO CON SALIDAS ROSCADAS GEMELAS DE 2 1/2".
- LA SE-AL DEL (SIT) ES UNA SE-AL ANALOGICA DE 4-20MA.

FILOSOFIA DE OPERACION

- LA RED DE AGUA CONTRAINCENDIO SE DEBERA MANTENER PRESURIZADA CON AGUA DULCE A 50 PSI EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION.
- SI LA PRESION BAJA A 45 PSI AUTOMATICAMENTE DEBERA ARRANCAR LA BOMBA GA-03. HASTA RESTAURAR NUEVAMENTE LA PRESION A 50 PSI; PARANDO AUTOMATICAMENTE EN CASO DE FALLA DE LA BOMBA GA-03 DEBERA ENTRAR EN OPERACION SU RELEVO. LA BOMBA GA-06 SIGUIENDO LA MISMA FILOSOFIA DE OPERACION.
- SI LA PRESION CONTINUA BAJANDO SIN LOGRAR RESTABLECERSE POR LAS BOMBAS GA-03 O GA-06 Y LLEGA A 40 PSI, INMEDIATAMENTE ARRANCARA LA BOMBA GA-01 Y A SU VEZ MANDARA PARAR AUTOMATICAMENTE LA BOMBA GA-03 O GA-06. PARANDO LA BOMBA GA-01 AL MOMENTO DE REGISTRARSE UNA PRESION DE 130 PSI EN LA RED DE AGUA CONTRAINCENDIO. EN CASO DE FALLA DE LA BOMBA GA-01 DEBERA ENTRAR EN OPERACION SU RELEVO LA BOMBA GA-02 SIGUIENDO LA MISMA FILOSOFIA DE OPERACION.
- SI LA PRESION NO SE LOGRA PONER Y CONTINUA SU DESCENSO Y LLEGA A 35 PSI, ARRANCARA EN PARALELO JUNTO CON LA BOMBA GA-01. LA BOMBA GA-02, PARANDOSE AMBAS BOMBAS AL ALCANZAR UNA PRESION DE 130 PSI.

SERVICIO

- BOMBA EN AUTOMATICO (BAC)
- ALTA TEMPERATURA DE AGUA DE (TAH) ENFRIAMIENTO.
- BOMBA EN OPERACION (BO)
- BOMBA EN POSICION MANUAL (BPM)
- BOMBA FUERA DE OPERACION (BFO)
- BAJA PRESION DE ACEITE DE (PAL) LUBRICACION.
- FALLA AL ARRANCAR (FAB)
- HORAS DE OPERACION (HO)
- NO. DE INTENTOS DE ARRANQUE (NIA)
- ALARMA DE BAJO NIVEL DE (LAL) COMBUSTIBLE.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FES ZARAGOZA

DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION  
SISTEMA DE AGUA CONTRAINCENDIO

DIB. NO. FES-1035 REV. 0

\*DESARROLLO DE LA INGENIERIA BASICA Y BASES TECNICAS PARA LA ESTACION DE COMPRESION DE GAS NATURAL.\*  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA.

REV.	DESCRIPCION	DIS.	DIB.	VER.	SPVR.	ING. ESP.	J. DEPTO.	J. DIV.	J. GER.	J. PROY.	FECHA CLIENTE	FECHA
0	PARA APROBACION											

DIBUJOS DE REFERENCIA



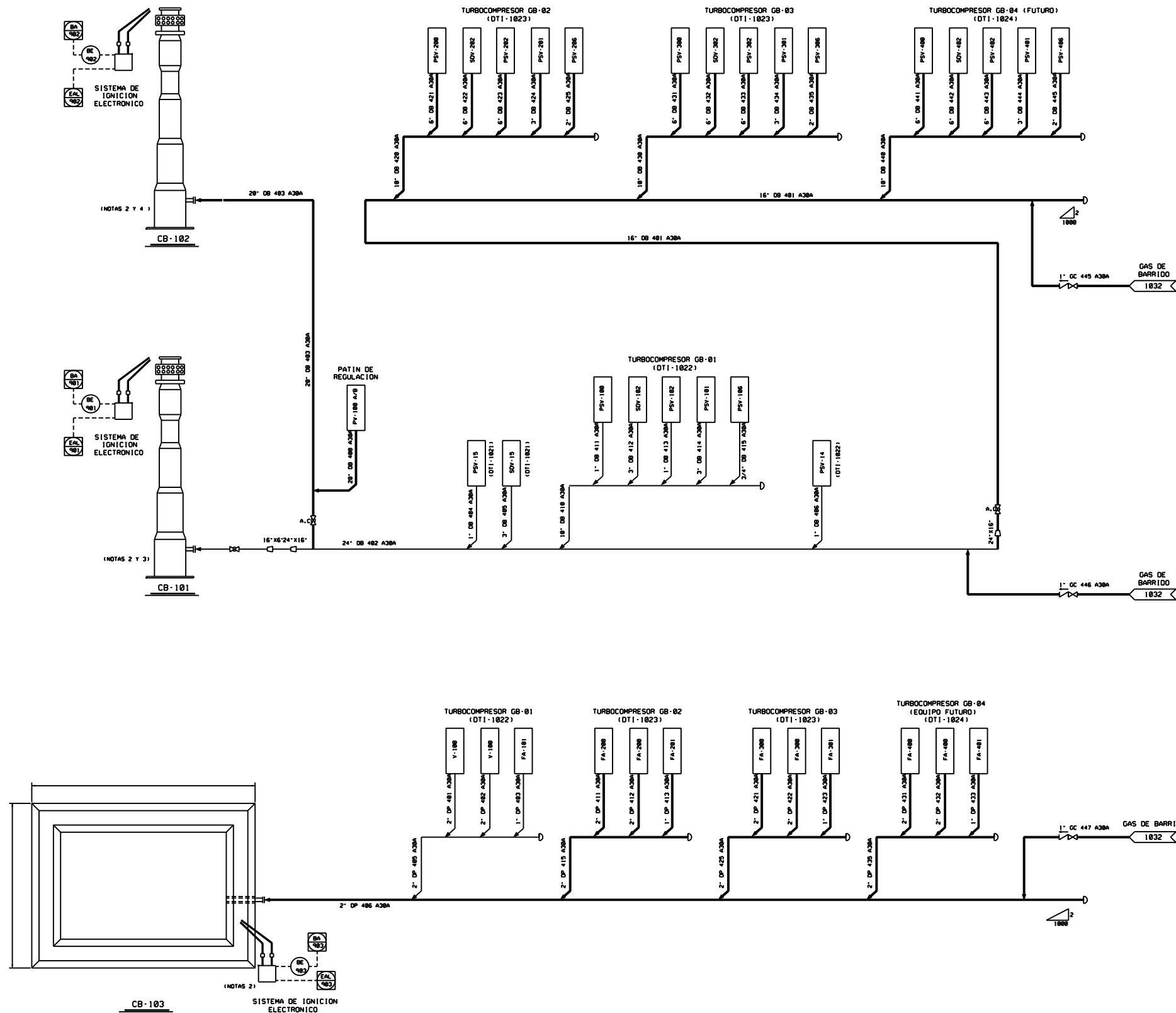
NOTAS

- 1.- PARA NOTAS GENERALES, DIBUJOS DE REFERENCIA, CODIGOS DE TUBERIA Y SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION, VER DIB. NO. FES-1020
- 2.- EL SISTEMA DE IGNICION ELECTRONICO, DEBERA CONTAR CON DISPOSITIVOS PARA ENCENDIDO AUTOMATICO.
- 3.- QUEMADOR QUE OPERARA DURANTE LA PRIMERA ETAPA.
- 4.- QUEMADOR QUE OPERARA DURANTE LA SEGUNDA Y TERCERA ETAPA.

CB-101  
QUEMADOR ELEVADO  
D.I. = 152.4 MM  
H. = 12 152 MM  
CAP. = 10.6 MPPCSO

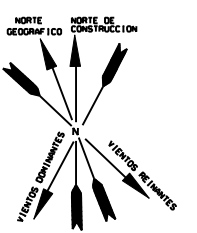
CB-102  
QUEMADOR ELEVADO  
CAP. = 260 MPPCSO

CB-103  
QUEMADOR DE FOSA  
CAP. = 210 GPH



VALVULAS DE SEGURIDAD	DATOS DE DISEÑO DE LA VALVULA				CONDICIONES DEL FLUIDO ANTES DE LA VALVULA		CAUSA Y CANTIDAD RELEVADA ( LB/HR )									
	DTI DE REFERENCIA	CLAVE DE LA VALVULA	EQUIPO (S) PROTEGIDO (S)	TAMANO DE LA VALVULA	TEMPERATURA DE RELEV (°F)	FASE	PRESION DE RELEV (PSID)	TEMPERATURA DE RELEV (°F)	PESO MOLECULAR	DESCARGA (LB/HR)	FALLA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO	FUEGO	FALLA DE ENERGIA ELECTRICA	DESCARGA BLOQUEADA	EXPANSION TERMICA	VENTED
<b>CABEZALES DE SUCCION Y DESCARGA DE COMPRESORES</b>																
1021	PV-100A/B	16" P 405	0"	G	500	77	10,542									
1022	SDV-14	20" P 402	3/4" E 1"	G			10,542									
1021	SDV-15	20" P 415	3"	G			10,542									
1021	PSV-15	20" P 415	3/4" E 1"	G	1200	193	10,542									
<b>SECCION DE COMPRESOR GB-01</b>																
1022	PSV-100	18" P 413	3/4" E 1"	G	950	100	7717									
1022	PSV-101	F-101	2" H 3"	G	272	150	10,542									
1022	PSV-102	16" P 413	3/4" E 1"	G	1200	193	10,542									
1022	PSV-106	1" OC 402	1/2" O3/4"	G	110	150	10,542									
1022	SDV-102	16" P 413	3"	G			10,542									
<b>SECCION DE COMPRESOR GB-02</b>																
1023	PSV-200	18" P 423	3/4" X1"	G												
1023	PSV-201	FA-201	2" X3"	G												
1023	PSV-202	16" P 423	3/4" X1"	G												
1023	PSV-206	1" OC 412	1/2" X3/4"	G												
1023	SDV-202	16" P 423	6"	G												
<b>SECCION DE COMPRESOR GB-03</b>																
1023	PSV-300	18" P 423	3/4" X1"	G												
1023	PSV-301	FA-301	2" X3"	G												
1023	PSV-302	16" P 423	3/4" X1"	G												
1023	PSV-306	1" OC 422	1/2" X3/4"	G												
1023	SDV-302	16" P 423	6"	G												
<b>SECCION DE COMPRESOR GB-04 (FUTURO)</b>																
1024	PSV-400	18" P 443	3/4" X1"	G												
1024	PSV-401	FA-401	2" X3"	G												
1024	PSV-402	16" P 443	3/4" X1"	G												
1024	PSV-406	1" OC 432	1/2" X3/4"	G												
1024	SDV-402	16" P 443	3"	G												
<b>SECCION DE SEPARACION GB-01</b>																
1022	LIC-100A/B	V-100	1"	L												
1022	LV-101A	F-101	1"	L												
<b>SECCION DE SEPARACION GB-02</b>																
1023	LIC-200A/B	FA-200		L												
1023	LIC-201A	FA-201		L												
<b>SECCION DE SEPARACION GB-03</b>																
1023	LIC-300A/B	FA-300		L												
1023	LIC-301A	FA-301		L												
<b>SECCION DE SEPARACION GB-04 (FUTURO)</b>																
1024	LIC-400A/B	FA-400		L												
1024	LIC-401A	FA-401		L												





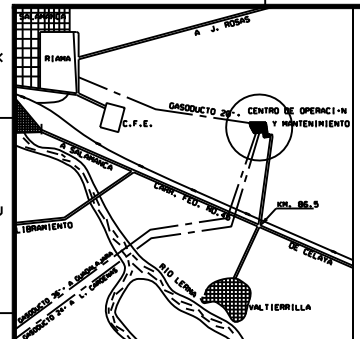
**NOTAS**

- EQUIPO DENTRO DEL ALCANCE DE ESTE PROYECTO
- UNIDAD DE COMPRESION FUTURA
- EL PAQUETE DE DISTRIBUCION DE AGUA DE SERVICIOS INCLUYE AL TANQUE HIDRONEUMATICO, FA-05 LA BOMBA DE AGUA DE SERVICIOS, GA-07 Y LA INSTRUMENTACION DE PROCESO Y SEGURIDAD, ASOCIADA AL EQUIPO Y TUBERIA DE DISTRIBUCION.
- LOS TANQUES FB-03 A/B SE LOCALIZARAN EN LA AZOTEA DEL TALLER Y VESTIDORES.

**LISTA DE EQUIPO.**

CLAVE	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
(NOTA 1) FA-01	ACUMULADOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS.	L: 1 - 3353 MM D: 1-1676 MM
(NOTA 1) FA-02	ACUMULADOR DE AIRE DE PLANTA	L: 1 - 3353 MM D: 1-1676 MM
(NOTAS 1, 3) FA-05	TANQUE HIDRONEUMATICO	L: 1 - 3253 MM D: 1-1676 MM
(NOTA 1) F-100	TANQUE DE AMORTIGUAMIENTO	L: 1 - 1524 MM D: 508 MM
(NOTA 3) FB-01	TANQUE PARA AGUA CONTRA INCENDIO	L: 1 - 9282 MM D: 1-10658 MM
(NOTAS 1, 4) FB-03 A/B	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE SERVICIOS.	L: 1 - 1390 MM D: 1-968 MM
(NOTA 1) FE-01	FOSA DE DRENAJE ACEITOSO	1200 X 1200 X 3000 MM
(NOTA 1) FE-02	FOSA DE DRENAJE ACEITOSO	1200 X 1200 X 3000 MM
FG-01 A/B	FILTROS PARA AGUA DE SERVICIO Y CONTRA INCENDIO	
(NOTA 1) GA-01	BOMBA DE AGUA CONTRA INCENDIO (ELECTRICA)	0 - 150 GPM Δ P - 150 PSIG
(NOTA 1) GA-02	BOMBA DE AGUA CONTRA INCENDIO (COMBUSTION INT. A DIESEL)	0 - 150 GPM Δ P - 150 PSIG
(NOTA 1) GA-03	BOMBA DE AGUA CONTRA INCENDIO (JOCKEY)	0 - 50 GPM Δ P - 50 PSIG
(NOTA 1) GA-04	BOMBA DE AGUA DE SERVICIOS A CUARTO DE CONTROL	0 - 60 GPM Δ P - 27.3 PSIG
GA-05	BOMBA DE POZO PROFUNDO	
(NOTA 1) GA-06	BOMBA DE AGUA CONTRA INCENDIO (JOCKEY)	0 - 50 GPM Δ P - 50 PSIG
(NOTA 1) GA-07	BOMBA DE AGUA DE SERVICIOS	0 - 30 GPM Δ P - 50 PSIG
(NOTA 1) GA-08	BOMBA DE DRENAJES ACEITOSOS	0 - 70 GPM Δ P - 25 PSIG
(NOTA 1) GA-09	BOMBA DE DRENAJES ACEITOSOS	0 - 70 GPM Δ P - 25 PSIG
GB-01	COMPRESOR DE GAS NATURAL	0 - 155 MMPCSD
(NOTA 1) GB-02	COMPRESOR DE GAS NATURAL	0 - 78 MMPCSD
(NOTA 1) GB-03	COMPRESOR DE GAS NATURAL	0 - 78 MMPCSD
(NOTAS 1, 2) GB-04	COMPRESOR DE GAS NATURAL	EQUIPO A FUTURO
(NOTA 1) GB-05 A/B	COMPRESORES DE AIRE DE INSTRUMENTOS Y AIRE DE PLANTA.	0 - 150 PCSM P - 125 PSIG
(NOTA 1) PA-01	PAQUETE DE SECADO DE AIRE.	0 - 150 PCSM P - 125 PSIG
CB-101	QUEMADOR DE GAS NATURAL	CAP - 10.6 MMPCSD DI - 152.4 MM H - 12152 MM
(NOTA 1) CB-102	QUEMADOR DE GAS NATURAL	CAP - 260 MMPCSD
(NOTA 1) CB-103	QUEMADOR DE CONDENSADOS	CAP - 210 GPM
(NOTA 1) CB-104	QUEMADOR ELEVADO DE GAS L.P.	CAP - 0.802 MMPCSD DI - 101.6 MM H - 6553 MM
(NOTA 1)	AREA PARA TAMBORES DE ACEITE DE LUB.	
(NOTA 1)	BASE PARA TAMBORES DE ACEITE DE LUB.	

**CROQUIS DE LOCALIZACION**

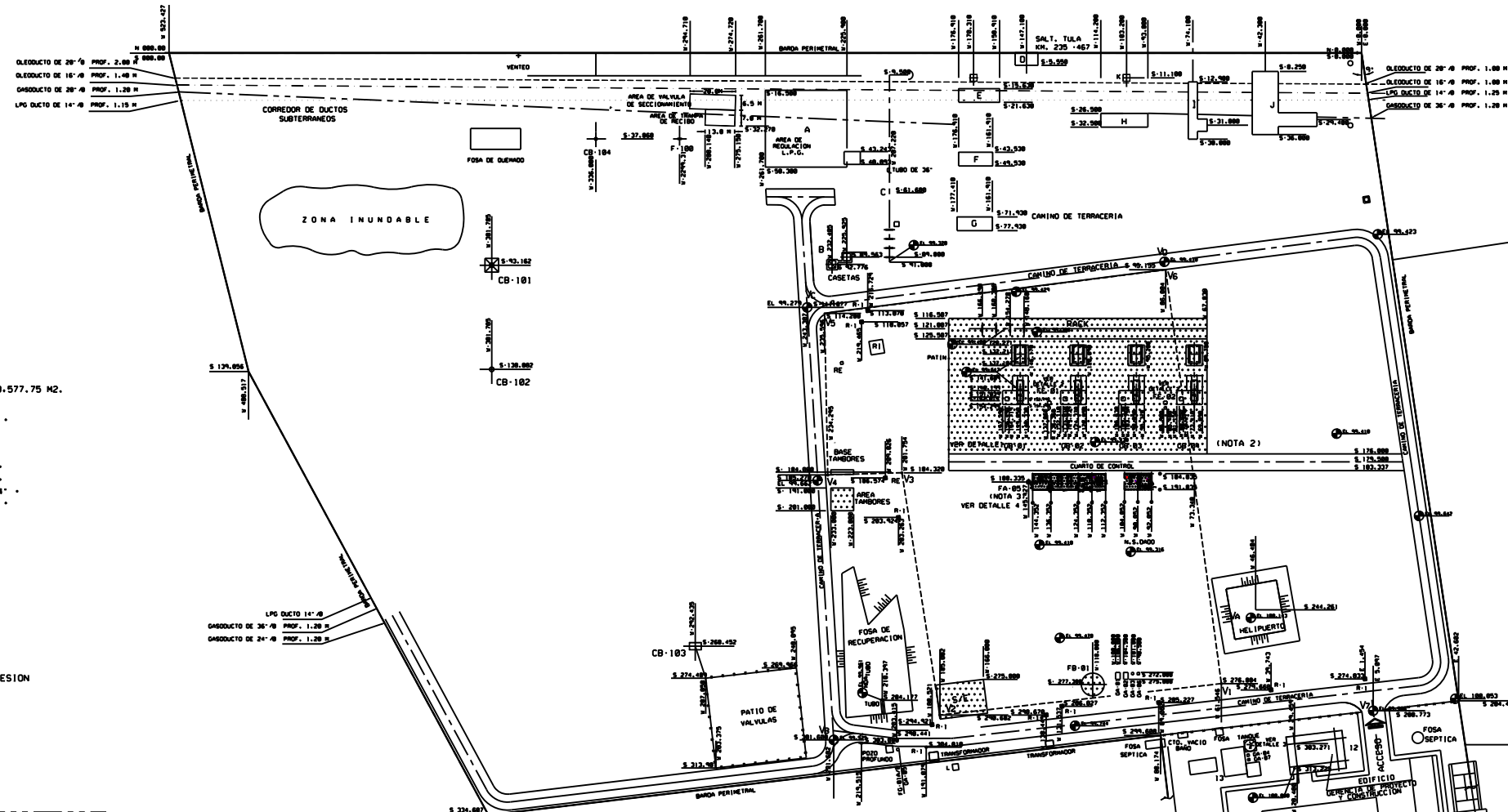


**INSTALACIONES EXISTENTES**

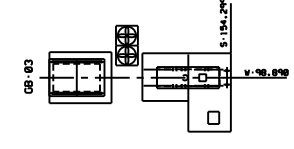
- SUBESTACION ELECTRICA - 48.75 M2.
  - COMEDOR - 107.50 M2.
  - OFICINA SINDICAL - 100.00 M2.
  - CASETA DE VIGILANCIA - 105.00 M2.
  - EDIFICIO ADMINISTRATIVO - 783.75 M2.
  - CASETA DE MICROONDAS - 40.00 M2.
  - ESTACIONAMIENTO - 283.50 M2.
  - COBERTIZO DE CAMIONES - 720.00 M2.
  - ALMACEN 790.50 M2.
  - TALLER "A" - 790.50 M2.
  - TALLER "B" - 790.50 M2.
  - EDIFICIO OFICINAS - 240.00 M.
  - CISTERNA Y CTO. DE MAQUINAS - 170.00 M2.
  - AREA DEPORTIVA - 617.00 M2.
  - ESTACIONAMIENTO - 1,080.00 M2.
  - AREAS VERDES - 11,251.00 M2.
  - AREA DE CONCRETO (INCLUYE BANQUETAS) - 10,577.75 M2.
  - BARDA PERIMETRAL - 2,027.02 M.
- A. - PASO DE REGULACION DEL L.P.G. DUCTO DE 14" -  
 B. - ANALISIS DE GAS  
 C. - CABEZAL DE DISTRIBUCION  
 D. - VALVULA DE SECCIONAMIENTO, POLIDUCTO 16" -  
 E. - TRAMPA DE ENVIO DE DIABLOS, GASODUCTO 20" -  
 F. - TRAMPA DE ENVIO DE DIABLOS, GASODUCTO 36" -  
 G. - TRAMPA DE ENVIO DE DIABLOS, GASODUCTO DE 24" -  
 H. - TRAMPA DE RECIBO DE DIABLOS, GASODUCTO 36" -  
 I. - BY PASS GASODUCTO DE 36" -  
 J. - PASO DE REGULACION DEL GASODUCTO DE 36" -  
 K. - VALVULA DE SELECCIONAMIENTO 8" -  
 L. - ADMETIDA ELECTRICA

**SIMBOLOGIA**

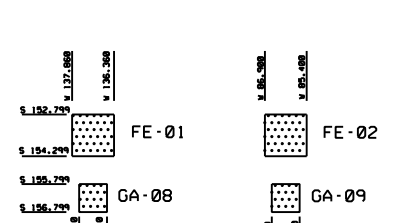
- Va VERTICE POLIGONAL
- V1 VERTICE NO LIMITE DE AREA DE COMPRESION
- EL ELEVACION
- R-1 REGISTRO
- N.S. NIVEL SUPERIOR
- NDA NIVEL DE ARRASTRE
- AREA LIMITE DE COMPRESION
- MALLA CICLON



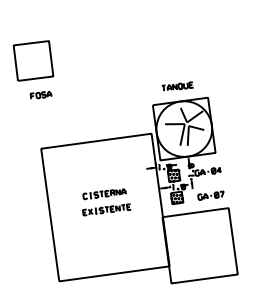
**DETALLE 1**



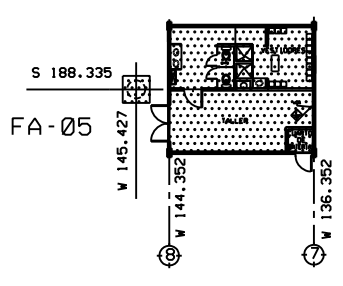
**DETALLE 2**



**DETALLE 3**

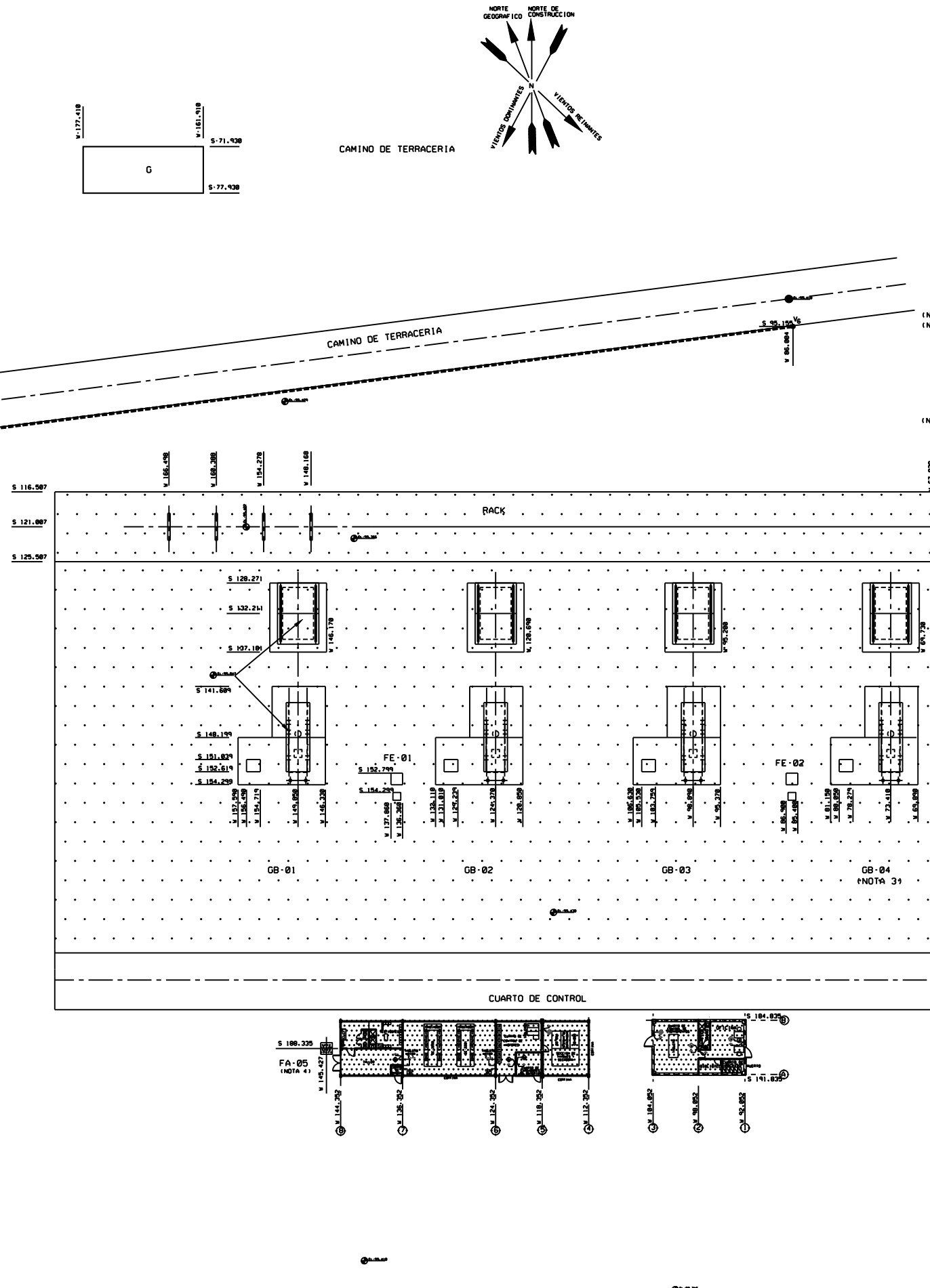
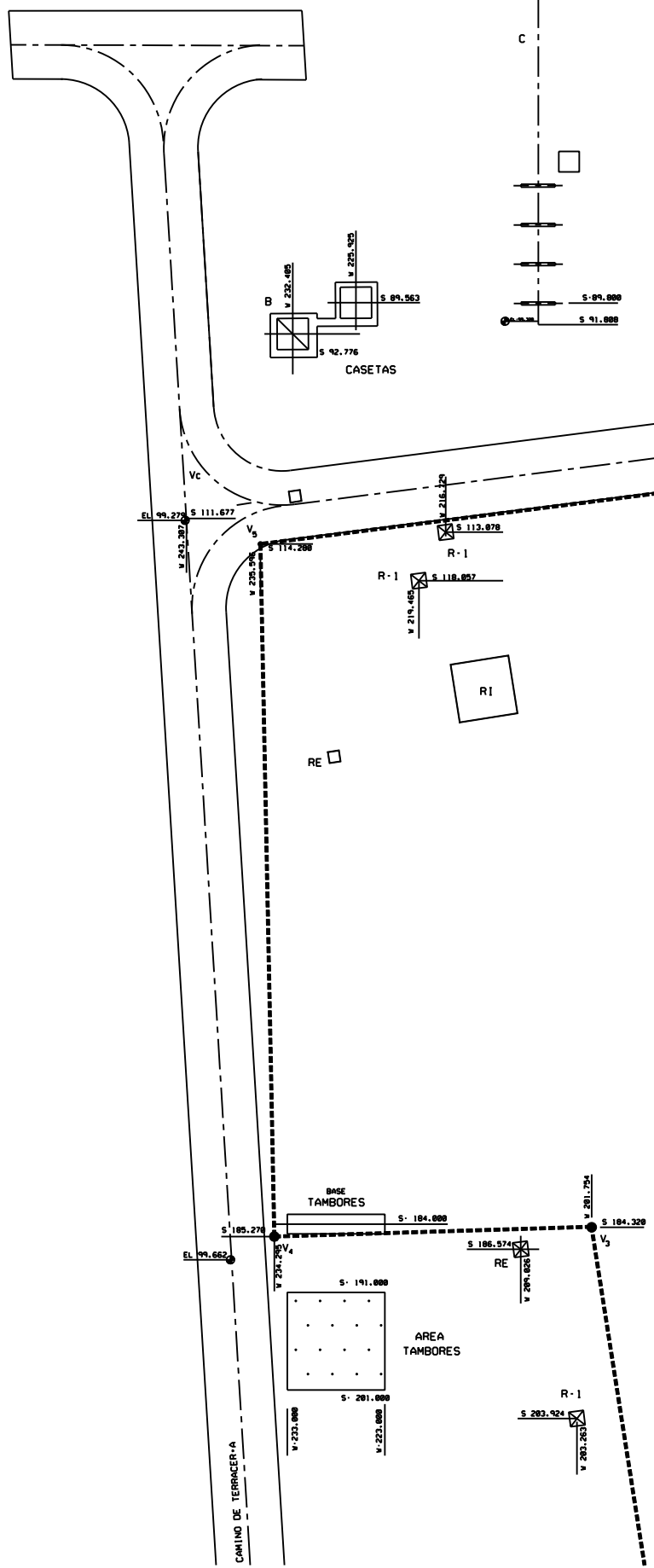


**DETALLE 4**



DIBUJOS DE REFERENCIA		UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FES ZARAGOZA		PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DE LA ESTACION DE COMPRESION DE GAS NATURAL	
DESARROLLO DE LA INGENIERIA BASICA Y BASES TECNICAS PARA LA ESTACION DE COMPRESION DE GAS NATURAL.		FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA.		DIB. NO. FES-1040 REV 0	
DIS.	DIB.	VER.	SPVR.	ING. ESP.	J. COORD.
REV.	PARA APROBACION	DESCRIPCION	DIS.	DIB.	VER.
			ING. ESP.	J. COORD.	J. COORD.
			ING. ESP.	J. COORD.	J. COORD.





**NOTAS**

- 1.- PARA NOTAS GENERALES, DIBUJOS DE REFERENCIA, CODIGO DE TUBERIAS Y SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION VER DIB. NO. FES-1020
- 2.- EQUIPO DENTRO DEL ALCANCE DE ESTE PROYECTO
- 3.- UNIDAD DE COMPRESION FUTURA
- 4.- EL PAQUETE DE DISTRIBUCION DE AGUA DE SERVICIOS INCLUYE AL TANQUE HIDRONEMATICO, FA-05; LA BOMBA DE AGUA DE SERVICIOS, GA-07 Y LA INSTRUMENTACION DE PROCESO Y SEGURIDAD ASOCIADA AL EQUIPO Y TUBERIA DE DISTRIBUCION.
- 5.- LOS TANQUES FB-03 A/B SE LOCALIZARAN EN LA AZOTEA DEL TALLER Y VESTIDORES.

**LISTA DE EQUIPO.**

CLAVE.	DESCRIPCION.	CARACTERISTICAS
(NOTA 2) FA-01	ACUMULADOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS.	L. 1. 3353 MM D1-1676 MM
(NOTA 2) FA-02	ACUMULADOR DE AIRE DE PLANTA	L. 1. 3353 MM D1-1676 MM
(NOTAS 2 Y 4) FA-05	TANQUE HIDRONEMATICO	L. 1. 3353 MM D1-1676 MM
(NOTAS 2 Y 5) FB-03 A/B	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE SERVICIOS.	L. 1. 1398 MM D1-968 MM
(NOTA 2) FE-01	FOSA DE DRENAJE ACEITOSO	1200 X 1200 X 3000 MM
(NOTA 2) FE-02	FOSA DE DRENAJE ACEITOSO	1200 X 1200 X 3000 MM
(NOTA 2) GA-08	BOMBA DE DRENAJES ACEITOSOS	0. 78 GPM Δ P. 25 PSIG
(NOTA 2) GA-09	BOMBA DE DRENAJES ACEITOSOS	0. 78 GPM Δ P. 25 PSIG
(NOTA 2) GB-01	COMPRESOR DE GAS NATURAL	0. 155 MMPCSD
(NOTA 2) GB-02	COMPRESOR DE GAS NATURAL	0. 78 MMPCSD
(NOTA 2) GB-03	COMPRESOR DE GAS NATURAL	0. 78 MMPCSD
(NOTAS 2 Y 3) GB-04	COMPRESOR DE GAS NATURAL	EQUIPO A FUTURO
(NOTA 2) GB-05 A/B	COMPRESORES DE AIRE DE INSTRUMENTOS Y AIRE DE PLANTA.	0. 150 PCSM Δ P. 125 PSIG
(NOTA 2) PA-01	PAQUETE DE SECADO DE AIRE, AREA PARA TAMBORES DE ACEITE DE LUB. BASE PARA TAMBORES DE ACEITE DE LUB.	0. 150 PCSM

## CAPÍTULO IV

### APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGO A LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL

*“Al analizar un método de identificación de daños para ubicar los incidentes potenciales, la cuestión no es ¿Qué pasa si se rompe, se expande o explota?, la cuestión es ¿Que condiciones causan que tienda a levantarse la temperatura o presión que puedan provocar una falla en un intento de diseño?”*

---

#### 4.1 IMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO A LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN

La estación de compresión, es una instalación que maneja sustancias que son riesgosas e inflamables, como es el gas natural, el gas L.P. y el diesel, por lo que su manejo debe ser especial. Estos riesgos se pueden presentar debido a fugas, fallas en los equipos, errores humanos, errores operativos, causas externas e internas, imponderables e incluso por causas naturales.

Todos los escenarios pueden ser posibles de presentarse, pero los más frecuentes que ocurren en instalaciones semejantes son las fugas en equipos, válvulas, soldaduras, accesorios, tuberías, etc. derivadas de la falta de mantenimiento, por corrosión o por materiales con mala fabricación. Estas fugas pueden generar niveles de concentración altos que pueden ser tóxicos para el personal y medio ambiente, pudiendo derivar en incendios y en caso extremo en deflagraciones que ponen en peligro al personal, a las instalaciones y a los alrededores. Por tal motivo y con el objeto de desarrollar el cumplimiento en la seguridad se realizó el estudio de riesgo, los objetivos que se persiguen con la realización del presente estudio son los siguientes:

- ◆ Identificar y jerarquizar los riesgos en esta estación empleando la técnica HAZOP e Índice MOND.
- ◆ Estimar la magnitud de las consecuencias hacia el personal, las instalaciones y el ambiente.
- ◆ Evaluar los riesgos del proceso.
- ◆ Determinar las medidas de prevención y mitigación para minimizar los riesgos identificados.

#### 4.2 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Para determinar los puntos de riesgo en la estación de compresión de gas natural, se empleó la técnica HAZOP, la cual muestra las posibles fallas que pueden tener algunos equipos en el momento de la operación. El estudio HAZOP es un método disciplinado que proporciona los medios para visualizar las maneras en que una planta, proceso, instalación o partes del equipo pueden fallar, tener un mal funcionamiento u operación incorrecta. Dentro del estudio HAZOP, el proceso sujeto de investigación es "cuestionado" sistemáticamente para determinar las consecuencias (riesgos) de las desviaciones del diseño o de la operación del proceso de acuerdo a la aplicación de la mecánica de este estudio, la cual se muestra en la figura 4.1

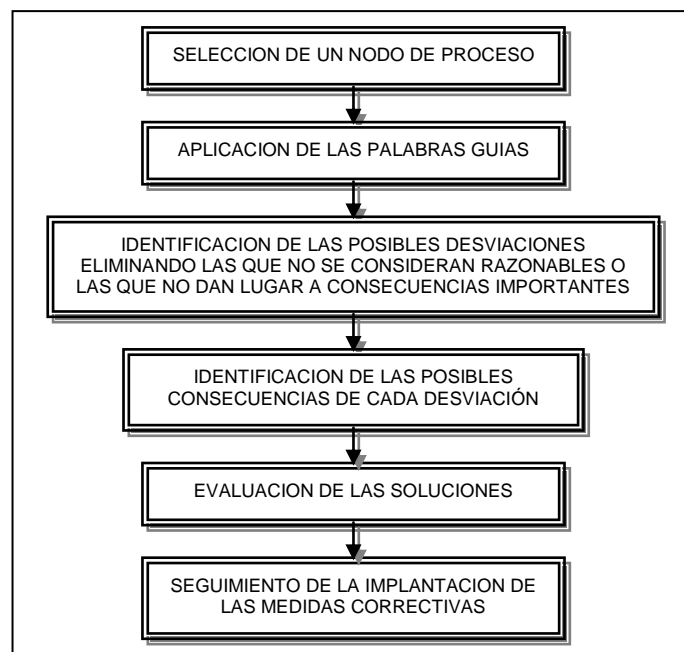


FIGURA 4.1: MECÁNICA DEL ESTUDIO "HAZOP".

El primer paso en el estudio del HAZOP es seleccionar los "Nodos de Estudio", por medio de la revisión de los documentos de ingeniería básica como son los diagramas de tubería e instrumentación (DTI's).

Los nodos de estudio que se analizaron en la instalación son los siguientes:



- ◆ Sistema de Recepción de Gas Natural.
- ◆ Sistema de Compresión.
- ◆ Sistema de Envío de Gas Natural hacia Lázaro Cárdenas.
- ◆ Sistema de Gas Combustible.
- ◆ Sistema de Drenajes.
- ◆ Sistema de Agua Contra incendio.
- ◆ Sistema de Aire de Planta e Instrumentos.
- ◆ Sistema de Agua de Servicios.
- ◆ Sistema de Desfogue.

Al examinar una desviación, se analizó en la mayoría de los casos, la consecuencia potencial de la desviación en ese nodo. Solo se analizaron aquellas desviaciones que pudieran causar condiciones inseguras o problemas de operación.

Al surgir una desviación que pudiera causar condiciones inseguras o problemas de operación, se registraron las posibles causas y consecuencias en las columnas correspondientes. Para permitir examinar los riesgos o consecuencias asociadas con fallas de controles de ingeniería para algunas unidades se documentaron las consecuencias para una desviación sin considerar las precauciones existentes en estas unidades.



Después se realizó la identificación de las precauciones existentes en la desviación. Si éstas no existían se desarrollaron partidas de acción para mejorar la seguridad en la operación. Si las precauciones del sistema ayudaban a mitigar la situación, la respuesta esperada del sistema se incluyó en la columna correspondiente de la hoja de trabajo HAZOP. Posteriormente al análisis, si era necesario un cambio para mejorar la seguridad u operabilidad, estas sugerencias se anotaron en la columna ACCIÓN de la hoja de trabajo correspondiente.

A continuación se muestran las hojas de trabajo HT-V.1 indicando los resultados del análisis en la discusión de desviaciones y acciones del HAZOP para el nodo 1.

 HT-V.1	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 1 DE 29
---	--	--

**SECCIÓN: RECEPCIÓN DE GAS NATURAL Y ENVÍO HACIA LÁZARO CÁRDENAS. (NODO 1)**

NODO DE REFERENCIA: 1		DOCUMENTO DE REFERENCIA		REVISIÓN: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO:		DTI RECEPCIÓN DE GAS NATURAL.		DIB. No. FES-1021
CONCEPTO: RECIBO EN TRAMPA DE DIABLOS (HR-01).				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	1. Incremento de la corriente de gas procedente de Sta. Ana.	1. Incremento del flujo/presión que manejarán los equipos de compresión.	1. Se cuenta con indicador y registro local de presión en la entrada de la trampa. También se cuenta con transmisor de presión con indicación en cuarto de control. En cabezal de succión de compresión existe alarma por muy alta presión.	1. Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema.
Menor Flujo.	1 Disminución de la corriente de gas procedente de Sta. Ana. 2. Posible cierre parcial de alguna válvula de seccionamiento antes de la estación. 3 Posible fuga en algún punto del ducto.	1 y 3 Disminución de las condiciones de flujo/presión que manejarán los compresores. Dependiendo de la disminución será requerida la recirculación de gas. 3. Contaminación y posible generación de nube explosiva.	1 y 3 Se cuenta con indicador y registro local de presión en la entrada de la trampa. También se cuenta con transmisor de presión con indicación en cuarto de control. En cabezal de succión de compresión existe alarma por muy baja presión. Existe medición de flujo en la succión de los equipos de compresión.	1 y 3. Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema. Se debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de válvulas de seccionamiento y del estado del ducto.
No Flujo.	1 Cierre total de alguna válvula de seccionamiento. 2. Ruptura de la línea.	1 y 2 Se activa el sistema Antisurge de los equipos de compresión y al no poder restablecer las condiciones operativas se da el paro de la estación 2 Contaminación y posible generación de nube explosiva	1 y 2 Se cuenta con indicador y registro local de presión en la entrada de la trampa. También se cuenta con transmisor de presión con indicación en cuarto de control. En cabezal de succión de compresión existe alarma por muy baja presión. Existe medición de flujo en la succión de los equipos de compresión.	1 y 2. Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema. Se debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de válvulas de seccionamiento y del estado del ducto.
Mayor Presión.	1 Incremento de la presión de la corriente de gas procedente de Sta. Ana.	1 En caso de efectuarse una corrida de diablo se podría tener inestabilidad y fluctuaciones en la velocidad reportando datos no muy confiables. Incremento de los parámetros operativos de los equipos de compresión	1 Se cuenta con indicador y registro local de presión en la entrada de la trampa. También se cuenta con transmisor de presión con indicación en cuarto de control. En cabezal de succión de compresión existe alarma por muy alta presión.	1. Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, (especialmente durante la corrida de diablos), para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema. Y de esta manera estar prevenidos y efectuar los ajustes necesarios.

 HT-V.1	<p><b>HOJAS DE TRABAJO</b>  <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b>  <b>“HAZOP”</b></p> <p><b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b></p>	 HOJA: 2 DE 29
---	---	--

(CONTINUACIÓN)

**SECCIÓN: RECEPCIÓN DE GAS NATURAL Y ENVÍO HACIA LÁZARO CÁRDENAS. (NODO 1)**

DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Menor Presión.	1 Disminución de la corriente de gas procedente de Sta. Ana. 2. Posible cierre parcial de alguna válvula de seccionamiento antes de la estación. 3 Posible fuga en algún punto del ducto.	En caso de efectuarse una corrida de diablo, la velocidad podría disminuir tanto que los datos reportados no sean confiables, incluso el diablo podría permanecer detenido. 1 2 y 3 Disminución de las condiciones operativas que manejarán los compresores. Dependiendo de la disminución será requerida la recirculación de gas. 3. Contaminación y posible generación de nube explosiva.	1 2 y 3 Se cuenta con indicador y registro local de presión en la entrada de la trampa. También se cuenta con transmisor de presión con indicación en cuarto de control. En cabezal de succión de compresión existe alarma por muy baja presión.	1 2 y 3. Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema. (Se debe tener especial cuidado de: presión, flujo y velocidad durante la corrida de diablo, para que el diablo tenga lecturas adecuadas) Se debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de válvulas de seccionamiento y del estado del ducto.
No Presión.	1 Taponamiento de la línea por sedimento arrastrado durante la corrida de diablo 2 Cierre total de alguna válvula de seccionamiento. 3. Ruptura de la línea.	1 2 y 3 El diablo permanecerá detenido. Se activa el sistema Antisurge de los equipos de compresión y al no poder restablecer las condiciones operativas se da el paro de la estación 3 Contaminación y posible generación de nube explosiva	1 2 y 3 Se cuenta con indicador y registro local de presión en la entrada de la trampa. También se cuenta con transmisor de presión con indicación en cuarto de control. En cabezal de succión de compresión existe alarma por muy baja presión.	1 2 y 3. Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema. Se debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de válvulas de seccionamiento y del estado del ducto. (Tener especial cuidado de parámetros operativos como: presión, flujo y velocidad durante la corrida de diablo, para que el diablo tenga lecturas adecuadas)

### 4.3 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

Los datos necesarios para realizar la modelación de las consecuencias fueron:

1. Datos de Condiciones Ambientales Empleados.

- ◆ Parámetro de Rugosidad de Superficie. 0.06
- ◆ Temperatura Atmosférica 30 °C
- ◆ Temperatura de la Superficie 32.0 °C
- ◆ Humedad Relativa 78 %
- ◆ Altura del Punto de Emisión 1.2 m. NPT
- ◆ Presión Atmosférica 101300.0 N/m<sup>2</sup>
- ◆ Velocidad del Viento Considerada 11.0 m/s
- ◆ Vientos Reinantes, Dirección NE-SW
- ◆ Vel. Máxima V.D. 20 m/s
- ◆ Radiación a Carga Máxima en la Base <1350 Btu/hr ft<sup>2</sup>
- ◆ Radiación a Carga Máxima a 100 mts. <500 Btu/hr ft<sup>2</sup>
- ◆ Duración de la Emisión 10 min.

2. Datos Requeridos para la Simulación.

No. de hipótesis	Diam. tub. (D.T.) pulg	Diam fuga (D.F.) pulg	Relación D.F./D.T %	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Temp. (°C)	Flujo en línea. (MMPCSD)	Dens. (kg/m <sup>3</sup> )	Frecuencia de ocurrencia	Fase del fluido
1	24	0.25	1.0	71.4	88.4	260.0	47.77	0.596	Gas
2	16	0.25	1.5	71.4	88.4	260.0	29.33	0.013	Gas
3	16	0.25	1.5	35.2	25	260.0	47.77	0.095	Gas
4	24	0.25	1.0	35.2	25	260.0	29.33	0.596	Gas
5	16	0.25	1.5	71.4	88.4	130.0	29.33	0.297	Gas
6	16	0.25	1.5	71.4	88.4	130.0	47.77	0.179	Gas
7	16	0.25	1.5	19.13	25	4.25	29.33	0.254	Gas
8	6	6.0	100	Atm	25	0.0011	1.54	0.086	Gas
9	0.25	0.25	100	Atm	25	0.0001	53.85	Continua	Gas

En los trabajos de simulación se pueden realizar los modelos siguientes:

- a) Descarga.
- b) Dispersión.
- c) Modelación de Inflamabilidad.
- d) Modelación de Explosión. Reportando los niveles de sobrepresión.

El modelo de dispersión predice el tamaño de la nube, su forma y su concentración.

Para jerarquizar el nivel de riesgo de las áreas de proceso u operaciones de la planta, se utilizan técnicas que comparan los atributos de riesgo de las sustancias, condiciones de proceso y parámetros de operación. Los métodos de clasificación relativa pueden enfocarse a riesgos por fuego, explosión, toxicidad, seguridad, salud, medio ambiente y efectos económicos.

De entre las técnicas de índices de clasificación relativa, el que se utilizó para jerarquizar los niveles de riesgo en las secciones de proceso fue el Índice Mond, por medio del cual se obtienen los índices de fuego, explosión y toxicidad. El Índice Mond categoriza el potencial de riesgo de la sección analizada como una función de los parámetros descritos, sin considerar en primera instancia la influencia de los medios de seguridad usados en la instalación.

Como primer punto para determinar el Índice Mond, se requiere seleccionar una sección de la planta, normalmente donde exista un proceso o riesgo en particular diferente a los presentes en

otras secciones. Dentro de las instalaciones de la Estación de Compresión de Gas Natural se pueden identificar las siguientes secciones de proceso potencialmente riesgosas:

- ◆ Área de Compresión de Gas Natural.
- ◆ Área de Trampa de Diablos de Gas L.P.
- ◆ Área de Trampas de Diablos de los Gasoductos Existentes.

Siendo las dos primeras las que pueden representar un mayor riesgo y en las que se evaluará el Índice Mond. Los resultados obtenidos del Análisis del Índice Mond para las secciones consideradas, pueden estar en un momento dado sobrecalculadas y dar una idea errónea del potencial de riesgo de la instalación, para corregir esta situación, el análisis involucra factores relativos a medidas de control y seguridad enfocados a:

- a) Dispositivos de contención y de aislamiento empleados.
- b) Tipo de control de proceso.
- c) Actividad personal de las instalaciones con respecto a la seguridad.
- d) Equipos y dispositivos de protección contra incendio.

#### **4.4 HIPÓTESIS DE ACCIDENTES**

En este punto se jerarquizan las hipótesis identificadas de acuerdo al tipo de instalaciones, a las operaciones realizadas y a los resultados obtenidos en el estudio del HAZOP e Índice MOND con lo cual se obtienen los peligros potenciales más significativos.

Los criterios que se utilizaron para establecer las jerarquías son, en orden de mayor a menor importancia, los siguientes:

1. Producto manejado.
2. Cantidad de producto liberado.
3. Condiciones de operación del material más críticas que favorecen a la posibilidad del incidente:
  - ◆ Considerando la presión de operación más alta.
  - ◆ Considerando la temperatura de operación más alta.

En la siguiente tabla 4.1 se listan los resultados de la jerarquización para cada una de las hipótesis identificadas en la estación de compresión de gas natural. El orden en el que se presentan estas, es de mayor a menor importancia, de acuerdo a los criterios mencionados anteriormente para establecer su jerarquía.



No. de Hipótesis	Concepto.	Flujo (Línea principal) (MMPCSD)	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Temperatura (°C)
1	Fuga de gas en la trampa de envío de diablos hacia Lázaro Cárdenas debido a una falla en la operación.	260.0219	71.4	88.41
2	Fuga de gas en la placa de orificio con disipación de la nube explosiva. (Cabezal de 20")	260.0219	71.4	88.41
3	Fuga de gas en el separador de proceso hacia la succión de compresión.	260.0219	35.2	25.0
4	Fuga de gas en válvula de corte de 24" en cabezal de succión de compresores.	260.0219	35.2	25.0
5	Fuga de gas en la descarga del patín de compresión. (descarga del compresor)	130.0109	71.4	88.41
6	Fuga de gas en el enfriador y formación de nube explosiva.	130.0109	71.4	88.41
7	Fuga de gas en el separador de acondicionamiento de gas para suministro neumático.	4.25	19.13	25.0
8	Falla del sistema de encendido electrónico del quemador asociado a un desfogue del sistema, con el consecuente venteo de gas natural a la atmósfera (dispersión de gas)	.0011	atm.	25.0
9	Venteo de gas en el sistema de control e instrumentación neumática del compresor.	.0001	atm.	25.0

TABLA 4.1: JERARQUIZACIÓN DE CADA HIPOTESIS IDENTIFICADA EN LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN.

#### 4.5 FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE LAS HIPÓTESIS

En este punto se evalúa la frecuencia de ocurrencia de los escenarios descritos por las hipótesis accidentales. Para poder evaluar la probabilidad de ocurrencia de un incidente se debe tomar en cuenta los datos de tasas de falla de los equipos involucrados en los incidentes, los cuales son esenciales para el análisis de riesgo.

La base de datos usada en el análisis de confiabilidad se tomó de la información disponible en la bibliografía de tipo internacional, como es la indicada en el manual OREDA (The Offshore Reliability Data Handbook), la cual cubre una amplia variedad de componentes utilizados en instalaciones marinas y que pueden ser aplicados a instalaciones terrestres, como la estación de compresión de gas natural. En el manual se puede apreciar cómo y cuántos modos de falla afectan al sistema y al entorno del equipo en cuestión (las fallas pueden darse en tuberías, válvulas e instrumentos representados junto al equipo, en esta base de datos), obteniendo datos de razones de falla para diversos modos de falla del equipo o de los sistemas del equipo en estudio.

En el caso del manual OREDA, los datos de razón de falla se presentan en:

- ◆ El número de fallas por un millón de horas en operación continua.
- ◆ El número de fallas que se presentan en el equipo por cada 1000 arranques.

Para la evaluación de las frecuencias de falla, se utilizaron datos de razón de falla para equipos en operación continua, además se realizó la conversión de estos datos, para que se reportaran para

un periodo de 1 año de operación, en lugar de 1 millón de horas de operación. En cualquier caso las hipótesis tratadas en el Análisis de Frecuencias, siguieron el siguiente procedimiento:

1. Se visualizó el equipo o sistema involucrado en la hipótesis dada.
2. Se revisó el modo de falla del equipo o sistema involucrado (Ejemplo: Una fuga al exterior).
3. En el caso de no contar con un dato adecuado con los datos que da OREDA para sus modos de falla, se consideró la totalidad de fallas del tipo “críticas” para el sistema o equipo, debido a que OREDA aglutina bajo este nombre, a todos los modos de falla que involucran que el equipo pierda su función para el cual debe operar.
4. Para los equipos y los modos de falla involucrados, en la tabla del manual OREDA, se obtienen los datos de razón de falla en millones de horas de operación y que se convirtieron multiplicando por 8760 a datos de razón de falla en años de operación. En la Tabla 4.2 “Matriz de Frecuencia de Ocurrencia” se muestran los datos de razón de falla en años de operación, que representan las ocurrencias/año del escenario descrito por la hipótesis correspondiente, bajo el nombre de "frecuencia de ocurrencia".
5. Para una mejor observación de los datos de frecuencia de falla, en la Tabla 4.2 “Matriz de Frecuencia de Ocurrencia” se presentan los resultados, tomando el recíproco de estos datos para estimar el período de tiempo promedio posible. Los resultados obtenidos en dicha tabla, se encuentran dentro del rango de los calculados y reportados en la base de datos OREDA.

La magnitud de la incertidumbre en los resultados obtenidos debe ser cuantificada mediante el uso de datos de tasas de fallas reales partiendo de una gran variedad de fuentes debido a que las suposiciones de ingeniería más probables de la vida de los componentes son todavía pesimistas y necesitan ser validadas con resultados verdaderos.

Finalmente basándose en los resultados obtenidos del análisis de frecuencias, la tabla 4.2 muestra la jerarquización de las hipótesis de acuerdo a la frecuencia de ocurrencia de los escenarios descritos anteriormente.

JERARQUIZACIÓN	HIPÓTESIS	FRECUENCIA DE OCURRENCIA
9	Venteo de gas en el sistema de control e instrumentación neumática del compresor.	Venteos continuos
1	Fuga de gas en la trampa de envío de diablos hacia Lázaro Cárdenas debido a una falla en la operación.	0.596
4	Fuga de gas en válvula de corte de 24" en cabezal de succión de compresores.	0.596
5	Fuga de gas en la descarga del patín de compresión (descarga del compresor).	0.297
7	Fuga de gas en el separador de acondicionamiento de gas para suministro neumático.	0.254
6	Fuga de gas en el enfriador (tipo soloaire) y formación de nube explosiva.	0.179
3	Fuga de gas en el separador de proceso hacia la succión de compresión.	0.095
8	Falla del sistema de encendido electrónico del quemador asociado a un desfogue del sistema, con el consecuente venteo de gas natural a la atmósfera (dispersión de gas)	0.086
2	Fuga de gas en la placa de orificio con disipación de la nube explosiva. (Cabezal de 20")	0.013

TABLA 4.2: MATRIZ DE FRECUENCIA DE OCURRENCIA.

#### 4.6 RIESGOS DE AFECTACIÓN POTENCIAL AL ENTORNO DE LA PLANTA

Este estudio incluye las consecuencias de las diversas hipótesis de accidentes que podrían ocurrir en las instalaciones. El propósito es determinar si los efectos potencialmente peligrosos de accidentes severos (hipótesis), podrían tener un impacto mayor en las instalaciones bajo la peor combinación de condiciones. Los accidentes típicos de este tipo de instalaciones son:

- ◆ Incendios.
- ◆ Explosiones.

La lista de los escenarios de accidentes seleccionados se muestra en la siguiente tabla 4.3

No.	SECCIÓN	HIPÓTESIS	TIPO DE PELIGRO
1	Trampa de Envío de Diablos.	Fuga de Gas en la trampa de envío de diablos hacia Lázaro Cárdenas debido a una falla en la operación.	Incendio. Explosión.
2	Sección de Compresión	Fuga de gas en la placa de orificio con disipación de la nube explosiva. (Cabezal de 20")	Incendio. Explosión.
3	Sección de Compresión	Fuga de gas en separador de proceso hacia la succión de compresión.	Incendio. Explosión.
4	Sección de Compresión	Fuga de gas en válvula de corte de 24" en cabezal de succión de compresores.	Incendio. Explosión.
5	Sección de Compresión	Fuga de gas en la descarga del patín de compresión. (descarga del compresor).	Incendio. Explosión.
6	Sección de Compresión	Fuga de gas en el enfriador (tipo soloaire) y formación de nube explosiva.	Incendio. Explosión.
7	Sección de Compresión	Fuga de gas en el separador de acondicionamiento de gas para suministro neumático.	Incendio. Explosión.
8	Sistema de Desfogue	Falla del sistema de encendido electrónico del quemador y venteo de gas natural a la atmósfera (dispersión de gas)	Incendio. Explosión.
9	Sección de Compresión	Venteo de gas en el sistema de control e instrumentación neumática del compresor.	Incendio. Explosión.

TABLA 4.3: ESCENARIOS DE ACCIDENTES POSIBLES DE PRESENTARSE.

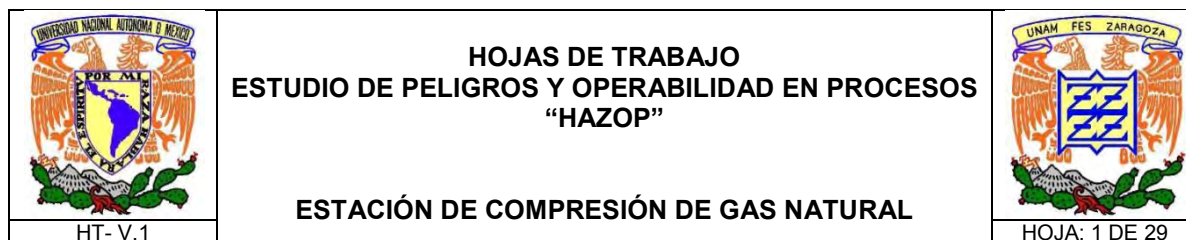
## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS DEL ESTUDIO DE RIESGO**

*“Se dice razonablemente factible, cuando la magnitud del riesgo es insignificante en relación con el sacrificio involucrado y las medidas necesarias para impedirlo.”*



**5.1 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE RIESGO**

A continuación se muestran las hojas de trabajo HT-V.1 a HT-V.20 indicando los resultados del análisis en la discusión de desviaciones y acciones HAZOP para cada nodo seleccionado.



**SECCIÓN: RECEPCIÓN DE GAS NATURAL Y ENVÍO HACIA LÁZARO CÁRDENAS. (NODO 1)**



NODO DE REFERENCIA: 1		DOCUMENTO DE REFERENCIA		REVISIÓN: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO:		DTI RECEPCIÓN DE GAS NATURAL.		DIB. No. FES-1021
CONCEPTO: RECIBO EN TRAMPA DE DIABLOS (HR-01).				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	1. Incremento de la corriente de gas procedente de Sta. Ana.	1. Incremento del flujo/presión que manejarán los equipos de compresión.	1. Se cuenta con indicador y registro local de presión en la entrada de la trampa. También se cuenta con transmisor de presión con indicación en cuarto de control. En cabezal de succión de compresión existe alarma por muy alta presión.	1. Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema.
Menor Flujo.	1 Disminución de la corriente de gas procedente de Sta. Ana. 2. Posible cierre parcial de alguna válvula de seccionamiento antes de la estación. 3 Posible fuga en algún punto del ducto.	1 2 y 3 Disminución de las condiciones de flujo/presión que manejarán los compresores. Dependiendo de la disminución será requerida la recirculación de gas. 3. Contaminación y posible generación de nube explosiva.	1 2 y 3 Se cuenta con indicador y registro local de presión en la entrada de la trampa. También se cuenta con transmisor de presión con indicación en cuarto de control. En cabezal de succión de compresión existe alarma por muy baja presión. Existe medición de flujo en la succión de los equipos de compresión.	1 2 y 3. Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema. Se debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de válvulas de seccionamiento y del estado del ducto.
No Flujo.	1 Cierre total de alguna válvula de seccionamiento. 2. Ruptura de la línea.	1 y 2 Se activa el sistema Antisurge de los equipos de compresión y al no poder restablecer las condiciones operativas se da el paro de la estación 2 Contaminación y posible generación de nube explosiva	1 y 2 Se cuenta con indicador y registro local de presión en la entrada de la trampa. También se cuenta con transmisor de presión con indicación en cuarto de control. En cabezal de succión de compresión existe alarma por muy baja presión. Existe medición de flujo en la succión de los equipos de compresión.	1 y 2. Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema. Se debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de válvulas de seccionamiento y del estado del ducto.

 HT-V.1	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 2 DE 29
---	--	--

(CONTINUACIÓN)



**SECCIÓN: RECEPCIÓN DE GAS NATURAL Y ENVÍO HACIA LÁZARO CÁRDENAS. (NODO 1)**

DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Presión.	1 Incremento de la presión de la corriente de gas procedente de Sta. Ana.	1 En caso de efectuarse una corrida de diablo se podría tener inestabilidad y fluctuaciones en la velocidad reportando datos no muy confiables. Incremento de los parámetros operativos de los equipos de compresión	1 Se cuenta con indicador y registro local de presión en la entrada de la trampa. También se cuenta con transmisor de presión con indicación en cuarto de control. En cabezal de succión de compresión existe alarma por muy alta presión.	1. Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, (especialmente durante la corrida de diablos), para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema. Y de esta manera estar prevenidos y efectuar los ajustes necesarios.
Menor Presión.	1 Disminución de la corriente de gas procedente de Sta. Ana. 2. Posible cierre parcial de alguna válvula de seccionamiento antes de la estación. 3 Posible fuga en algún punto del ducto.	En caso de efectuarse una corrida de diablo, la velocidad podría disminuir tanto que los datos reportados no sean confiables, incluso el diablo podría permanecer detenido. 1 2 y 3 Disminución de las condiciones operativas que manejarán los compresores. Dependiendo de la disminución será requerida la recirculación de gas. 3. Contaminación y posible generación de nube explosiva.	1 2 y 3 Se cuenta con indicador y registro local de presión en la entrada de la trampa. También se cuenta con transmisor de presión con indicación en cuarto de control. En cabezal de succión de compresión existe alarma por muy baja presión.	1 2 y 3. Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema. (Se debe tener especial cuidado de: presión, flujo y velocidad durante la corrida de diablo, para que el diablo tenga lecturas adecuadas) Se debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de válvulas de seccionamiento y del estado del ducto.
No Presión.	1 Taponamiento de la línea por sedimento arrastrado durante la corrida de diablo 2 Cierre total de alguna válvula de seccionamiento. 3. Ruptura de la línea.	1 2 y 3 El diablo permanecerá detenido. Se activa el sistema Antisurge de los equipos de compresión y al no poder restablecer las condiciones operativas se da el paro de la estación 3 Contaminación y posible generación de nube explosiva	1 2 y 3 Se cuenta con indicador y registro local de presión en la entrada de la trampa. También se cuenta con transmisor de presión con indicación en cuarto de control. En cabezal de succión de compresión existe alarma por muy baja presión.	1 2 y 3. Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema. Se debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de válvulas de seccionamiento y del estado del ducto. (Tener especial cuidado de parámetros operativos como: presión, flujo y velocidad durante la corrida de diablo, para que el diablo tenga lecturas adecuadas

 HT-V.2	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 3 DE 29
---	--	--

**SECCIÓN: RECEPCIÓN DE GAS NATURAL Y ENVÍO HACIA LÁZARO CÁRDENAS. (NODO 2)**

NODO DE REFERENCIA: 2		DOCUMENTO DE REFERENCIA		REVISIÓN: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO:		DTI RECEPCIÓN DE GAS NATURAL.		DIB. No. FES-1021
CONCEPTO: VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO (SDV 12).				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	1 Incremento del flujo de gas procedente de Sta. Ana. 2 Posible fuga en la línea de succión del compresor.	1 Incremento de los parámetros operativos que manejarán los equipos de compresión. 2. Posible formación de atmósfera explosiva.	1 y 2 Se cuenta con indicador y registro local de presión en la entrada de la trampa. También se cuenta con transmisor de presión con indicación en cuarto de control. En cabezal de succión de compresión existen alarmas por muy alta y muy baja presión.	1 y 2 Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema El monitoreo y la inspección visual del sistema por parte del operador, deben ser constantes.  2 Se recomienda instalar detectores de mezcla explosiva, y flama en áreas estratégicas adjuntas al compresor.
Menor Flujo.	1 Disminución de la corriente de gas procedente de Sta. Ana. 2. Posible cierre parcial de alguna válvula de bloqueo antes de, e inclusive la SDV-12 3 Fuga de gas antes de la válvula SDV-12	1 2 y 3 Disminución de los parámetros operativos que manejarán los compresores. Dependiendo de la disminución será requerida la recirculación de gas (Sistema Antisurge). 3 Se puede crear una atmósfera explosiva.	1 2 y 3 Se cuenta con indicador y registro local de presión en la entrada de la trampa. También se cuenta con transmisor de presión con indicación en cuarto de control. En cabezal de succión de compresión existe alarma por muy baja presión. Existe medición de flujo en la succión de los equipos de compresión.	1 y 2 Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema. Se debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de válvulas de seccionamiento y del estado del ducto. 2 Se sugiere que las válvulas de seccionamiento cuenten con volante para accionamiento manual, en caso de falla del sistema de gas de instrumentos. 3 Se recomienda instalar detectores de mezcla explosiva, y flama en áreas estratégicas adjuntas al compresor.



 HT-V.2	<p><b>HOJAS DE TRABAJO</b>  <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b>  <b>“HAZOP”</b></p> <p><b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b></p>	 HOJA: 4 DE 29
---	---	--

(CONTINUACIÓN)

**SECCIÓN:** RECEPCIÓN DE GAS NATURAL Y ENVÍO HACIA LÁZARO CÁRDENAS. (NODO 2)



DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
No Flujo.	1 Cierre total de alguna válvula de seccionamiento incluida la SDV-12 2 Ruptura de la línea.	1 y 2. Se activa el sistema Antisurge de los equipos de compresión y al no poder restablecer las condiciones operativas se da el paro de la estación 2 Contaminación y posible generación de nube explosiva	1 y 2 Existen alarmas por muy alta y muy baja presión. Existe indicación de flujo en tablero.	1 Debe existir comunicación entre las estaciones de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en condiciones de operación y fluctuaciones que puedan existir en el sistema. Se debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de las válvulas de seccionamiento y el estado del ducto.  Se sugiere que las válvulas de seccionamiento cuenten con volante para accionamiento manual, en caso de falla del sistema de gas de instrumentos. 2 Se recomienda instalar detectores de mezcla explosiva, y flama en áreas estratégicas adjuntas al compresor
Mayor Presión.	1 Mismo análisis que mayor presión en nodo 1. 2. Válvula SDV-12 cerrada	2. Activación del sistema antisurge del compresor y al no restablecerse las condiciones operativas se da el paro de la estación Actúa la alarma por muy baja presión en succión del compresor.	2 Existen alarmas por muy baja presión en succión del compresor. Existe indicación de presión local en succión y descarga del compresor.	2 Se sugiere instalar volantes para accionamiento manual en válvulas de seccionamiento con actuador neumático, en caso de falla de gas de instrumentos. Se sugiere incluir indicación de presión en cuarto de control de la succión y la descarga del compresor.
Menor Presión.	1 Mismo análisis que menor presión en nodo 1.			
No Presión.	1 Mismo análisis que No presión en nodo 1.			



 HT-V.3	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 5 DE 29
---	--	--

**SECCIÓN:** RECEPCIÓN DE GAS NATURAL Y ENVÍO HACIA LÁZARO CÁRDENAS. (NODO 3)



NODO DE REFERENCIA: 3 TÍTULO DEL DOCUMENTO:	DOCUMENTO DE REFERENCIA DTI RECEPCIÓN DE GAS NATURAL.	REVISIÓN: 0 DIB. No. FES-1021		
CONCEPTO: VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO (SDV 13).				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	1 Incremento de la velocidad del compresor. 2 Posible fuga en el ducto de envío hacia Lázaro Cárdenas.	1 Inestabilidad en la corriente de envío de gas hacia Lázaro Cárdenas, por un aparente incremento de flujo. 2. Pérdida de producto y posible formación de atmósfera explosiva.	1 y 2 Se cuenta con indicador y registro local de presión en la entrada de la trampa. También se cuenta con transmisor de presión con indicación en cuarto de control.  En cabezal de succión de compresión existen alarmas por muy alta y muy baja presión.	1 y 2 Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema El monitoreo y la inspección visual del sistema por parte del operador, deben ser constantes. 2 Se recomienda instalar detectores de mezcla explosiva, y flama en áreas estratégicas adjuntas al compresor.
Menor Flujo.	1. Disminución de la corriente de gas procedente de Sta. Ana. 2. Posible cierre parcial de alguna válvula de bloqueo antes de, e inclusive la SDV-13 3 Fuga de gas antes de la válvula SDV-13	1 2 y 3 Disminución de los parámetros operativos que manejarán los compresores. Dependiendo de la disminución será requerida la recirculación de gas (Sistema Antisurge). 3 Se puede crear una atmósfera explosiva.	1 2 y 3 Se cuenta con indicador y registro local de presión en la entrada de la trampa. También se cuenta con transmisor de presión con indicación en cuarto de control. En cabezal de succión de compresión existe alarma por muy baja presión. Existe medición de flujo en la succión de los equipos de compresión.	1 y 2 Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema. Se debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de válvulas de seccionamiento y del estado del ducto.  2 Se sugiere que las válvulas de seccionamiento cuenten con volante para accionamiento manual, en caso de falla del sistema de gas de instrumentos. 3 Se recomienda instalar detectores de mezcla explosiva, y flama en áreas estratégicas adjuntas al compresor.

 <p>HT-V.3</p>	<p><b>HOJAS DE TRABAJO</b>  <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b>  <b>“HAZOP”</b></p> <p><b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b></p>	 <p>HOJA: 6 DE 29</p>
---	---	--

(CONTINUACIÓN)



**SECCIÓN:** RECEPCIÓN DE GAS NATURAL Y ENVÍO HACIA LÁZARO CÁRDENAS. (NODO 3)

DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
No Flujo.	1 Cierre total de alguna válvula de seccionamiento incluida la SDV-13 2 Ruptura de la línea.	1 y 2. Se activa el sistema Antisurge de los equipos de compresión y al no poder restablecer las condiciones operativas se da el paro de la estación 2 Contaminación y posible generación de nube explosiva	1 y 2 Existen alarmas por muy alta y muy baja presión. Existe indicación de flujo en tablero.	1 Debe existir comunicación entre las estaciones de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en condiciones de operación y fluctuaciones que puedan existir en el sistema. Se debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de las válvulas de seccionamiento y el estado del ducto. Se sugiere que las válvulas de seccionamiento cuenten con volante para accionamiento manual, en caso de falla del sistema de gas de instrumentos. 2 Se recomienda instalar detectores de mezcla explosiva, y flama en áreas estratégicas adjuntas al compresor.
Mayor Presión.	1 Mismo análisis que mayor presión en nodo 1. 2. Válvula SDV-13 cerrada	2 Activación del sistema antisurge del compresor y al no restablecerse las condiciones operativas se da el paro de la estación Actúa la alarma por muy baja presión en succión del compresor.	2 Existen la alarmas por muy baja presión en succión del compresor. Existe indicación de presión local en succión y descarga del compresor.	2 Se sugiere instalar volantes para accionamiento manual en válvulas de seccionamiento con actuador neumático, en caso de falla de gas de instrumentos. Se sugiere instalar indicación de presión en cuarto de control de la succión y la descarga del compresor.
Menor Presión.	1 Mismo análisis que menor presión en nodo 1.			
No Presión.	1 Mismo análisis que No presión en nodo 1.			

 HT-V.4	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 7 DE 29
---	--	--

**SECCIÓN:** RECEPCIÓN DE GAS NATURAL Y ENVÍO HACIA LÁZARO CÁRDENAS. (NODO 4)



NODO DE REFERENCIA: 4		DOCUMENTO DE REFERENCIA		REVISIÓN: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO:		DTI RECEPCIÓN DE GAS NATURAL.		DIB. No. FES-1021
CONCEPTO: TRAMPA DE ENVÍO DE DIABLOS (HR-04).				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	Mismo análisis que mayor flujo en el nodo 3.			
Menor Flujo.	1. Posible cierre parcial de alguna válvula de seccionamiento antes de la trampa. 2. Posible fuga en algún punto antes de la trampa.	1 Disminución de las condiciones de operación hacia Lázaro Cárdenas. Dependiendo del cierre será requerida la recirculación de gas (Sistema Antisurge). 2 Se puede crear una atmósfera explosiva.	1 y 2 Se cuenta con indicación de presión local en succión y descarga del compresor. También se cuenta con alarmas por muy alta y baja presión a la descarga del compresor. Existe medición de flujo en la succión de los equipos de compresión, con señal al cuarto de control.	1. El operador debe realizar el monitoreo de las condiciones de proceso y debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de válvulas de seccionamiento y del estado del ducto. Se sugiere instalar indicación de presión en cuarto de control de la succión y la descarga del compresor. 2 Se recomienda instalar detectores de mezcla explosiva, y flama en áreas estratégicas adjuntas al compresor
No Flujo.	1 Cierre total de alguna válvula de seccionamiento. 2. Ruptura de la línea.	1 y 2 Se activa el sistema Antisurge de los equipos de compresión y al no poder restablecer las condiciones operativas se da el paro de la estación 2 Contaminación y posible generación de nube explosiva	1 y 2 Se cuenta con indicador local de presión e indicador totalizador de flujo antes de la trampa. También se cuenta con alarma por muy baja presión.	1. El operador debe realizar el monitoreo de las condiciones de proceso y debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de válvulas de seccionamiento y del estado del ducto. Se sugiere instalar indicación de presión en cuarto de control de la succión y la descarga del compresor. 2 Se recomienda instalar detectores de mezcla explosiva, y flama en áreas estratégicas adjuntas al compresor
Mayor Presión.	1 Incremento de la velocidad del compresor. 2. Cierre parcial o total de una válvula de seccionamiento del ducto.	1 En caso de efectuarse una corrida de diablo se podría tener inestabilidad y fluctuaciones en la velocidad reportando datos no muy confiables. 2 Represionamiento del sistema y de continuar, se llevará a efecto un posible paro de la estación.	1 y 2 Se cuenta con un indicador local de presión en la descarga del compresor. Se cuenta con dos alarmas por muy alta presión de descarga del compresor.	1. El operador debe realizar el monitoreo de las condiciones de proceso y debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de válvulas de seccionamiento y del estado del ducto. Se sugiere instalar indicación de presión en cuarto de control de la succión y la descarga del compresor.

 <p>UNAM FES ZARAGOZA</p>	<p><b>HOJAS DE TRABAJO</b>  <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b>  <b>“HAZOP”</b></p> <p><b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b></p>	 <p>UNAM FES ZARAGOZA</p>
HT-V.4		HOJA: 8 DE 29

(CONTINUACION)



**SECCIÓN:** RECEPCIÓN DE GAS NATURAL Y ENVÍO HACIA LÁZARO CÁRDENAS. (NODO 4)

DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Menor Presión.	<p>1 Disminución de la velocidad del compresor.</p> <p>2. Posible cierre parcial de alguna válvula de seccionamiento antes de la trampa.</p> <p>3 Posible fuga en algún punto del ducto.</p>	<p>En caso de efectuarse una corrida de diablo, la velocidad podría disminuir tanto que los datos reportados no sean confiables, incluso el diablo podría permanecer detenido.</p> <p>1 2 y 3 Disminución de las condiciones operativas hacia Lázaro Cárdenas.</p> <p>3. Contaminación y posible generación de nube explosiva.</p>	<p>1 2 y 3 Se cuenta con indicación local de presión a la succión y descarga del compresor, existen alarmas por muy alta y baja presión de descarga. También se cuenta con indicación de flujo en la succión de cada compresor y en cabezal de principal de descarga existe un indicador-totalizador de flujo.</p>	<p>1 2 y 3. Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Lázaro Cárdenas, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema.</p> <p>(Se debe tener especial cuidado de: presión, flujo y velocidad durante la corrida de diablo, para que el diablo tenga lecturas adecuadas)</p> <p>Se debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de válvulas de seccionamiento y del estado del ducto.</p>
No Presión.	<p>1 Cierre total de alguna válvula antes de la trampa.</p> <p>2. Ruptura de la línea.</p>	<p>1 El diablo permanecerá detenido. Se activa el sistema Antisurge de los equipos de compresión y al no poder restablecer las condiciones operativas se da el paro de la estación</p> <p>2 Contaminación y posible generación de nube explosiva</p>	<p>1 y 2 Se cuenta con indicación local de presión a la succión y descarga del compresor, existen alarmas por muy alta y baja presión de descarga. También se cuenta con indicación de flujo en la succión de cada compresor y en cabezal de principal de descarga existe un indicador-totalizador de flujo.</p>	<p>1 y 2. El operador debe monitorear las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema. Se debe analizar la razón de las variaciones y en caso necesario efectuar revisión del estado de válvulas de seccionamiento y del estado del ducto.</p>

 HT-V.5	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 9 DE 29
---	--	--

**SECCIÓN:** COMPRESIÓN DE GAS NATURAL (NODO 1).



NODO DE REFERENCIA: 1		DOCUMENTO DE REFERENCIA		REVISIÓN: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO:		DTI COMPRESOR DE GAS “ GB-01 ”.		DIB. No. FES-1022
CONCEPTO: FILTRO SEPARADOR DE SUCCION. (V-100)				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	1 Incremento de la corriente de gas procedente de Sta. Ana. 2. Válvula de recirculación abierta FCV-105.	1 Incremento de los parámetros operativos que manejarán los equipos de compresión. 2. Al estar recirculando la válvula FCV-105, el flujo enviado hacia Lázaro Cárdenas disminuye.	1 y 2 Existen indicadores de presión locales en succión y descarga del compresor Existen alarmas por muy alta y baja presión de descarga.	1 Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema. 2. El operador debe monitorear las condiciones de operación del sistema y aplicar los correctivos necesarios. Debe registrar todas las anomalías detectadas.
Menor Flujo.	1 Disminución de la corriente de gas procedente de Sta. Ana. 2 Posible cierre parcial de la válvula de corte (SDV 100).	1 y 2 Disminución de las condiciones de flujo/presión que manejarán los compresores. Dependiendo de la disminución será requerida la recirculación de gas.	1 y 2 Se cuenta con indicación de presión en la entrada de la trampa de diablos. Existe indicación de presión en la descarga del filtro V-100 e indicación de flujo en la succión del compresor.	1 y 2 Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación que pueden existir en el sistema. Se debe efectuar la revisión del estado de válvulas de seccionamiento.
No Flujo.	1 Cierre total de la válvula de corte (SDV 100). 2 Ruptura de la línea de alimentación al filtro.	1 y 2 Posible paro total del compresor y de las turbinas. 2 Formación de una atmósfera explosiva.	1 y 2 Se cuenta con indicación de presión en la entrada de la trampa de diablos. Existe indicación de presión en la descarga del filtro V-100 e indicación de flujo en la succión del compresor.	1 y 2 El operador debe revisar la alineación de las válvulas periódicamente y realizar inspección visual del estado de las líneas.
Mayor Presión.	1. Incremento de la presión de la corriente de gas procedente de Sta. Ana. 2 Válvula de recirculación abierta FCV-105.	1 y 2 Incremento de los parámetros operativos de los equipos de compresión	1 y 2 Existe la Alarma por muy alta presión (PAHH-100). Válvula de seguridad PSV 100 en la línea de estabilización del sistema, que deberá relevar al existir una contrapresión. Existen indicadores de presión locales PI-100A y PI-100B.	1 y 2 El operador deberá llevar un registro de la operación de cada instrumento y anotar las variaciones detectadas en cada equipo. Se recomienda adicionar una alarma por baja presión en la línea de gas a la turbina y otra en la línea de gas a instrumentos.

 HT-V.5	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 10 DE 29
---	--	---

(CONTINUACION)

**SECCIÓN:** COMPRESIÓN DE GAS NATURAL (NODO 1).



DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Menor Presión.	1 Disminución de la presión de recibo de gas. 2. Posible cierre parcial de alguna válvula de seccionamiento antes del filtro. 3 Ruptura de la línea.	Disminución de las condiciones operativas que manejarán los compresores. Dependiendo de la disminución será requerida la recirculación de gas. 3. Existe fuga hacia el medio circundante. (generación de nube explosiva)	1 Existe alarma por muy baja presión en línea de succión al compresor. Existe indicador-transmisor de flujo en línea principal FIT-105. 2. Existen indicadores de presión locales PI-100A, PI-100B.	1 y 2 El operador deberá llevar un registro de la operación de cada compresor por separado y anotar las variaciones detectadas en cada equipo. Se recomienda instalar detectores de mezcla explosiva, y flama en áreas estratégicas adjuntas al compresor.
No Presión.	Análisis similar a No Flujo en nodo 1			
Mayor Nivel.	1 El fluido que viene de la estación de Sta. Ana contiene una cantidad considerable de condensables. 2 Falla de las válvulas de nivel (LV 100 A/B).	1 y 2 Incremento del nivel en el filtro. Se hace uso de las válvulas de by-pass manuales. Se pueden arrastrar condensables hacia el compresor y las turbinas, los cuales pueden ser dañados.	1 y 2 Existen los siguientes dispositivos: * Vidrios de nivel (LG 100 A/B). * Válvulas de nivel (LV 100 A/B).	1 y 2 Debe existir mayor comunicación del operador de la estación Valtierra y el operador de la estación Sta Ana.  El operador debe de checar el funcionamiento y la alineación de las válvulas periódicamente.
Menor Nivel.	Situación favorable (no se analiza)			
No Nivel.	1. Situación favorable por no haber condensables 2. Válvulas de control de nivel (LV-100A/B) abiertas	2. Fuga de gas combustible hacia el quemador. Disminución de presión hacia el compresor, la turbina y hacia la red de gas de instrumentos.	2.Existen indicadores de nivel LIC-100A/B, indicadores de presión locales PI-100A, PI-100B.	2.Inspección rutinaria de condiciones de operación por parte del operador, en caso de detectar alguna anomalía, reportar para mantenimiento.

 HT-V.6	<p><b>HOJAS DE TRABAJO</b>  <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b>  <b>“HAZOP”</b></p> <p><b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b></p>	 HOJA: 11 DE 29
---	---	---

**SECCIÓN:** COMPRESIÓN DE GAS NATURAL (NODO 2).

NODO DE REFERENCIA: 2	DOCUMENTO DE REFERENCIA	REVISIÓN: 0		
TÍTULO DEL DOCUMENTO:	DTI COMPRESOR DE GAS “ GB-01 ”	DIB. No. FES-1022		
CONCEPTO: COMPRESOR GB-01.				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	Mismo análisis que para mayor flujo en nodo 1			
Menor Flujo.	Mismo análisis que para menor flujo en nodo 1			
No Flujo.	Mismo análisis que para No flujo en nodo 1			
Mayor Presión.	Mismo análisis que para mayor presión en nodo 1 Y además Cierre total de cualquier válvula de seccionamiento a la descarga del compresor.			
Menor Presión.	Mismo análisis que para Menor presión en nodo 1			





 HT-V.7	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 12 DE 29
---	--	---

**SECCIÓN:** COMPRESIÓN DE GAS NATURAL (NODO 3).



NODO DE REFERENCIA: 3		DOCUMENTO DE REFERENCIA		REVISIÓN: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO:		DTI COMPRESOR DE GAS “ GB-01 ”		DIB. No. FES-1022
CONCEPTO: ENFRIADOR DE GAS (EC 101)				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	1 Incremento de la corriente de gas procedente de Sta. Ana. 2. Válvula de recirculación abierta FCV-105.	1 Incremento de los parámetros operativos que manejarán los equipos de compresión. 2. Al estar recirculando la válvula FCV-105, el flujo enviado hacia Lázaro Cárdenas disminuye.	1 y 2 Existen indicadores de presión locales en succión y descarga del compresor Existen alarmas por muy alta y baja presión de descarga.	1 Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema. 2. El operador debe monitorear las condiciones de operación del sistema y aplicar los correctivos necesarios. Debe registrar todas las anomalías detectadas.
Menor Flujo.	1 Disminución de la corriente de gas procedente de Sta. Ana. 2 Posible cierre parcial de la válvula de corte (SDV 100).	1 y 2 Disminución de las condiciones de flujo/presión que manejarán los compresores. Dependiendo de la disminución será requerida la recirculación de gas..	1 y 2 Se cuenta con indicación de presión en la entrada de la trampa de diablos. Existe indicación de presión en la descarga del filtro V-100 e indicación de flujo en la succión del compresor.	1 y 2 Debe existir comunicación entre las áreas operativas de Valtierra y Sta Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación que pueden existir en el sistema. Se debe efectuar la revisión del estado de válvulas de seccionamiento.
No Flujo.	1 Cierre total de la válvula de corte (SDV 100). 2 Ruptura de la línea de alimentación al filtro.	1 y 2 Posible paro total del compresor y de las turbinas. 2 Formación de una atmósfera explosiva.	1 y 2 Se cuenta con indicación de presión en la entrada de la trampa de diablos. Existe indicación de presión en la descarga del filtro V-100 e indicación de flujo en la succión del compresor.	1 y 2 El operador debe revisar la alineación de las válvulas periódicamente y realizar inspección visual del estado de las líneas.
Mayor Temperatura.	1 Incremento en la velocidad del compresor.	1 Se incrementa la temperatura del gas natural a la descarga del compresor. El enfriador reajusta las mamparas de admisión de aire para incrementar el intercambio térmico y obtener la misma temperatura de salida de gas natural.	1 En la descarga del compresor existe: Alarma por muy alta temperatura, alarma por alta temperatura e indicador de temperatura en cuarto de control. También existe un indicador controlador de temperatura a la salida del enfriador.	1 El operador deberá monitorear los parámetros operativos del compresor, en especial la temperatura, para evitar tener daños tanto en los internos del compresor como envejecimiento de la tubería por fragilización
Menor Temperatura.	Situación favorable (no se analiza)			



 HT-V.8	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 13 DE 29
---	--	---

**SECCIÓN:** SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE (NODO 1).



NODO DE REFERENCIA: 1		DOCUMENTO DE REFERENCIA		REVISIÓN: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO:		DTI COMPRESOR DE GAS “ GB-01 “		DIB. No. FES-1022
CONCEPTO: DERIVACION DE 3” EN LINEA DE GAS PRINCIPAL DE ALIMENTACION AL COMPRESOR, HACIA LA TURBINA.				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	1 Incremento de flujo en línea de alimentación principal al compresor. 2 Apertura del sistema de recirculación (Antisurge) del compresor.	1 y 2 Incremento del flujo al sistema de acondicionamiento de gas combustible. El sistema de regulación de presión del sistema de gas combustible tratará de absorber las fluctuaciones.	1 Existe indicador-transmisor de flujo en línea principal FIT-105. Existe alarma por muy alta presión a la succión PAHH-100. 2. Existen alarmas por muy alta y muy baja presión en descarga del compresor PAHH-102 y PALL-102.	1 y 2 El operador deberá llevar un registro de la operación de cada compresor por separado y anotar las variaciones detectadas en cada equipo. Analizar la causa de las tendencias y en caso necesario reportar el equipo o dispositivos para mantenimiento.
Menor Flujo.	1 Válvula de corte SDV-100 semi-cerrada. 2. Válvula de seccionamiento de 3” parcialmente cerrada.	1 y 2 El sistema de regulación de presión intentará absorber la disminución de flujo, pero si la disminución es considerable se puede llegar al paro de la turbina y al corte de gas para instrumentos.	1 Existe alarma por muy baja presión en línea de succión al compresor. Existe indicador-transmisor de flujo en línea principal FIT-105. 2. Existen indicadores de presión locales PI-100B, PI-101A, PI-101B, PI-101C y PI-106.	1 y 2 El operador deberá llevar un registro de la operación de cada compresor por separado y anotar las variaciones detectadas en cada equipo. Se recomienda adicionar una alarma por baja presión en la línea de gas a la turbina y otra en la línea de gas a instrumentos
No Flujo.	1 Válvula de corte SDV-100 cerrada. 2. Válvula de seccionamiento de 3” cerrada. 3 Ruptura de la línea.	1 2 y 3 Paro de la turbina del compresor y corte de gas a instrumentos. 3. Fuga de gas a la atmósfera y posible formación de nube explosiva.	1 Existe alarma por muy baja presión en línea de succión al compresor. Existe indicador-transmisor de flujo en línea principal FIT-105. 2 y 3. Existen indicadores de presión locales PI-100B, PI-101A, PI-101B, PI-101C y PI-106.	1 y 2 El operador deberá llevar un registro de la operación de cada compresor por separado y anotar las variaciones detectadas en cada equipo. 3. Se recomienda instalar detectores de mezcla explosiva, y flama en áreas estratégicas adjuntas al compresor.
Mayor Presión.	1 Incremento de presión en la corriente de gas a succión del compresor. 2 Apertura del sistema de recirculación (Antisurge) del compresor. 3 Cierre de válvula de control PCV-101A/B o alguna válvula corriente abajo de la derivación de 3”.	1 y 2 Se presuriza el filtro de separación V-100 . El flujo entra con más presión en la derivación de gas a las turbinas, las válvulas PCV-101A/B, actúan para absorber la variación. 3. Se incrementa la presión en la derivación por el taponamiento de la línea.	1 y 2 Existe la Alarma por muy alta presión (PAHH-100). Válvula de seguridad PSV 100 en la línea de estabilización del sistema, que deberá relevar al existir una contrapresión. Existen las válvulas de regulación de presión PCV-101A/B que tenderán a absorber el incremento de presión. 3. Existen indicadores de presión locales PI-100B, PI-101A, PI-101B, PI-101C y PI-106.	1 2 y 3 El operador deberá llevar un registro de la operación de cada instrumento y anotar las variaciones detectadas en cada equipo. Se recomienda adicionar una alarma por baja presión en la línea de gas a la turbina y otra en la línea de gas a instrumentos

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</p>	<p><b>HOJAS DE TRABAJO</b>  <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b>  <b>“HAZOP”</b></p> <p><b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b></p>	 <p>UNAM FES ZARAGOZA</p>
HT-V.8		HOJA: 14 DE 29

(CONTINUACIÓN)



**SECCIÓN:** SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE (NODO 1).

DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Menor Presión.	1 Disminución de la presión de recibo de gas. 2 Ruptura de la línea.	1 y 2 El sistema de regulación de presión intentará absorber la disminución, pero si la disminución es considerable se puede llegar al paro de la turbina y al corte de gas para instrumentos 2. Existe fuga hacia el medio circundante. (generación de nube explosiva)	1 Existe alarma por muy baja presión en línea de succión al compresor. Existe indicador-transmisor de flujo en línea principal FIT-105. 2. Existen indicadores de presión locales PI-100B, PI-101A, PI-101B, PI-101C y PI-106.	1 y 2 El operador deberá llevar un registro de la operación de cada compresor por separado y anotar las variaciones detectadas en cada equipo. Se recomienda adicionar una alarma por baja presión en la línea de gas a la turbina y otra en la línea de gas a instrumentos Se recomienda instalar detectores de mezcla explosiva, y flama en áreas estratégicas adjuntas al compresor.
No Presión.	Análisis similar a No Flujo en nodo 1			

 HT-V.9	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 15 DE 29
---	--	---



**SECCIÓN:** SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE (NODO 2).

NODO DE REFERENCIA: 2	DOCUMENTO DE REFERENCIA	REVISIÓN: 0		
TÍTULO DEL DOCUMENTO:	DTI COMPRESOR DE GAS “ GB-01 ”	DIB. No. FES-1022		
CONCEPTO: VÁLVULAS REDUCTORAS DE PRESION PCV-101A/B.				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	1 Mismo análisis que mayor flujo en el nodo 1.			
Menor Flujo.	1 La válvula de corte de 3”, está parcialmente cerrada.	1 La válvula tiende a modificar su apertura para absorber la variación y retomar el control del sistema.	1 Existen los indicadores de presión PI-101A y B.	1 Se recomienda instalar una alarma por baja presión a la descarga de las PCV-101A/B.
No Flujo.	1 Mismo análisis que no flujo en el nodo 1			
Mayor Presión.	Mismo análisis que mayor presión en nodo 1			
Menor Presión.	Mismo análisis que menor presión en nodo 1			
No Presión.	Mismo análisis que No presión en nodo 1			

 HT-V.10	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 16 DE 29
--	--	---

**SECCIÓN:** SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE (NODO 3).



NODO DE REFERENCIA: 3		DOCUMENTO DE REFERENCIA		REVISIÓN: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO:		DTI COMPRESOR DE GAS “GB- 01”		DIB. No. FES-1022
CONCEPTO: FILTRO SEPARADOR DE GAS COMBUSTIBLE (FA-101).				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	1 Mayor apertura de alguna de las válvulas de control PCV-101A/B. 2. Fuga de gas en algún punto a la descarga de las PCV-101A/B.	1 Incremento del flujo/presión de entrada a la turbina.  La válvula de control PCV-101C tenderá a absorber el incremento y regular la corriente hacia los instrumentos del módulo. 2. Posible generación de nube explosiva.	1 Se cuenta con indicadores de presión locales PI-101A, B y C. Válvula de seguridad PSV-101.	1 Inspección rutinaria de condiciones de operación por parte del operador, en caso de detectar alguna anomalía, reportar para mantenimiento. Se recomienda instalar detectores de mezcla explosiva, y flama en áreas estratégicas adjuntas al compresor.
Menor Flujo.	1 Falla de válvulas de control de presión PCV-101A/B en posición cerrada. 2 Válvula de bloqueo de 3” a la descarga del filtro F-101 parcialmente cerrada.	1 y 2 Si la disminución es considerable se puede llegar al paro de la turbina y al corte de gas para instrumentos	1 y 2. Existen indicadores de presión locales PI-100B, PI-101A, PI-101B, PI-101C y PI-106.	1 y 2 El operador deberá llevar un registro de la operación de cada compresor y anotar las variaciones detectadas en cada equipo. Se recomienda adicionar una alarma por baja presión en la línea de gas a la turbina y otra en la línea de gas a instrumentos
No Flujo.	Mismo análisis que no flujo en el nodo 1			
Mayor Presión.	1 Falla de válvulas reguladoras de presión PCV-101A/B en posición abierta 2. Cierre de válvula de 3” a la descarga de filtro F-101.	1 Incremento de presión de suministro a la turbina La válvula de control PCV-101C tiende a absorber la variación de presión hacia los instrumentos 2. Paro de la turbina del compresor por falta de gas y las válvulas asumen su posición a falla de gas de instrumentos.	1 y 2. Existen indicadores de presión locales PI-100B, PI-101A, PI-101B, PI-101C y PI-106. Válvula de seguridad PSV-101	1 y 2 El operador deberá llevar registro de la operación y anotar las variaciones detectadas en la instrumentación. Se recomienda adicionar una alarma por alta presión en la línea de gas a la turbina y otra en la línea de gas a instrumentos
Menor Presión.	1 Falla de válvulas reguladoras de presión PCV-101A/B en posición cerrada 2 Ruptura de la línea.	1 y 2 Si la disminución es considerable se puede llegar al paro de la turbina y al corte de gas para instrumentos 2. Posible generación de nube explosiva.	1 y 2. Existen indicadores de presión locales PI-100B, PI-101A, PI-101B, PI-101C y PI-106.	1 y 2 Inspección rutinaria de condiciones de operación por parte del operador, en caso de detectar alguna anomalía, reportar para mantenimiento. 1. Se recomienda adicionar una alarma por alta presión en la línea de gas a la turbina y otra en la línea de gas a instrumentos 2. Se recomienda instalar detectores de mezcla explosiva, y flama en áreas estratégicas adjuntas al compresor.

 HT-V.10	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 17 DE 29
--	--	---

(CONTINUACIÓN)



**SECCIÓN:** SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE (NODO 3).

DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
No Presión.	Mismo análisis que No presión en nodo 1			
Mayor Nivel.	1 Ingresa una mayor cantidad de condensables hacia el filtro F-101.	1 Incremento en el nivel del filtro F-101. Posible arrastre de condensables hacia la turbina. Al existir un mayor nivel, el controlador indicador de nivel (LIC 101) manda la señal hacia una válvula solenoide de tres vías (LV 101), la cual abrirá la válvula de nivel (LV 101A), y mandará el condensado hacia un cabezal que manda los condensados al quemador.	1 Existe: * Vidrios de nivel. * Interruptor para alarma por muy alto nivel. *transmisor-indicador de nivel. * Controlador indicador de nivel, con alarmas por bajo y alto nivel. * Válvulas de control de nivel.	1 Inspección rutinaria de condiciones de operación por parte del operador. Debe existir más comunicación entre el operador de la estación y el operador de la estación de envío en el sentido de informar cuando se detecten mayor cantidad de condensables.
Menor Nivel.	Situación favorable (no se analiza)			
No Nivel.	1. Situación favorable por no haber condensables 2. Válvula de control de nivel (LV-101A) abierta	2. Fuga de gas combustible hacia el quemador. Disminución de presión hacia la turbina y hacia la red de gas de instrumentos.	2.Existen indicadores de nivel, alarmas por bajo y alto nivel, indicadores de presión locales PI-100B, PI-101A, PI-101B, PI-101C y PI-106.	2.Inspección rutinaria de condiciones de operación por parte del operador, en caso de detectar alguna anomalía, reportar para mantenimiento. Se recomienda adicionar una alarma por baja presión en la línea de gas a la turbina y otra en la línea de gas a instrumentos

 HT-V.11	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 18 DE 29
--	--	---

**SECCIÓN:** SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE (NODO 4).



NODO DE REFERENCIA: 4		DOCUMENTO DE REFERENCIA		REVISIÓN: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO:		DTI COMPRESOR DE GAS “GB-01 “		DIB. No. FES-1022
CONCEPTO: VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN (PCV 101C).				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	1 Mayor apertura de la válvula de control PCV-101C. 2. Fuga de gas en algún punto a la descarga de la PCV-101C.	1 Incremento del flujo/presión en la entrada de la red de instrumentos. 2. Posible generación de nube explosiva.	1 Se cuenta con indicadores de presión local PI-101C y PI-106. Válvula de seguridad PSV-106.	1 Inspección rutinaria de condiciones de operación por parte del operador, en caso de detectar alguna anomalía, reportar para mantenimiento. Se recomienda instalar detectores de mezcla explosiva, y flama en áreas estratégicas adjuntas al compresor.
Menor Flujo.	1 Falla de válvula de control de presión PCV-101C en posición cerrada. 2 Válvula de bloqueo de 1/2” hacia instrumentos cerrada.	1 y 2 Si la disminución es considerable se puede llegar a la falla de suministro de gas para instrumentos	1 y 2. Existen indicadores de presión locales PI-101C y PI-106.	1 y 2 El operador deberá llevar un registro de la operación y anotar las variaciones detectadas en cada equipo. Se recomienda adicionar una alarma por baja presión en la línea de gas a instrumentos.
No Flujo.	Mismo análisis que no flujo en el nodo 1			
Mayor Presión.	1 Falla en válvulas reguladoras de presión PCV-101A/B.	Incremento de presión en red de instrumentos, posible desajuste de los mismos.	1. Existen indicadores de presión locales PI-101C y PI-106.	Se recomienda adicionar una alarma por baja presión en la línea de gas a instrumentos.
Menor Presión.	1 Cierre parcial en alguna válvula de bloqueo ubicada en la succión de la PCV-101C.	1. La PCV 101C tiende a absorber la variación de presión, pero si no es suficiente habrá descontrol en los instrumentos del sistema.	1. Existen indicadores de presión locales PI-101C y PI-106.	Se recomienda adicionar una alarma por baja presión en la línea de gas a instrumentos
No Presión.	1. Cierre total de alguna válvula de bloqueo ubicada a la succión de la PCV-101C 2 Ruptura de la línea.	1 La válvula reguladora de presión se abre en su totalidad, para tratar de nivelar la presión. Descontrol de los instrumentos y paro del módulo de compresión. Fuga del fluido y generación de nube explosiva.	1 y 2 Existen indicadores de presión locales PI-101C y PI-106.	1. Se recomienda adicionar una alarma por baja presión en la línea de gas a instrumentos 2 Se recomienda instalar detectores de mezcla explosiva, y flama en áreas estratégicas adjuntas al compresor.

 HT-V.12	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 19 DE 29
--	--	---

**SECCIÓN:** SISTEMA DE DISTRIBUCION DE GAS COMBUSTIBLE.

NODO DE REFERENCIA: 1      DOCUMENTO DE REFERENCIA.      REVISIÓN: 0 TÍTULO DEL DOCUMENTO: DTI “SERVICIOS AUXILIARES ACONDICIONAMIENTO Y DISTRIBUCION DE GAS COMBUSTIBLE”. DIB. No. FES-1032				
CONCEPTO: VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN QUE ALIMENTA AL ACTUADOR (SDV 13)				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Presión.	1 Incremento de presión de la corriente de gas del cabezal de alimentación que viene de Sta. Ana.	1 La válvula reguladora de presión que trabaja sobre el actuador de la SDV 13, ajusta dicha presión hasta que el actuador ajuste la presión deseada. La PCV tiende a ir cerrando conforme se ajuste la presión.	1 Existe luz indicadora sobre la posición (abierta o cerrada) en la que se encuentra la válvula de seccionamiento.	1 Se recomienda colocar una alarma por alta presión en la línea de alimentación de gas combustible al actuador de las válvulas principales de la estación. Se recomienda incluir volante a las válvulas de seccionamiento que cuentan con accionador de pistón, en caso de falla del gas de instrumentos.
Menor Presión.	1 Disminución de presión de la corriente de gas del cabezal de alimentación proveniente de Sta. Ana.	1 La válvula reguladora de presión que trabaja sobre el actuador de la SDV 13, ajusta dicha presión hasta que el actuador deje pasar el fluido con la presión deseada. La PCV tiende a ir abriendo conforme se ajuste la presión.	1 Existe luz indicadora sobre la posición (abierta o cerrada) en la que se encuentra la válvula de seccionamiento.	1 Se recomienda colocar una alarma por baja presión en la línea de alimentación de gas combustible al actuador de las válvulas principales de la estación Se recomienda incluir volante a las válvulas de seccionamiento que cuentan con accionador de pistón, en caso de falla del gas de instrumentos.
No Presión.	1 Ruptura de la línea de ½” que alimenta la PCV.	1 La PCV se abre en su totalidad para tratar de ajustar la presión.	1 Existe luz indicadora sobre la posición (abierta o cerrada) en la que se encuentra la válvula de seccionamiento.	1 Se recomienda colocar alarmas por alta y baja presión en la línea de alimentación de gas combustible al actuador de las válvulas principales de la estación. Se recomienda incluir volante a las válvulas de seccionamiento que cuentan con accionador de pistón, en caso de falla del gas de instrumentos.





 HT-V.13	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 20 DE 29
--	--	---

**SECCIÓN:** SISTEMA DE DRENAJES (NODO 1).



NODO DE REFERENCIA: 1		DOCUMENTO DE REFERENCIA		REVISIÓN: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO:		DTI SERVICIOS AUXILIARES DRENAJES ABIERTOS		DIB. No. FES-1034
CONCEPTO: AREA DE DERRAMES ADJUNTA AL COMPRESOR				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	1. Lluvia. 2. Drene del tanque de aceite de lubricación.	1 y 2. Incremento del nivel del FE-01	1 y 2. Existen los siguientes dispositivos: * transmisor-indicador de nivel * existen alarmas por alto y bajo nivel bomba GA-08	1 y 2. En caso de incremento de nivel se acciona la alarma por alto nivel, avisa al operador y este aplica acciones correctivas. Se recomienda instalar un indicador de nivel en cuarto de control.
Menor Flujo. No Flujo.	Son situaciones favorables por lo cual no se analizaron.			
Mayor Nivel.	1. Lluvia. 2. Taponamiento de la línea de drenaje hacia FE-01.	1 y 2. Rebosamiento de la rejilla. Contaminación del área circundante.	1 y 2. No se identificó protección alguna.	1 y 2. El operador del área debe realizar inspecciones rutinarias para detectar la acumulación de desechos sólidos que puedan obstruir el drenaje de la rejilla y retirarlos o reportarlo para su limpieza.
Menor Nivel y No Nivel.	Resulta favorable por lo cual no se analizó.			



 HT-V.14	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 21 DE 29
--	--	---



**SECCIÓN: SISTEMA DE DRENAJES (NODO 2).**

NODO DE REFERENCIA: 2		DOCUMENTO DE REFERENCIA		REVISION: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO: DTI SERVICIOS AUXILIARES DRENAJES ABIERTOS				DIB. No. FES-1034
CONCEPTO: FOSA DE DRENAJE ACEITOSO FE-01				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	1 Lluvia. 2 Descarga en exceso de los fluidos del compresor.	1 y 2. Incremento en el nivel de la fosa.	1 y 2. Existen los siguientes dispositivos: * transmisor-indicador de nivel * existen alarmas por alto y bajo nivel *. Existe la bomba GA-08	1 y 2. En caso de incremento de nivel se acciona la alarma por alto nivel, avisa al operador y este aplica acciones correctivas. Se recomienda instalar un indicador de nivel en cuarto de control.
Menor Flujo y No Flujo.	Resulta favorable por lo cual no se analizó.			
Mayor Nivel.	1 Lluvia. 2 Descarga en exceso de los fluidos del compresor.	1 y 2. Incremento del nivel del FE-01 y dependiendo del incremento puede rebosar y derramar en el área de la fosa.	1 y 2. Existen los siguientes dispositivos: * Transmisor-indicador de nivel. * Alarma por alto nivel. *. Bomba GA-08	1 y 2. Cuando se alcanza el alto nivel se acciona la alarma que avisa al operador. Se pone en funcionamiento la bomba GA-08. Se recomienda instalar un indicador de nivel en cuarto de control, Y contar con bomba portátil en caso de emergencia.
Menor Nivel y No nivel.	Situación favorable no se analizó.			

 HT-V.15	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 22 DE 29
--	--	---



**SECCIÓN: SISTEMA DE DRENAJES (NODO 3).**

NODO DE REFERENCIA: 3		DOCUMENTO DE REFERENCIA		REVISIÓN: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO:		DTI SERVICIOS AUXILIARES DRENAJES ABIERTOS		DIB. No. FES-1034
CONCEPTO: BOMBA DE DRENAJE GA-08				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	1. Posible fuga en línea de descarga.	1. Pérdida de producto. Contaminación del área cercana a la fuga.	1. Indicador de presión en la descarga de la bomba. Indicación de nivel local Alarma por alto y bajo nivel de la fosa.	1. Al momento de operar la bomba de drenajes, el operador debe revisar las conexiones, estado de válvulas y efectuar el recorrido de la línea hasta el auto-tanque o tambores en los que se descargará el producto, para detectar posibles anomalías o fugas.
Menor Flujo.	1. Obstrucción de filtros a la succión de las bombas. 2. Fuga en la succión. 3. Desgaste del impulsor.	1 y 2. Posible cavitación de la bomba. Posibles daños a la bomba Contaminación del área circundante. 3. Menor flujo de descarga de la bomba.	1 2 y 3. Indicación de nivel local. Alarma por alto y bajo nivel. Indicación de presión a la descarga.	1. Con el monitoreo constante del operador se analiza la causa y se efectúa la limpieza en el filtro. 2. Identificar el punto de fuga y efectuar la reparación. 3. Efectuar cambio de bomba y aplicar mantenimiento. Se recomienda instalar un manómetro a la succión de la bomba.
No Flujo.	1. Válvulas de bloqueo a la succión. 2. Taponamiento de filtro de succión. 3. Falla del motor.	1 y 2. Incremento de nivel en el FE-01. Posible cavitación de la bomba. Posible daño de la bomba. 3. Alto nivel de líquidos en la fosa. Actúa la alarma por alto nivel.	1, 2, y 3. Existen los siguientes dispositivos: * Indicación de Nivel. * Alarma por alto nivel. * Indicación de presión a la descarga de la bomba	1 2 y 3. Analizar cual es la causa del no flujo en la bomba y en caso necesario, cambiar la bomba, efectuar limpieza de filtro o apertura de válvula bloqueada. Se recomienda instalar un manómetro a la succión de la bomba.
Mayor Presión.	1. Válvula cerrada a la descarga de la bomba.	1. Represionamiento en la descarga de la bomba y posible daño del motor. Disminución del flujo manejado por la bomba.	1. Existe alarma por alto nivel en el FE-01. Existe indicación de presión a la descarga.	1. Al momento de operar la bomba de drenajes, el operador debe revisar las conexiones, estado de válvulas y efectuar el recorrido de la línea hasta el auto-tanque o tambores en los que se descargará el producto, para detectar posibles anomalías. Dependiendo de la potencia del motor, se recomienda que cuente con protección por sobrecarga.
Menor Presión.	1. Igual que mayor flujo en el nodo 3 2. Desgaste de impulsor igual que menor flujo en nodo 3			
No Presión.	1. Bombas fuera de operación 2. Rotura de línea	1. Incremento de nivel en el tanque. 2. Contaminación del área circundante.	1. Existen los siguientes dispositivos: * Indicación de nivel. * Alarma por alto nivel. 2. Interruptor de alarma por bajo nivel.	1. El operador cambia la bomba y la arranca manualmente. 2. Por parte de operación, realizaría el cambio de la bomba y por parte de seguridad, actuaría la brigada de contraincendio y dispersaría la mancha de aceite.

 HT-V.16	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 23 DE 29
--	--	---

**SECCIÓN: SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO (NODO 1).**



NODO DE REFERENCIA: 1		DOCUMENTO DE REFERENCIA		REVISIÓN: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO:		D.T.I. DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO		DIB. No. FES-1035
CONCEPTO: BOMBAS JOCKEY CLAVES: GA-03 / GA-06				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo Descarga de la bomba.	1. Ruptura de Línea 2. Apertura de algún monitor (situación normal de operación, por tanto no se analiza)	1. Pérdida de presión en la red de contraincendio.	1. Existen PSL-2000 y 2001, Arrancan automáticamente las bombas jockey. También existen los PSL-2002 y 2003, arrancan automáticamente las bombas principales en caso de que siga disminuyendo la presión (por ruptura de la línea).	1. Monitoreo constante de la red de C.I. por parte del operador de contraincendio, para identificar posibles fugas para su inmediata reparación. En caso de arranques y paros repentinos del equipo de bombeo se deberán revisar los ajustes de los PSL del sistema.
Menor flujo.	1.-Válvula de seccionamiento o parcialmente cerrada a la succión de la bomba jockey. 2. Obstrucción en la succión de la bomba jockey. 3. Baja eficiencia de la bomba jockey. 4. Bajo nivel de agua en tanque de almacenamiento.	1 y 2. Posible calentamiento del equipo motor-bomba La bomba jockey puede mantenerse permanentemente encendida. Posibles arranques frecuentes de la bomba principal. 3. Es consecuencia de la vida útil del equipo, en un determinado momento será una situación normal. 4.-El tanque no cuenta con agua suficiente para abastecer a las bombas.	1, 2, y 3, Existen los siguientes dispositivos: * Indicadores de presión locales a la succión y descarga de cada bomba. * Interruptores por alta y baja presión a la descarga de las bombas, para arranque y paro de las mismas. 4.- Existe Indicación de nivel local en tanque. Existe alarma por bajo nivel. Existe Alimentación secundaria al tanque (toma siamesa).	1. El operador deberá inspeccionar periódicamente el estado de la red y verificar la posición de las válvulas de seccionamiento y en caso de alguna anomalía deberá reportarla documentando el hecho. 2.-Se deberá aplicar el mantenimiento adecuado para retirar los residuos que están obstruyendo el flujo en el interior de la bomba. 3. El operador arranca la bomba de relevo y reporta el equipo a mantenimiento. 4.- Revisar periódicamente el nivel del tanque y en caso de alguna anomalía corregir esta inmediatamente.
No flujo.	1. Válvula de seccionamiento o cerrada a la descarga. 2. Obstrucción completa en la succión 3.-Falla del sistema de control de bombas jockey y principales. 4.- Tanque sin agua	1. Represionamiento de la bomba. Calentamiento del motor. 2 y 4 Cavitación en la bomba. Calentamiento del motor, posible daño de la bomba. 3. No arranca la bomba jockey y en caso de bajar más la presión, arranca la bomba jockey de relevo.	1 y 2. Existen los siguientes dispositivos: Válvula de seguridad, Indicador de presión a la descarga, Interruptor por baja y alta presión para arrancar y parar la bomba. En caso de bajar más la presión, arranca la bomba jockey de relevo o en su defecto las principales 3. Existen indicadores de presión a la succión y descarga de cada bomba. 4. Existe indicación de nivel en el tanque, así como alarma por bajo nivel.	1. Incluir dentro de las actividades del personal de C.I., la inspección de los equipos y la red de C.I. 2. Verificar si existen protecciones térmicas en los motores de las bombas, en caso contrario, solicitar su inclusión. 3. Deberá solicitarse que el sistema de control cuente con autodiagnóstico para identificar fallas en el sistema. 4. Verificar periódicamente el estado de la fuente de alimentación primaria de agua

 HT-V.16	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 24 DE 29
--	--	---

(CONTINUACIÓN)



**SECCIÓN:** SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO (NODO 1).

DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Flujo Inverso.	1. Falla de válvula de retención check.	1 Desfogue de la válvula de seguridad. La bomba principal permanecerá trabajando en forma constante hasta alcanzar el punto de ajuste de 130 psig y se detendrá.	1. Indicación de presión Existen Interruptores por alta presión a la descarga de cada bomba.	1. Realizar el monitoreo del comportamiento de las bombas principales y hacer inspecciones a la red de C.I.
Mayor Presión.	1. Válvula de descarga cerrada 2. Falla de la válvula de retención.	1 y 2. Existe la posibilidad de que el conjunto motor-bomba jockey sufra calentamiento y daño en sus internos. La bomba jockey no aporta presión a la red y en caso de seguir disminuyendo la presión de la red arranca la bomba jockey de relevo.	1 y 2 Existe válvula de seguridad a la descarga de cada bomba jockey. Existe bomba jockey de relevo.	1 y 2. Se detectaron interruptores por alta y baja presión (paro y arranque de bomba jockey) ubicados a la descarga de la válvula de bloqueo correspondiente a la descarga de la bomba jockey. Se recomienda que se reubiquen los interruptores entre la bomba y la válvula de bloqueo para sensar la presión de descarga de la misma. Realizar el monitoreo del comportamiento de las bombas jockey y principales, en caso de detectar arranques sucesivos y aplicar el programa de mantenimiento a la red.
Menor Presión.	1.- Posible fuga en línea de descarga. 2. Posible fuga en succión de la bomba. 3.- Obstrucción de succión de bomba. 4.- Baja eficiencia de la bomba	1 y 2. Derrame de agua 2 y 3. Cavitación de la bomba, Daños al motor. Posible calentamiento del equipo motor-bomba. 4. La bomba tarda más tiempo en restablecer la presión de la red.	1, 2 y 3. Existen indicadores de presión locales a la succión y descarga de las bombas. Existen interruptores por alta y baja presión a la descarga de las bombas. Existe indicación de nivel en el tanque, así como alarma por bajo nivel. 4. No se detectó alguna protección.	1, 2 y 3. El operador deberá inspeccionar periódicamente la bomba y en caso de alguna anomalía deberá reportarla documentando el hecho para su pronta corrección. El operador arranca la bomba de relevo y reporta el equipo a mantenimiento. 3. Se deberá aplicar el mantenimiento adecuado para retirar los residuos que están obstruyendo el flujo en la succión de la bomba. 4. Se debe llevar un registro de los arranques periódicos de las bombas jockey y efectuar la revisión de la red para detectar posibles fugas y programar su reparación.

 HT-V.17	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 25 DE 29
--	--	---

**SECCIÓN:** SISTEMA DE AGUA CONTRAINCENDIO (NODO 2).



NODO DE REFERENCIA: 2		DOCUMENTO DE REFERENCIA		REVISIÓN: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO:		D.T.I. DEL SISTEMA CONTRAINCENDIO		DIB. No. FES-1035
CONCEPTO: BOMBAS PRINCIPALES CLAVES: GA-01 / GA-02				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	1. Ruptura de Línea 2. Abre algún monitor (situación normal de operación, por tanto no se analiza)	1. Pérdida de presión en la red de contraincendio.	1. Arranca automáticamente la bomba principal de relevo en caso de que no se restablezca la presión de paro de 130 psig.	1. Monitoreo constante de la red de C.I. por parte del operador de contraincendio, para identificar posibles fugas para su inmediata corrección. Adicionalmente arranca la bomba principal de relevo. Ingeniería deberá revisar el monitoreo de paro y arranque dentro del sistema de control.
Menor Flujo.	Mismo análisis realizado para las bombas jockey			
No Flujo.	Idem al anterior			
Flujo Inverso.	Idem al anterior			
Mayor Presión.	Idem al anterior			
Menor Presión.	Idem al anterior			

 HT-V.18	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 26 DE 29
--	--	---

**SECCIÓN:** SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO (NODO 3).



NODO DE REFERENCIA: 3		DOCUMENTO DE REFERENCIA		REVISIÓN: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO:		D.T.I. DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO		DIB. No. FES-1035
CONCEPTO: TANQUE PARA AGUA CONTRA-INCENDIO (ATMOSFÉRICO) CLAVE: FB-01				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Nivel.	1.-Falla en el sistema de control de la línea de alimentación al tanque.	1. Derrame o rebosamiento de agua.	1.-Existe indicador local de nivel del tanque FB-01.	1. Se recomienda la instalación de una alarma por alto nivel y sustituir el indicador local de nivel por un transmisor-indicador de nivel que envíe señal al cuarto de control (con la posibilidad de configurar alarmas por alto y bajo nivel) Efectuar inspección periódica del sistema de control de la línea de alimentación al tanque de A.C.I.
Menor Nivel.	1. Falla en la fuente de alimentación primaria. 2. Fugas en el fondo del Tanque.	1.y 2- No se tendrá la capacidad suficiente de agua para combatir un conato en caso de presentarse. 2.- Desperdicio de agua y posible saturación del terreno.	1 y 2,- Existe toma siamesa para alimentación secundaria. Existe alarma por bajo nivel. Existe indicador local de nivel en el tanque.	1.-inspeccionar periódicamente y dar mantenimiento al equipo de la fuente de alimentación primaria. Mantener planes de emergencia con las autoridades locales para ayuda externa. Vigilar que se cumpla el programa de mantenimiento periódico de la instrumentación: interruptores y alarmas. Se recomienda sustituir el (LI) local de nivel por un (LIT) que envíe señal al cuarto de control (con la posibilidad de configurar alarmas por alto y bajo nivel) 2.-Aprovechar los paros programados para efectuar inspecciones en la base del tanque para detectar posibles fugas y si estas se detectan cambiar las placas afectadas



 HT-V.19	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 27 DE 29
--	--	---

**SECCIÓN:** SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO (NODO 4).

NODO DE REFERENCIA: 4		DOCUMENTO DE REFERENCIA		REVISIÓN: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO:		D.T.I. DE LA RED DE AGUA CONTRA INCENDIO		DIB. No. FES-1036
CONCEPTO: ANILLO DE LA RED CONTRA INCENDIO CORRESPONDIENTE A LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN.				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Mayor Flujo.	1. Ruptura de Línea 2. Monitor Abierto (situación normal de operación, por tanto no se analiza)	1. Pérdida de presión en la red de contraincendio. Derrame de agua.	1.-Arranca automáticamente la bomba principal. Adicionalmente arranca la bomba de relevo al detectar disminución de presión a 35 psig. Existen válvulas de seccionamiento para aislar la sección dañada y seguir utilizando el resto de la red.	1. Monitoreo constante de la red de C.I. por parte del operador de contraincendio, para identificar posibles fugas para su inmediata corrección. Ingeniería deberá revisar el monitoreo de paro y arranque dentro del sistema de control.
Menor flujo.	1. Obstrucción en la succión de la bomba. 2. Cierre parcial de válvulas de seccionamiento a la descarga de bomba. 3. Válvula de recirculación abierta 4. Baja eficiencia de la bomba	1.Cavitación, calentamiento de la bomba, posibles daños al motor. 2. Represionamiento de la descarga de la bomba, calentamiento del motor y posible daño del motor. 3. Pérdida de presión y menor flujo. Arranques continuos de la bomba jockey y/o principal. 4. Desgaste natural de la operación de la bomba (No se analiza)	1, 2 y 3. Existen bombas de relevo, tanto jockey como principales. Existe indicación de presión local en la succión y descarga de bombas. 2. Existen válvulas de seguridad a la descarga de las bombas. 3. Existe una placa de orificio entre la válvula de recirculación y el tanque de almto.	1 2 y 3. El operador debe realizar un monitoreo constante de los arranques y paros que ejecuta el sistema, adicionalmente debe realizar recorridos periódicos para identificar el estado de las válvulas de seccionamiento de la red.
No flujo.	1.-Falla del arreglo motor-bomba 2.-VÁLVULA de seccionamiento cerrada a la descarga. 3.-Falla del tablero de control de las bombas	1, 3.- No arranca la bomba jockey. 2.-Represionamiento de la bomba Calentamiento del motor	1, 3. Arranque de bomba jockey de relevo y/o principales. 2.- Existen los siguientes dispositivos: *. Válvulas de seguridad a la descarga de bombas *.Indicación de presión a la succión y descarga de bombas *.Interruptor por baja y alta presión para parar y arrancar cada bomba.	1. En caso de detectarse alguna falla de la bomba jockey, inspeccionar causas y aplicar las acciones correctivas conducentes.
Mayor Presión.	1. Falla del sistema de paro de bombas principales (PSH).	1. Represionamiento en el cabezal y posible daño al sistema.	1. Existencia de válvula de seguridad. Existe indicación de presión local a la descarga de cada bomba.	1.-Se recomienda instalar en algún punto de la red un transmisor-indicador de presión con señal en cuarto de control para indicación de presión, con alarmas configuradas por alta y baja presión.



 HT-V.19	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 28 DE 29
--	--	---

(CONTINUACIÓN)

**SECCIÓN: SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO (NODO 4).**

DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Menor presión.	1. Obstrucción en la succión. 2. Válvula de recirculación abierta. 3. Monitores con fugas considerables en el sistema 4. Baja eficiencia de la bomba.	1. Cavitación, calentamiento de la bomba, posibles daños al motor. 2 y 3. Operación constante de la bomba por la pérdida de presión y menor flujo. Desperdicio de agua, y desperdicio de energía 4. Desgaste natural de la operación de la bomba (No se analiza)	1, 2 y 3. Existe bomba de relevo. Existe indicación de presión local en la descarga de cada bomba.	1 2 y 3. El operador debe realizar un monitoreo constante de los arranques y paros que ejecuta el sistema, adicionalmente debe realizar recorridos periódicos para identificar el estado de las válvulas de seccionamiento de la red. Se recomienda instalar en algún punto de la red un transmisor-indicador de presión con señal en cuarto de control para indicación de presión, con alarmas configuradas por alta y baja presión. Se recomienda llevar un registro del mantenimiento preventivo, correctivo y tiempo en operación de cada bomba.
No presión.	No aplica.			





 HT-V.20	<b>HOJAS DE TRABAJO</b> <b>ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD EN PROCESOS</b> <b>“HAZOP”</b>  <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 29 DE 29
--	--	---

**SECCIÓN:** SISTEMA DE AIRE DE PLANTA E INSTRUMENTOS.

NODO DE REFERENCIA: 1		DOCUMENTO DE REFERENCIA.		REVISION: 0
TÍTULO DEL DOCUMENTO: DTI. SIST. DE GENERACIÓN Y DISTRIB. DE AIRE DE INSTRUMENTOS Y PLANTA.				DIB. No. FES-1031
CONCEPTO: SUMINISTRO DE AIRE DE INSTRUMENTOS AL MÓDULO DE COMPRESIÓN (GB-01)				
DESVIACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	PRECAUCIONES	ACCIÓN
Menor Presión (En la red de distribución de aire de instrumentos.)	1. Rompimiento de tubería (fuga)  2. Falla del compresor de aire de instrumentos GB-05A  3. Taponamiento de filtros  4. Taponamiento en la unidad de secado de aire de instrumentos	1, 2, 3 y 4 Disminución de Presión de la red.  Inestabilidad de los instrumentos de los Módulos de Compresión.  Posible paro de los equipos del Módulo de Compresión.  3 y 4. Sobrepresión en tuberías antes de los filtros).	1, 2, 3 y 4. Se cuenta con indicación de presión en tanque acumulador de aire, en succión de filtro de pre-secado, a la descarga del filtro de postsecado  Se cuenta con indicación de presión diferencial en filtros y en paquete de secado. Se cuenta con Alarma por Baja Presión en tanque acumulador. Se cuenta con el indicador de presión PI-490, que tiene configurada una alarma por baja presión en sistema digital. Adicionalmente el compresor GB-05B (Aire de planta), se puede emplear como relevo del sistema de aire de instrumentos.  4. Se cuenta con interruptor por alta y baja presión diferencial que efectúa el cambio de secador saturado por secador regenerado.	1 y 2. El operador deberá realizar monitoreo y registro constante del comportamiento del sistema, así como registro de las horas de trabajo de cada compresor. En caso de detectar cualquier anomalía deberá analizar qué ocurre en el sistema y programar para mantenimiento al equipo que lo requiera.  3 y 4. Se deberá monitorear la indicación de presión diferencial de filtros y secadores y en caso necesario, programar para mantenimiento. Se recomienda dejar las conexiones a manera de previsión para emplear gas natural hacia los instrumentos en caso de falla de ambos paquetes de compresión de aire GB-05/B.
Mayor Presión (En la red de distribución de aire de instrumentos.)	1. Descontrol de la presión de descarga del compresor.	1. Posible desajuste en la calibración de los dispositivos de medición e instrumentos de control.	1. Se cuenta con Alarma por Alta Presión en tanque acumulador. Existen válvulas de seguridad que relevan a la atmósfera en la descarga de cada compresor, en tanque acumulador, y en cada uno de los secadores del paquete PA-01	El operador deberá realizar monitoreo y registro constante del comportamiento del sistema, en caso de detectar cualquier anomalía deberá analizar qué ocurre en el sistema y programar para mantenimiento al equipo que lo requiera.
No presión.	Análisis similar a menor presión.			

Una vez analizados todos los parámetros anteriores, los resultados del Análisis del Índice Mond para las secciones consideradas, se muestran en las hojas de trabajo (HT-V.21 y HT-V.22) que se muestran a continuación.

 REVISION: 0	<b>HOJA DE TRABAJO PARA EL ÍNDICE MOND</b> <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 1 DE 2
--	--	---

**ANÁLISIS DEL INDICE MOND PARA GAS NATURAL**



COMPLEJO Y/O PLANTA: ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL	UNIDAD Y SECCIÓN:	DEPARTAMENTO:	ELABORÓ: A.M.C	APROBÓ: R.T.M
---	-------------------	---------------	-------------------	------------------

MATERIALES Y PROCESO							
MATERIALES:		GAS NATURAL					
CATALIZADORES:		NO SE UTILIZAN		SOLVENTES: NO SE UTILIZAN			
SUB-PROD./PROD. INTERM.:		NO APLICA		PRODUCTOS: NO APLICA			
REACCIONES:		NO SE GENERAN REACCIONES EN EL PROCESO					
1. FACTOR MATERIAL "B" Determinado por Combustión, Descomposición, Reacción, Presión de Explosión.							
FÓRMULA					B= 20,082		
2. RIESGOS ESPECIALES DEL MATERIAL (M)		Factor	5. RIESGOS POR CANTIDAD (Q)		Factor		
a) Oxidantes (0 a 20)			Volumen (m³)=		32,632		
b) Reacción Peligrosa con Agua (0 a 30)			Densidad= Masa (ton.) K= 0,998				
c) Mezclado y Dispersión (-50 a 60)	m=	-15	Factor por Cantidad Q=		7,1		
d) Sujetos a Calentam. ó Comb. Espontánea (30 a 250)			6. RIESGOS POR DISTRIBUCION (L)				
e) Polimerización Espontánea (25 a 75)			Altura de la Unidad (m)		H= 2,5		
f) Sensibilidad a la Ignición (-75 a 150)		-5	Área Normal de Trabajo (m²)		N= 879,226		
g) Descomposición Explosiva (125)			a) Diseño Estructural (0 a 200)		10		
h) Detonación Gaseosa (150)		0	b) Efecto Dominó (0 a 250)				
i) Fase Condensada (200 a 1500)			c) Áreas Subterráneas (0 a 150)		150		
j) Otros (0 a 150)			d) Drenaje Superficial (0 a 100)				
Suma de Factores REM M=		-20	e) Otros (0 a 250)				
3. RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (P)			Suma de Factores RD L= 160				
a) Manejo y Cambios Físicos (0 a 60)		10	7. RIESGOS POR TOXICIDAD (T)				
b) Reacción Única Continua (25 a 50)			a) TLV (0 A 300)		30		
c) Reacción Única Batch (10 a 60)			b) Forma del Material (25 a 200)		25		
d) Multireacciones (0 a 75)			c) Exposición Corta (100 a 150)		100		
e) Transferencia de Material (0 a 75)			d) Absorción por Piel (0 a 300)		30		
f) Contenedores Portátiles (10 a 100)			e) Factores Físicos (0 a 300)				
Suma de Factores RGP P=		10	Suma de Factores RT T= 185				
4. RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO (S)			8. SUMARIO DE FACTORES				
a) Baja Presión (0 a 100)			B= 20,1	P= 10	t= 298,15	H= 2,5	L= 160
b) Alta Presión (0 a 150)	p=	84,3	M= -20	S= 279,3	K= 1,0	N= 897,2	T= 185
c) Baja Temp.	Ac. al Carbón -10 °C a 0 °C (15)		m= -15	p= 84,3	Q= 7,1		
	Ac. al Carbón <-10 °C (50 a 100)						
	Otros Materiales (0 a 100)						
d) Alta Temp.	Inflamabilidad (0 a 40)		9. CALCULO DE INDICES				
	Materiales de Construcción (0 a 25)		ÍNDICE GENERAL DE RIESGO		D=	104,700	EXTREMO
			D= B(1+(M/100))(1+(P/100))(1+((S+Q+L)/100)+(T/400))				
e) Corrosión y Erosión (0 a 150)			CARGA DE FUEGO		F=	467,5	LIGERO (Duración esp. 0.25-0.5 hr.)
			F=20500 Bk/N btu/FT²				
f) Fugas en Juntas y Empaques (0 a 60)		30	ÍNDICE DE TOXICIDAD		U=	6,833	ALTO
			U= (T/100)(1+((M+P+S)/100))				
g) Vibración (0 a 50)		50	ÍNDICE DE TOXICIDAD MAYOR		C=	48,743	BAJO
			C=QU				
h) Control Difícil de Proceso (20 a 300)			ÍNDICE DE EXPLOSION INTERNA		E=	3,693	MODERADO
			E= 1+((M+P+S)/100)				
i) Operación Rango Inflamable (0 a 150)		75	ÍNDICE DE EXPLOSION AEREA		A=	95,362	ALTO
			A=B(1+(m/100))QHE(t/300)((1+P)/1000) *				
j) Riesgo de Explosión Mayor al Prom. (40 a 100)		40	ÍNDICE TOTAL DE MOND		R=	215,851	MODERADO
			R=D(1+((FUEA)⁵/1000))				
k) Polvos ó Nieblas Riesgosas (30 a 70)			Temperatura del Proceso °K		t=	298,15	
			Suma de Factores REP S= 279				

HT-III.21: HOJA DE TRABAJO DEL INDICE MOND





 REVISION: 0	<b>HOJA DE TRABAJO PARA EL ÍNDICE MOND</b> <b>ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL</b>	 HOJA: 1 DE 2
--	--	---

**ANÁLISIS DEL ÍNDICE MOND PARA GAS L.P.**

COMPLEJO Y/O PLANTA: ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL	UNIDAD Y SECCION: ÁREA DE TRAMPA DE GAS L.P.	DEPARTAMENTO:	ELABORÓ: A.M.C	APROBÓ: R.T.M.
---	---	---------------	-------------------	-------------------

MATERIALES Y PROCESO												
MATERIALES:	GAS L.P.											
CATALIZADORES:	NO SE UTILIZAN		SOLVENTES:	NO SE UTILIZAN								
SUB-PROD./PROD. INTERM.:	NO APLICA		PRODUCTOS:	NO APLICA								
REACCIONES:	NO SE GENERAN REACCIONES EN EL PROCESO											
1. FACTOR MATERIAL "B" Determinado por Combustión, Descomposición, Reacción, Presión de Explosión.												
FORMULA				B=	19,756							
2. RIESGOS ESPECIALES DEL MATERIAL (M)		Factor	5. RIESGOS POR CANTIDAD (Q)		Factor							
a) Oxidantes (0 a 20)			Volumen (m³)=		0,383							
b) Reacción Peligrosa con Agua (0 a 30)			Densidad Ton/m³= 0,52742	Masa (ton.) K= 0,202								
c) Mezclado y Dispersión (-50 a 60)	m=	20	Factor por Cantidad Q=		2							
d) Sujetos a Calentam. ó Comb. Espontánea (30 a 250)			6. RIESGOS POR DISTRIBUCION (L)									
e) Polimerización Espontánea (25 a 75)			Altura de la Unidad (m)	H=	1,75							
f) Sensibilidad a la Ignición (-75 a 150)		0	Área Normal de Trabajo (m²)	N=	35,000							
g) Descomposición Explosiva (125)			a) Diseño Estructural (0 a 200)		10							
h) Detonación Gaseosa (150)		0	b) Efecto Dominó (0 a 250)									
i) Fase Condensada (200 a 1500)			c) Áreas Subterráneas (0 a 150)									
j) Otros (0 a 150)			d) Drenaje Superficial (0 a 100)									
Suma de Factores REM	M=	20	e) Otros (0 a 250)									
3. RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (P)			Suma de Factores RD	L=	10							
a) Manejo y Cambios Físicos (0 a 60)		10	7. RIESGOS POR TOXICIDAD (T)									
b) Reacción Única Continua (25 a 50)			a) TLV (0 A 300)		30							
c) Reacción Única Batch (10 a 60)			b) Forma del Material (25 a 200)		50							
d) Multireacciones (0 a 75)			c) Exposición Corta (100 a 150)		100							
e) Transferencia de Material (0 a 75)			d) Absorción por Piel (0 a 300)		30							
f) Contenedores Portátiles (10 a 100)			e) Factores Físicos (0 a 300)									
Suma de Factores RGP	P=	10	Suma de Factores RT	T=	210							
4. RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO (S)			8. SUMARIO DE FACTORES									
a) Baja Presión (0 a 100)			B=	19,8	P=	10	t=	298,15	H=	1,75	L=	10
b) Alta Presión (0 a 150)	p=	75,4	M=	20	S=	320,3	K=	0,2	N=	35	T=	210
c) Baja Temp.	Ac. al Carbón -10 °C a 0 °C (15)		m=	20	p=	75,4	Q=	2,04				
	Ac. al Carbón <-10 °C (50 a 100)											
	Otros Materiales (0 a 100)											
d) Alta Temp.	Inflamabilidad (0 a 40)	25	9. CÁLCULO DE INDICES			Valor	Categoría					
	Materiales de Construcción (0 a 25)		ÍNDICE GENERAL DE RIESGO		D=	126,454	MUY EXTREMO					
			D= B(1+(M/100))(1+(P/100))(1+((S+Q+L)/100)*(T/400))									
e) Corrosión y Erosión (0 a 150)			CARGA DE FUEGO		F=	2340,3	LIGERO (Duración esp. 0.25-0.5 hr.)					
f) Fugas en Juntas y Empaques (0 a 60)		30	F=20500 BK/M btu/FT²									
g) Vibración (0 a 50)			ÍNDICE DE TOXICIDAD		U=	9,458	ALTO					
h) Control Difícil de Proceso (20 a 300)			U= (T/100)(1+((M+P+S)/100))									
i) Operación Rango Inflamable (0 a 150)		150	ÍNDICE DE TOXICIDAD MAYOR		C=	19,314	LIGERO					
j) Riesgo de Explosión Mayor al Prom. (40 a 100)		40	C=QU									
k) Polvos ó Nieblas Riesgosas (30 a 70)			ÍNDICE DE EXPLOSION INTERNA		E=	4,504	ALTO					
l) Oxidantes Gaseosos muy Fuertes (0 a 300)			E= 1+((M+P+S)/100)									
m) Sensibilidad a la Ignición (0 a 75)			ÍNDICE DE EXPLOSION AEREA		A=	28,959	LIGERO					
n) Riesgos Electroestáticos (0 a 200)			A=B(1+(m/100))QE(t/300)((1-p)/1000) *									
Temperatura del Proceso °K		t=	298,15	ÍNDICE TOTAL DE MOND		R=	341,305	MODERADO				
Suma de Factores REP	S=	320,4	R=D(1+((FUEA):.5/1000))									

HT-III.22: HOJA DE TRABAJO DEL INDICE MOND



En la tabla 5.1 se muestran los resultados del riesgo global del análisis del índice Mond para la sección de trampa de diablos y la sección de compresores de gas natural.

**TABLA 5.1: RESULTADOS DEL ANALISIS DEL INDICE MOND.**

SECCIÓN ANALIZADA	RIESGO GLOBAL	CATEGORÍA DE RIESGO
COMPRESORES DE GAS NATURAL	18.209	SUAVE
TRAMPA DE DIABLOS DE GAS L.P.	28.792	SUAVE

Finalmente los resultados obtenidos de la modelación matemática de los eventos máximos de riesgo para la evaluación de los mismos, emiten los perfiles de riesgo para la estación de compresión de gas natural y las recomendaciones específicas que proceden para incrementar la seguridad en las instalaciones y mitigar los riesgos existentes, todo lo anterior considerando la revisión y aplicación de la normatividad vigente.

## 5.2 RESULTADOS DE LOS MODELOS DE CONSECUENCIAS

Para realizar la determinación de los riesgos y accidentes potenciales, se revisaron los documentos de ingeniería básica y así determinar las peores consecuencias. Los factores considerados en este análisis fueron: la composición del fluido en el sistema, tanques o recipientes de proceso, flujo de diseño, presión, temperatura, diámetro de las líneas, los tipos de accidente que se podrían ocasionar, así como las condiciones atmosféricas de la zona.

Los resultados generales obtenidos de las simulaciones descritas se observan en la siguiente serie de Tablas 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5

- a) En la Tabla 5.2
  - ◆ Se presentan los resultados de los cálculos para el estado final de la descarga, es decir las condiciones del fluido al ser liberado en una fuga.
- b) En la Tabla 5.3
  - ◆ Se presentan las concentraciones calculadas de las emisiones de gas a diferentes distancias.
- c) En la Tabla 5.4
  - ◆ Se presentan las distancias a las que se tendría una radiación de 550 BTU/hr-pie<sup>2</sup> en caso de incendios de nubes de gas.
- d) En la Tabla 5.5
  - ◆ Se presentan las distancias en las cuales se tendrían sobrepresiones de 0.3 psig, 2.0 psig y 3.0 psig a causa de una explosión.

**TABLA 5.2 ESTADO FINAL DE LA DESCARGA**

No. de Hipótesis	Masa Relevada (Kg)	Flujo de Relevo (Kg/s)	Velocidad de descarga (m/s)	Duración de la fuga (s)
1	380.2	0.634	413	600
2	380.2	0.634	500	600
3	233.5	0.389	371	600
4	380.2	0.634	371	600
5	233.5	0.389	413	600
6	233.5	0.389	413	600
7	1883.0	3.14	378	600
8	6663.0	11.1	386	600
9	4.5	7.5 E-03	386	600

**TABLA 5.3 DISPERSIÓN DE GAS. (DISTANCIA – CONCENTRACIÓN)**

No. de Hipótesis	Distancia Máxima para una Concentración de 1000 ppm (m)	Tiempo Promedio (s)	Concentración en (mol ppm) a una distancia de		
			5 m	10 m	15 m
1	39.71	10	107898.0	57244.4	32480.7
2	27.16	10	42929.4	8033.63	3262.14
3	22.64	10	61642.7	7157.67	2478.16
4	28.65	10	83187.1	11681.1	4061.27
5	33.85	10	86778.9	45466.5	25169.9
6	33.85	10	86778.9	45466.5	25169.9
7	72.02	10	196778.0	108135.0	59518.8
8	183.6	10	351550.0	215945.0	151591.0
9	6.23	10	3528.32	144.76	47.55

**TABLA 5.4 DISTANCIAS MÁXIMAS PARA DISTINTOS NIVELES DE RADIACIÓN**

No. de Hipótesis	Distancia máxima en metros a una Intensidad de Radiación de 550 Btu/hr-pie <sup>2</sup> (1.73 kw/m <sup>2</sup> )	Distancias en metros Para los siguientes niveles de Radiación Btu/hr pie <sup>2</sup> (kw/m <sup>2</sup> )		
		1268.8 (4.0)	3964.8 (12.5)	11894.6 (37.5)
1	18.2	14.86	11.7	9.81
2	18.2	14.85	11.7	9.81
3	14.4	11.75	9.26	7.71
4	18.2	14.86	11.7	9.81
5	14.4	11.75	9.26	7.71
6	14.4	11.75	9.26	7.71
7	38.5	31.06	24.65	20.83
8	71.0	58.39	45.23	38.63
9	1.9	1.67	1.62	N.A.

N.A. No Alcanzado. Distancia de nivel de radiación no es alcanzado en caso de radiación.

**TABLA 5.5 MODELACIÓN DE EXPLOSIÓN (MODELO: BAKER STREHLOW EXPLOSIÓN)**

No. de Hipótesis	Masa Inflamable en la Nube. (Kg)	Distancia Máxima a una Sobrepresión de 0.3 Psig (0.0207 bar) (Metros)	Distancia Máxima a una Sobrepresión de 2.0 Psig (0.1379 bar) (Metros)	Distancia Máxima a una Sobrepresión de 3.0 Psig (0.2068 bar) (Metros)
1	N.A.	29.67	20.55	19.82
2	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
3	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
4	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
5	N.A.	25.16	18.11	17.55
6	N.A.	25.16	18.11	17.55
7	N.A.	41.65	25.98	24.74
8	N.A.	158.1	97.02	92.19
9	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

N.A. No Alcanzado. Nivel de sobrepresión no es alcanzado en caso de explosión.

En los resultados del modelo de descarga (Tabla 5.2) se reporta la Masa Relevada, esta cantidad es proporcionada por el usuario, el flujo de relevo es calculado por el programa y depende tanto del diámetro del orificio de la fuga, como de la presión del sistema y del tiempo de fuga.

En los resultados que se indican en la Tabla 5.3 se dan valores de distancia contra concentración, estos resultados se complementan con los esquemas de vista en planta (Diagrama de Pétalos) donde se visualiza de una manera más clara la dispersión.

En la estación de compresión de gas natural se observa que el caso más crítico corresponde a la hipótesis No. 8, es decir: "Falla del sistema de encendido electrónico del quemador, asociado a un desfogue del sistema", en este caso se registra una concentración de 1000 ppm, a una distancia de 183 metros. El segundo caso más importante es el de "Fuga de gas en el separador de acondicionamiento de gas para suministro neumático", registrando una concentración de 1000 ppm, a una distancia de 72 metros.

Los resultados mostrados en la Tabla 5.4 muestran las distancias máximas a las cuales se tiene una intensidad de radiación de 550 BTU/hr-pie<sup>2</sup>. De acuerdo al API-521, el tiempo de exposición necesario para alcanzar el umbral del dolor a esta radiación es de 60 segundos. Basándose en lo anterior se describen las distancias para los niveles de radiación siguientes:

El nivel de radiación de 1268.8 Btu/hr pie<sup>2</sup> es suficiente para causar dolor al personal si este no puede protegerse en 20 segundos; sin embargo es factible la formación de ampollas en la piel, el tiempo de exposición aproximada para alcanzar el umbral del dolor según API es de 16 segundos. El nivel de 3964.8 Btu/hr pie<sup>2</sup> es la energía mínima requerida para la ignición de la madera y fundición de la tubería de plástico, el tiempo de exposición necesario para alcanzar el umbral del dolor es de 4 segundos.

Finalmente el efecto observado para un nivel de radiación de 11894.6 Btu/hr pie<sup>2</sup>, es suficiente para causar daño a equipo de proceso, además de prender la madera por exposiciones prolongadas. Por tal motivo en orden de mayor a menor importancia de acuerdo a los resultados de la simulación para un nivel de radiación de 550 Btu/hr- pie<sup>2</sup> presenta los siguientes casos:

- ◆ La Falla del sistema de encendido electrónico del quemador, tiene una distancia de 71.0 m.
- ◆ La Fuga de gas en el separador de acondicionamiento de gas para suministro neumático, tiene una distancia de 38.5 m.
- ◆ La Fuga de gas en la trampa de envío de diablo hacia Lázaro C. tiene una distancia de 18.2 m.
- ◆ La Fuga de gas en la válvula de corte de 24" en el cabezal de alimentación (succión) a compresores, tiene una distancia de 18.2 m.

En la Tabla 5.5 se muestra la extensión máxima prefijada de los niveles de sobrepresión explosiva, calculados en el simulador (0.3, 2.0 y 3.0 psig) para los diferentes escenarios establecidos de fuga de gas y explosión.

El área dentro de la curva de 2.4 psig, ocasiona colapsos parciales en techos y paredes de construcciones, deformación del armazón de acero en edificios revestidos, destrucción de asbesto corrugado, etc. El significado y daños que produce una sobrepresión de 0.3 psig son: rotura de ventanas grandes y pequeñas normalmente estrelladas. A partir de valores de sobrepresión de 0.95 psig, pueden ocurrir daños ocasionales a marcos de puertas, lanzamiento de proyectiles y la probabilidad de que ocurran daños serios.

Para la estación de compresión de gas natural, el caso más crítico se da en la falla del sistema de encendido electrónico del quemador asociado a un desfogue, en este caso se alcanza una distancia de 97 metros para una sobrepresión de 2.0 psig. En la fuga de gas en el separador de acondicionamiento para suministro neumático, se alcanza el nivel de sobrepresión de 2 psig a la distancia de 25.9 metros. En la fuga de gas de la trampa de envío diablos hacia Lázaro Cárdenas se alcanza el nivel de sobrepresión de 2 psig a la distancia de 20.5 metros.



### 5.3 DEFINICIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE ZONAS DE PROTECCIÓN EN LA INSTALACIÓN

Después de un análisis de los posibles eventos a presentarse en las instalaciones y de acuerdo a la definición de los escenarios de accidentes modelados, las zonas de protección dentro de la estación de compresión de gas natural se concentran en el área de trampa de diablos, área de compresión y sistema de encendido del quemador elevado. A continuación se enuncian las medidas de seguridad y operativas con las que se cuentan para abatir el riesgo en dichas áreas de la instalación, implementadas a partir de estudios anteriores.

#### ◆ TRAMPA DE ENVÍO DE DIABLOS HR-04.

Se cuenta con indicador y registro local de presión a la entrada de la trampa de envío de diablos, también se cuenta con transmisor de presión con indicador en cuarto de control para visualizar cualquier variación de la misma que pueda ser indicio de una fuga.

#### ◆ SECCIÓN DE COMPRESIÓN.

Para visualizar e identificar cualquier variación de la presión que pudiera ser causada por una fuga de gas se cuenta con una serie de dispositivos de monitoreo como los siguientes:

En los cabezales de succión y descarga de los compresores se cuenta con alarmas por muy alta y muy baja presión, indicación local de presión en la succión y descarga de los compresores, indicación local de presión en la salida de los filtros de succión de los compresores. En los sistemas de acondicionamiento de gas para la operación de las turbinas, consistente de los filtros separadores, existen indicadores de presión locales que mostrarán la variación de la misma y que tal vez pudiera ser causada por una fuga.

#### ◆ SISTEMA DE ENCENDIDO DEL QUEMADOR.

El sistema de encendido del quemador será electrónico y se contará con indicación en tablero a cuarto de control en caso de falla del mismo.

#### 5.3.1 ESPECIFICACIÓN SOBRE LOS TIPOS DE PROTECCIÓN

Se han minimizado los factores de propagación del fuego ya que la instalación cuenta con:

- ◆ Buena ubicación con respecto a las fuentes de ignición.
- ◆ Distancias adecuadas entre equipos e instalaciones.
- ◆ Cuenta con sistema contraincendio.
- ◆ Cuenta con sistema de detección de fuego.

#### 5.3.2 ESPECIFICACIÓN SOBRE EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS

Durante la operación de la estación de compresión se generarán continuamente emisiones de gases de combustión por la propia operación de los compresores y por la operación ocasional de los quemadores del sistema de desfogue. Otro residuo generado en esta etapa es la descarga de las aguas residuales provenientes de las fosas sépticas. Adicionalmente se tendrán los drenajes aceitosos provenientes de los equipos que integran los módulos de compresión de gas natural; así como los residuos sólidos que son los desechos domésticos como papeles, vidrios, basura, etc.

En la operación de los módulos de compresión y de los quemadores, se cumplirá con los requerimientos que en materia de emisiones a la atmósfera se establecen por los organismos reguladores, cumpliendo con la norma NTE-CCAT-008/88, donde se establecen los niveles máximos permisibles de emisiones gaseosas de partículas, monóxido de carbono, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno provenientes de procesos de combustión de gas natural en fuentes fijas. Cabe aclarar que la operación de los quemadores es esporádica, únicamente en caso de emergencia en los módulos de compresión o de corrida de diablos en la línea de gas L.P.

Con respecto a las aguas residuales, producto del tratamiento en las fosas sépticas, la medida de control que se aplicará para mitigar este evento es la toma de muestras en forma periódica para vigilar que no se rebasen los niveles máximos permitidos instantáneos de la demanda química de oxígeno, partículas suspendidas totales y cantidad de coliformes fecales totales, para cumplir con las regulaciones ambientales vigentes sobre los desechos sanitarios. Los muestreos y métodos de prueba se deberán realizar conforme a las Normas Oficiales Mexicanas respectivas.

Además se cumplirá con los requerimientos que en materia de efluentes líquidos se establecen por los organismos reguladores cumpliendo con la norma NOM-001-ECOL-1996, donde se indican los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

#### a) EMISIONES ATMOSFÉRICAS

Las emisiones atmosféricas generadas durante la operación son las siguientes:

- ◆ Gases de Combustión de Equipos. Son los gases provenientes de los turbocompresores, motogeneradores de emergencia y de la bomba de agua contraincendio de combustión interna, los cuales serán descargados a la atmósfera de acuerdo a los requerimientos del proyecto.
- ◆ Gases de Combustión de Gas Natural. Son los gases producto del quemado del gas natural proveniente del desfogue de los módulos de compresión principalmente, en caso de presentarse una emergencia. Los flujos considerados en el sistema de desfogue son de 45, 155, 200 y 260 MMPCSD de gas natural, dependiendo de la etapa de operación. Para lo cual se dispondrá de un quemador elevado multietapas, sin producción de humo y con bajos niveles de ruido y de radiación, para su emisión a la atmósfera.
- ◆ Gases de Combustión de Gas L.P. Son los gases producidos en el quemado intermitente del gas L.P. proveniente de la trampa receptora de diablos, vía un tanque de amortiguamiento, para lo cual se tendrá un quemador elevado con capacidad para quemar 0.802 MMPCD de vapores de los condensados recopilados en el tanque de amortiguamiento. El quemador será sin producción de humo y con bajos niveles de ruido y de radiación, para su emisión a la atmósfera. Estos gases de combustión se generarán únicamente cuando se realice la corrida de diablos del ducto de transporte de gas L.P. y se realice el vaciado automático del tanque.
- ◆ Gases de Combustión de Condensados. Son los gases generados en el quemado intermitente de los posibles condensados producidos en los módulos de compresión. Para tal efecto, se tendrá un quemador de fosa con la capacidad para quemar 70, 140 y 210 GPM de condensados, dependiendo de la etapa de operación. Este quemador será sin producción de humo y con bajos niveles de ruido y de radiación, para su emisión a la atmósfera.

#### b) DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES

La única descarga de aguas que se realizará será la correspondiente al tratamiento de los drenajes sanitarios de acuerdo con la siguiente descripción:

- ◆ Los drenajes sanitarios generados en los sanitarios del edificio principal, oficinas, vigilancia, comedor, almacén y talleres que son aproximadamente de 4 m<sup>3</sup>/día, se descargarán a un cabezal colector con destino a una fosa séptica existente, de la cual se descarga el agua residual al subsuelo por medio de tubería.
- ◆ Los desechos sanitarios generados de la caseta de análisis de gas L.P. se recolecta en una fosa séptica cercana a esta área, de la cual descarga el agua residual directamente al subsuelo, de forma similar los desechos sanitarios que se generarán en el sanitario y vestidor del cuarto de control de la estación de compresión serán recolectados a una fosa séptica cercana a la estación, cuya descarga de agua residual será directamente al subsuelo.

c) RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS

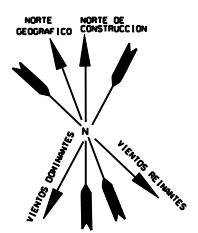
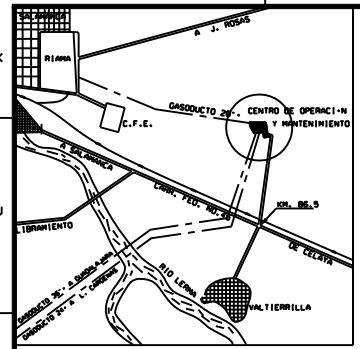
- ◆ Drenajes Aceitosos. Son los provenientes de los equipos que integran los módulos de compresión de gas natural, los cuales serán recolectados en dos fosas con capacidad de 3.5 m<sup>3</sup> cada una. El aceite será descargado por medio de dos bombas de 15.9 m<sup>3</sup>/hr hacia autotanques o tambores y serán retirados de las instalaciones por otros.
- ◆ Residuos Sólidos. Son los desechos domésticos como papeles, vidrios, latas, basura, etc. La cantidad total depende del número de personas que trabajen permanentemente en la instalación; se estima que cada persona genere un promedio de 0.25 kg de basura.

#### 5.4 REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LAS CONSECUENCIAS DEL PROYECTO

Los resultados de la modelación de eventos, son complementados con los esquemas de vista en planta de los “*Diagramas de Pétalos*”, donde se visualizan de una manera más clara la dispersión y magnitud de las consecuencias de radiación y explosión en la estación de compresión.

Los Diagramas de Pétalos de la Estación de Compresión de Gas Natural son los siguientes:

- ◆ Diagrama de Pétalos Radiación Estación de Compresión de Gas Natural.
- ◆ Diagrama de Pétalos Explosión Estación de Compresión de Gas Natural.
- ◆ Diagrama de Pétalos Radiación Sección de Compresión de Gas Natural.
- ◆ Diagrama de Pétalos Explosión Sección de Compresión de Gas Natural.



**NOTAS**

- EQUIPO DENTRO DEL ALCANCE DE ESTE PROYECTO
- UNIDAD DE COMPRESION FUTURA
- EL PAQUETE DE DISTRIBUCION DE AGUA DE SERVICIOS INCLUYE AL TANQUE HIDRONEUMATICO, FA-05 LA BOMBA DE AGUA DE SERVICIOS, GA-87 Y LA INSTRUMENTACION DE PROCESO Y SEGURIDAD, ASOCIADA AL EQUIPO Y TUBERIA DE DISTRIBUCION.
- LOS TANQUES FB-03 A/B SE LOCALIZARAN EN LA AZOTEA DEL TALLER Y VESTIDORES.

**LISTA DE EQUIPO.**

CLAVE	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
(NOTA 1) FA-01	ACUMULADOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS.	L-1.1 - 3353 MM DI-1676 MM
(NOTA 1) FA-02	ACUMULADOR DE AIRE DE PLANTA	L-1.1 - 3353 MM DI-1676 MM
(NOTAS 1, 3) FA-05	TANQUE HIDRONEUMATICO	L-1.1 - 3353 MM DI-1676 MM
(NOTA 1) F-100	TANQUE DE AMORTIGUAMIENTO	L-1.1 - 1524 MM DI- 508 MM
(NOTA 3) FB-01	TANQUE PARA AGUA CONTRA INCENDIO	L-1.1 - 4282 MM DI-10668 MM
(NOTAS 1, 4) FB-03 A/B	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE SERVICIOS.	L-1.1 - 1398 MM DI-958 MM
(NOTA 1) FE-01	FOSA DE DRENAJE ACEITOSO	1200 X 1200 X 3000 MM
(NOTA 1) FE-02	FOSA DE DRENAJE ACEITOSO	1200 X 1200 X 3000 MM
FG-01 A/B	FILTROS PARA AGUA DE SERVICIO Y CONTRA INCENDIO	
(NOTA 1) GA-01	BOMBA DE AGUA CONTRA INCENDIO (ELECTRICA)	Q- 150 GPM Δ P- 150 PSIG
(NOTA 1) GA-02	BOMBA DE AGUA CONTRA INCENDIO (COMBUSTION INT. A DIESEL)	Q- 150 GPM Δ P- 150 PSIG
(NOTA 1) GA-03	BOMBA DE AGUA CONTRA INCENDIO (JOCKEY)	Q- 50 GPM Δ P- 50 PSIG
(NOTA 1) GA-04	BOMBA DE AGUA DE SERVICIOS A CUARTO DE CONTROL	Q- 60 GPM Δ P- 27.3 PSIG
GA-05	BOMBA DE POZO PROFUNDO	
(NOTA 1) GA-06	BOMBA DE AGUA CONTRA INCENDIO (JOCKEY)	Q- 50 GPM Δ P- 50 PSIG
(NOTAS 1, 3) GA-07	BOMBA DE AGUA DE SERVICIOS	Q- 30 GPM Δ P- 50 PSIG
(NOTA 1) GA-08	BOMBA DE DRENAJES ACEITOSOS	Q- 70 GPM Δ P- 25 PSIG
(NOTA 1) GA-09	BOMBA DE DRENAJES ACEITOSOS	Q- 70 GPM Δ P- 25 PSIG
GB-01	COMPRESOR DE GAS NATURAL	Q- 155 MPPCSO
(NOTA 1) GB-02	COMPRESOR DE GAS NATURAL	Q- 78 MPPCSO
(NOTA 1) GB-03	COMPRESOR DE GAS NATURAL	Q- 78 MPPCSO
(NOTAS 1, 2) GB-04	COMPRESOR DE GAS NATURAL	EQUIPO A FUTURO
(NOTA 1) GB-05 A/B	COMPRESORES DE AIRE DE INSTRUMENTOS Y AIRE DE PLANTA	Q-150 PCSM Δ P- 125 PSIG
(NOTA 1) PA-01	PAQUETE DE SECADO DE AIRE.	Q-150 PCSM P- 125 PSIG
CB-101	QUEMADOR DE GAS NATURAL	DI- 152.4 MM HI- 12152 MM
(NOTA 1) CB-102	QUEMADOR DE GAS NATURAL	CAP- 268 MPPCSO
(NOTA 1) CB-103	QUEMADOR DE CONDENSADOS	CAP- 218 GPM
(NOTA 1) CB-104	QUEMADOR ELEVADO DE GAS L.P.	CAP- 8,682 MPPCSO DI- 101.6 MM HI- 6553 MM
(NOTA 1)	AREA PARA TAMBORES DE ACEITE DE LUB.	
(NOTA 1)	BASE PARA TAMBORES DE ACEITE DE LUB.	

**DESCRIPCION DE LOS ESCENARIOS DE ACCIDENTES.**

No.	SECCION	HIPOTESIS	TIPO DE PELIGRO
1	Trampa de envio de Diablos.	Fuga de Gas en la trampa de envio a Lazaro Cárdenas debido a una falla en la operacion de envio del diablo.	• Incendio. • Explosión.
2	Sección de Compresión	Fuga de gas en la placa de orificio con disipacion de la nube explosiva. (Cabezal de 20")	• Incendio. • Explosión.
3	Sección de Compresión	Fuga de gas en separador de proceso hacia la succión de compresión.	• Incendio. • Explosión.
4	Sección de Compresión	Fuga de gas en válvula de corte de 24" en cabezal de succión de compresores.	• Incendio. • Explosión.
5	Sección de Compresión	Fuga de gas en la descarga del patin de compresión.	• Incendio. • Explosión.
6	Sección de Compresión	Fuga de gas en el enfriador solitario y formacion de nube explosiva.	• Incendio. • Explosión.
7	Sección de Compresión	Fuga de gas en el separador de acondicionamiento de gas para suministro neumático.	• Incendio. • Explosión.
8	Sistema de desfogue	Falla del sistema de encendido electrónico del quemador y venteo de gas natural a la atmósfera (dispersion de gas).	• Incendio. • Explosión.
9	Sección de Compresión	Venteo de gas en el sistema de control e instrumentación neumática del compresor.	• Incendio. • Explosión.

**RESULTADOS DE DISTANCIAS MÁXIMAS PARA DISTINTOS NIVELES DE RADIACION.**

No. de Hipótesis	Distancia Máxima. (mts) a una intensidad de Radiación de 550 Btu/hr-pie <sup>2</sup> (1.73 kw/m <sup>2</sup> )	Distancias en metros Para los siguientes niveles de Radiación Btu/hr-pie <sup>2</sup> (kw/m <sup>2</sup> )		
		1268.8 (4.0)	3964.8 (12.5)	11894.6 (37.5)
1	18.2	14.86	11.7	9.81
2	18.2	14.85	11.7	9.81
3	14.4	11.75	9.26	7.71
4	18.2	14.86	11.7	9.81
5	14.4	11.75	9.26	7.71
6	14.4	11.75	9.26	7.71
7	38.5	31.06	24.66	20.83
8	71.0	58.39	45.23	38.63
9	1.9	1.67	1.62	N.A.

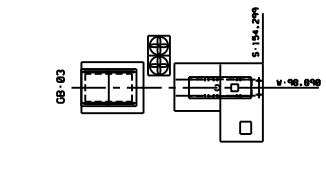
**CROQUIS DE LOCALIZACION**

- INSTALACIONES EXISTENTES**
- SUBESTACION ELECTRICA - 48.75 M2.
  - COMEDOR - 107.50 M2.
  - OFICINA SINDICAL - 100.00 M2.
  - CASETA DE VIGILANCIA - 105.00 M2.
  - EDIFICIO ADMINISTRATIVO - 783.75 M2.
  - CASETA DE MICROONDAS - 40.00 M2.
  - ESTACIONAMIENTO - 283.50 M2.
  - COBERTIZO DE CAMIONES - 720.00 M2.
  - ALMACEN 790.50 M2.
  - TALLER "A" - 790.50 M2.
  - TALLER "B" - 790.50 M2.
  - EDIFICIO OFICINAS - 240.00 M.
  - CISTERNA Y CTO. DE MAQUINAS - 170.00 M2.
  - AREA DEPORTIVA - 617.00 M2.
  - ESTACIONAMIENTO - 1,080.00 M2.
  - AREAS VERDES - 11,251.00 M2.
  - AREA DE CONCRETO (INCLUYE BANQUETAS) - 10,577.75 M2.
  - BARDA PERIMETRAL - 2,827.82 M.
- A. PASO DE REGULACION DEL L.P.G. DUCTO DE 14" •  
 B. ANALISIS DE GAS  
 C. CABEZAL DE DISTRIBUCION  
 D. VALVULA DE SECCIONAMIENTO. POLIDUCTO 16" •  
 E. TRAMPA DE ENVIO DE DIABLOS. GASODUCTO 20" •  
 F. TRAMPA DE ENVIO DE DIABLOS. GASODUCTO 36" •  
 G. TRAMPA DE ENVIO DE DIABLOS. GASODUCTO DE 24" •  
 H. TRAMPA DE RECIBO DE DIABLOS. GASODUCTO 36" •  
 I. BY PASS GASODUCTO DE 36" •  
 J. PASO DE REGULACION DEL GASODUCTO DE 36" •  
 K. VALVULA DE SECCIONAMIENTO 8" •  
 L. ADMETIDA ELECTRICA

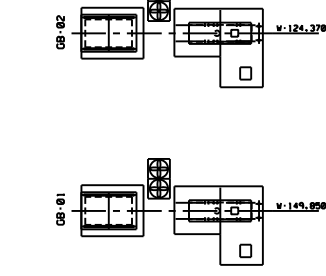
**SIMBOLOGIA**

- Va VERTICE POLIGONAL
- V1 VERTICE NO LIMITE DE AREA DE COMPRESION
- EL ELEVACION
- R-1 REGISTRO
- N.S. NIVEL SUPERIOR
- NDA NIVEL DE ARRASTRE
- AREA LIMITE DE COMPRESION
- MALLA CICLON

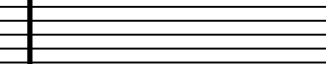
**DETALLE 1**



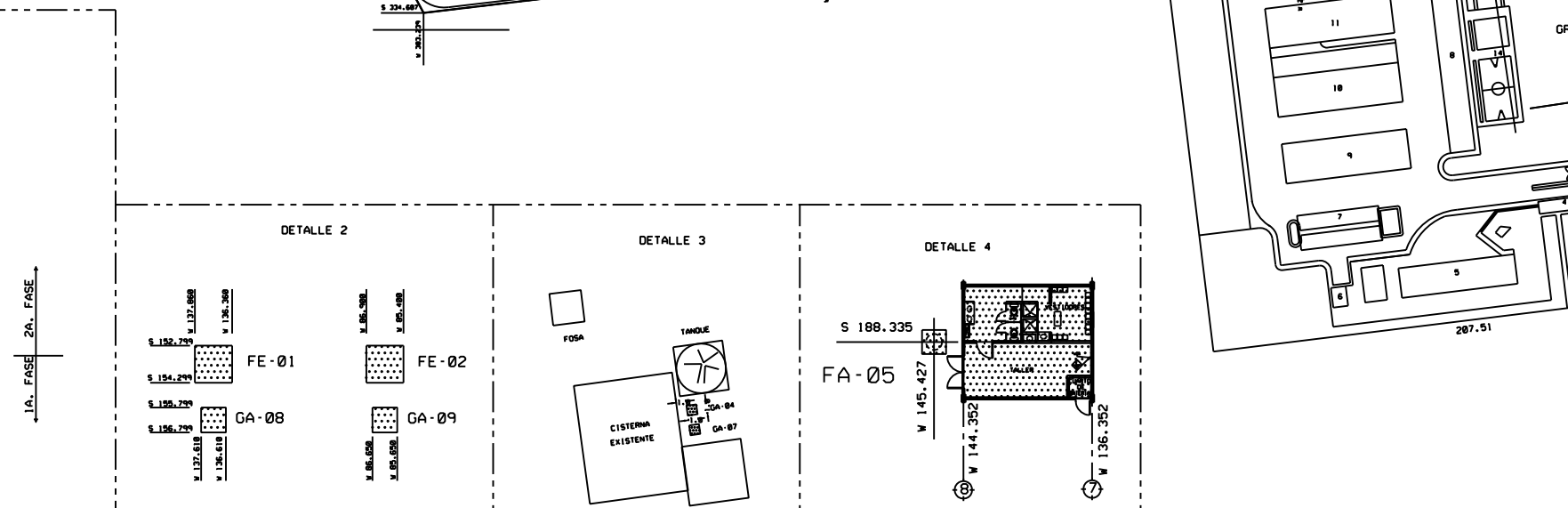
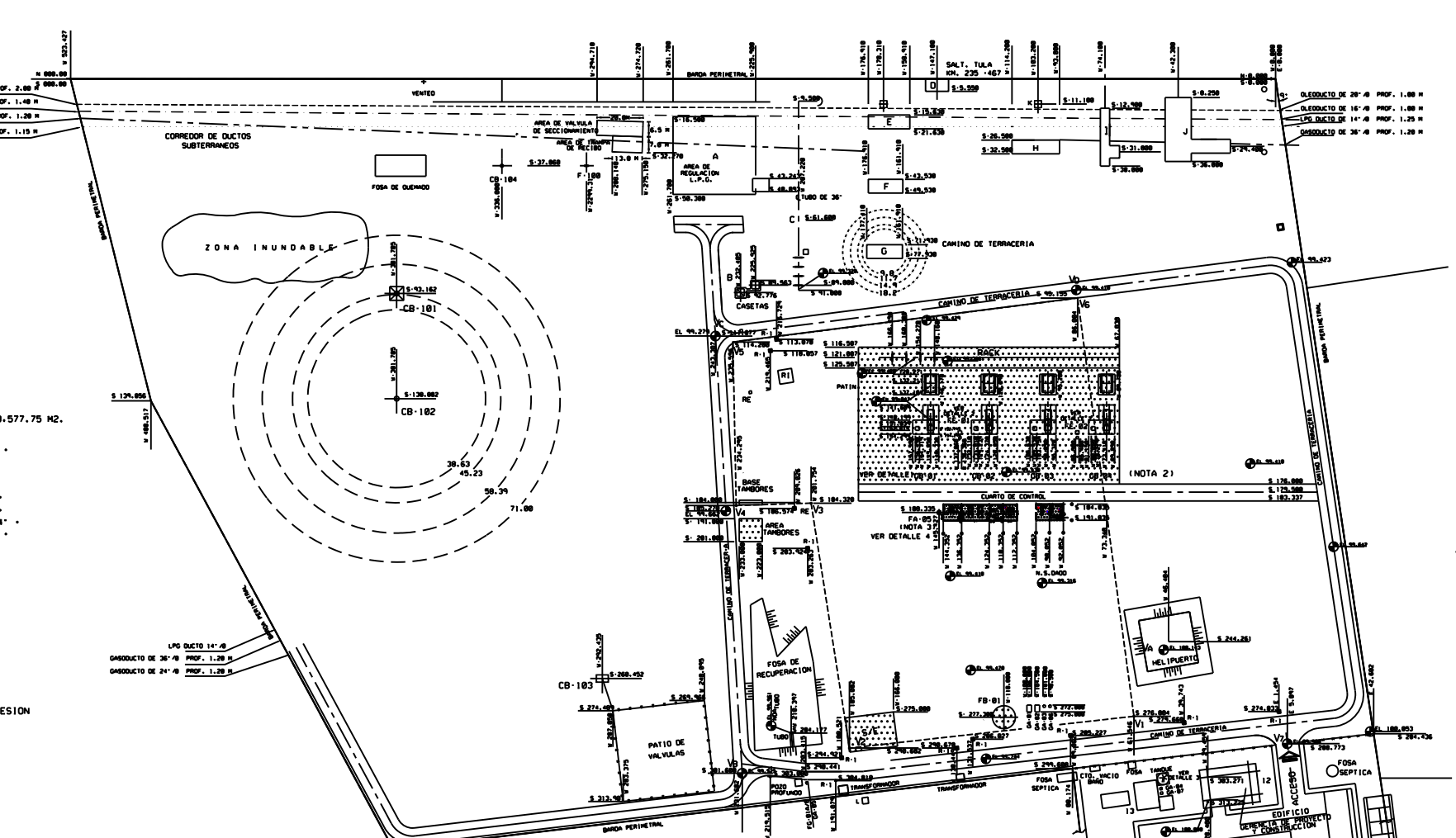
**DETALLE 2**



**DETALLE 3**



**DETALLE 4**



DIBUJOS DE REFERENCIAS

REV.	DESCRIPCION	DIS.	DIB.	VER.	SPVR.	ING. ESP.	JEFE DIV.	CORRES. PROY.	J. PROY.	GER.	FECHA	CLIENTE	FECHA

PARA APROBACION

DESARROLLO DE LA INGENIERIA BASICA Y BASES TECNICAS PARA LA ESTACION DE COMPRESION DE GAS NATURAL.

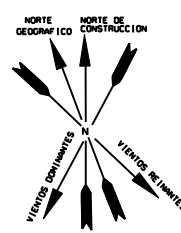
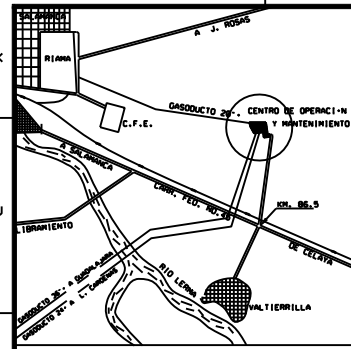
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FES ZARAGOZA

DIAGRAMA DE PETALOS RADIACION ESTACION DE COMPRESION DE GAS NATURAL

ESCALA: 1:10 ACO. EN METROS

DIB. NO. FES-1010A REV 0



**NOTAS**

- EQUIPO DENTRO DEL ALCANCE DE ESTE PROYECTO
- UNIDAD DE COMPRESION FUTURA
- EL PAQUETE DE DISTRIBUCION DE AGUA DE SERVICIOS INCLUYE AL TANQUE HIDRONEUMATICO, FA-05, LA BOMBA DE AGUA DE SERVICIOS, GA-07 Y LA INSTRUMENTACION DE PROCESO Y SEGURIDAD, ASOCIADA AL EQUIPO Y TUBERIA DE DISTRIBUCION.
- LOS TANQUES FB-03 A/B SE LOCALIZARAN EN LA AZOTEA DEL TALLER Y VESTIDORES.

**LISTA DE EQUIPO.**

CLAVE	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
(NOTA 1) FA-01	ACUMULADOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS.	L.1 - 3353 MM D1-1676 MM
(NOTA 1) FA-02	ACUMULADOR DE AIRE DE PLANTA	L.1 - 3353 MM D1-1676 MM
(NOTAS 1, 3) FA-05	TANQUE HIDRONEUMATICO	L.1 - 3353 MM D1-1676 MM
(NOTA 1) F-100	TANQUE DE AMORTIGUAMIENTO	L.1 - 1524 MM D1- 508 MM
(NOTA 3) FB-01	TANQUE PARA AGUA CONTRA INCENDIO	L.1 - 9202 MM D1-10668 MM
(NOTAS 1, 4) FB-03 A/B	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE SERVICIOS.	L.1 - 1398 MM D1-968 MM
(NOTA 1) FE-01	FOSA DE DRENAJE ACEITOSOS	1200 X 1200 X 3000 MM
(NOTA 1) FE-02	FOSA DE DRENAJE ACEITOSOS	1200 X 1200 X 3000 MM
FG-01 A/B	FILTROS PARA AGUA DE SERVICIO Y CONTRA INCENDIO	
(NOTA 1) GA-01	BOMBA DE AGUA CONTRA INCENDIO (ELECTRICA)	0- 150 GPM Δ P- 150 PSIG
(NOTA 1) GA-02	BOMBA DE AGUA CONTRA INCENDIO (COMBUSTION INT. A DIESEL)	0- 150 GPM Δ P- 150 PSIG
(NOTA 1) GA-03	BOMBA DE AGUA CONTRA INCENDIO (JOCKEY)	0- 50 GPM Δ P- 50 PSIG
(NOTA 1) GA-04	BOMBA DE AGUA DE SERVICIOS A CUARTO DE CONTROL	0- 60 GPM Δ P- 27.3 PSIG
GA-05	BOMBA DE POZO PROFUNDO	
(NOTA 1) GA-06	BOMBA DE AGUA CONTRA INCENDIO (JOCKEY)	0- 50 GPM Δ P- 50 PSIG
(NOTAS 1, 3) GA-07	BOMBA DE AGUA DE SERVICIOS	0- 30 GPM Δ P- 50 PSIG
(NOTA 1) GA-08	BOMBA DE DRENAJES ACEITOSOS	0- 70 GPM Δ P- 25 PSIG
(NOTA 1) GA-09	BOMBA DE DRENAJES ACEITOSOS	0- 70 GPM Δ P- 25 PSIG
GB-01	COMPRESOR DE GAS NATURAL	0- 155 MMPCSD
(NOTA 1) GB-02	COMPRESOR DE GAS NATURAL	0- 78 MMPCSD
(NOTA 1) GB-03	COMPRESOR DE GAS NATURAL	0- 78 MMPCSD
(NOTAS 1, 2) GB-04	COMPRESOR DE GAS NATURAL	EQUIPO A FUTURO
(NOTA 1) GB-05 A/B	COMPRESORES DE AIRE DE INSTRUMENTOS Y AIRE DE PLANTA.	0-150 PCSM Δ P- 125 PSIG
(NOTA 1) PA-01	PAQUETE DE SECADO DE AIRE.	P- 150 PCSM P- 125 PSIG
CB-101	QUEMADOR DE GAS NATURAL	CAP- 10.6 MMPCSD D1- 152.4 MM H- 12152 MM
(NOTA 1) CB-102	QUEMADOR DE GAS NATURAL	CAP- 268 MMPCSD
(NOTA 1) CB-103	QUEMADOR DE CONDENSADOS	CAP- 210 GPM
(NOTA 1) CB-104	QUEMADOR ELEVADO DE GAS L.P.	CAP- 0.882 MMPCSD D1- 101.6 MM H- 6953 MM
(NOTA 1)	AREA PARA TAMBORES DE ACEITE DE LUB.	
(NOTA 1)	BASE PARA TAMBORES DE ACEITE DE LUB.	

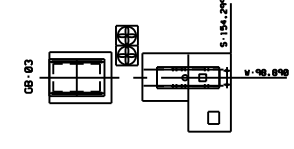
**INSTALACIONES EXISTENTES**

- SUBESTACION ELECTRICA - 48.75 M2.
  - COMEDOR - 107.50 M2.
  - OFICINA SINDICAL - 100.00 M2.
  - CASETA DE VIGILANCIA - 105.00 M2.
  - EDIFICIO ADMINISTRATIVO - 783.75 M2.
  - CASETA DE MICROONDAS - 40.00 M2.
  - ESTACIONAMIENTO - 283.50 M2.
  - COBERTIZO DE CAMIONES - 720.00 M2.
  - ALMACEN 790.50 M2.
  - TALLER "A" - 790.50 M2.
  - TALLER "B" - 790.50 M2.
  - EDIFICIO OFICINAS - 240.00 M2.
  - CISTERNA Y CTO. DE MAQUINAS - 170.00 M2.
  - AREA DEPORTIVA - 617.00 M2.
  - ESTACIONAMIENTO - 1,000.00 M2. AREAS VERDES - 11,251.00 M2. AREA DE CONCRETO (INCLUYE BANQUETAS) - 10,577.75 M2. BANDA PERIMETRAL - 2,827.82 M.
- A. PASO DE REGULACION DEL L.P.G. DUCTO DE 14" -  
 B. ANALISIS DE GAS  
 C. CABEZAL DE DISTRIBUCION  
 D. VALVULA DE SECCIONAMIENTO. POLIDUCTO 16" -  
 E. TRAMPA DE ENVIO DE DIABLOS. GASODUCTO 20" -  
 F. TRAMPA DE ENVIO DE DIABLOS. GASODUCTO 36" -  
 G. TRAMPA DE ENVIO DE DIABLOS. GASODUCTO DE 24" -  
 H. TRAMPA DE RECIBO DE DIABLOS. GASODUCTO 36" -  
 I. BY PASS GASODUCTO DE 36" -  
 J. PASO DE REGULACION DEL GASODUCTO DE 36" -  
 K. VALVULA DE SECCIONAMIENTO 8" -  
 L. ADMETIDA ELECTRICA

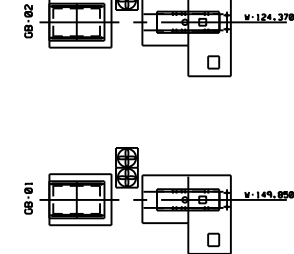
**SIMBOLOGIA**

- Va VERTICE POLIGONAL
- Vl VERTICE NO LIMITE DE AREA DE COMPRESION
- EL ELEVACION
- R-1 REGISTRO
- N.S. NIVEL SUPERIOR
- NDA NIVEL DE ARRASTRE
- AREA LIMITE DE COMPRESION
- MALLA CICLON

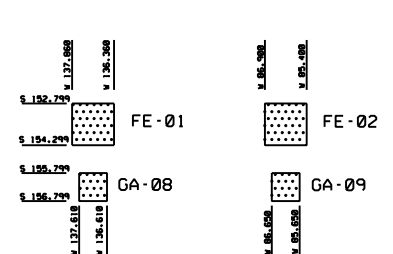
**DETALLE 1**



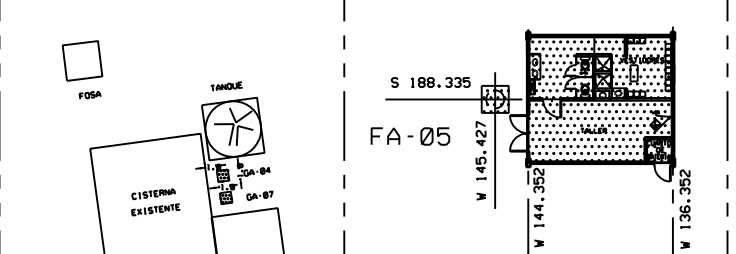
**DETALLE 2**



**DETALLE 3**



**DETALLE 4**



**DESCRIPCION DE LOS ESCENARIOS DE ACCIDENTES.**

No.	SECCION	HIPOTESIS	TIPO DE PELIGRO
1	Trampa de envio de Diablos.	Fuga de Gas en la trampa de envio a Lazaro de Diablos.	• Incendio. • Explosión.
2	Sección de Compresión	Fuga de gas en la placa de orificio con disipación de la nube explosiva. (Cabezal de 20")	• Incendio. • Explosión.
3	Sección de Compresión	Fuga de gas en separador de proceso hacia la succión de compresión.	• Incendio. • Explosión.
4	Sección de Compresión	Fuga de gas en válvula de corte de 24" en cabezal de succión de compresores.	• Incendio. • Explosión.
5	Sección de Compresión	Fuga de gas en la descarga del patin de compresión.	• Incendio. • Explosión.
6	Sección de Compresión	Fuga de gas en el enfriador solaire y formación de nube explosiva.	• Incendio. • Explosión.
7	Sección de Compresión	Fuga de gas en el separador de acondicionamiento de gas para suministro neumático.	• Incendio. • Explosión.
8	Sistema de quemador	Falla del sistema de encendido electrónico del quemador y venteo de gas natural a la atmósfera (dispersión de gas).	• Incendio. • Explosión.
9	Sección de Compresión	Venteo de gas en el sistema de control e instrumentación neumática del compresor.	• Incendio. • Explosión.

**RESULTADOS DE LOS CALCULOS DE EXPLOSION**

MODELO "BAKER STRELOW EXPLOSION"

NODE HR.	MISA ENLAMEBLE (KG)	DISTANCIAMAXIMA AUNA SOBREPRESION DE 0.3 PSIG (0.007 BAR) (METROS)	DISTANCIAMAXIMA AUNA SOBREPRESION DE 2.0 PSIG (0.1379 BAR) (METROS)	DISTANCIAMAXIMA AUNA SOBREPRESION DE 3.0 PSIG (0.2088 BAR) (METROS)
1	NA	23.67	21.55	19.82
2	NA	NA	NA	NA
3	NA	NA	NA	NA
4	NA	NA	NA	NA
5	NA	25.10	19.11	17.55
6	NA	25.76	18.11	17.55
7	NA	41.65	25.98	24.74
8	NA	198.1	97.02	92.19
9	NA	NA	NA	NA

DIBUJOS DE REFERENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO - FES ZARAGOZA

DIAGRAMA DE PETALOS EXPLOSION ESTACION DE COMPRESION DE GAS NATURAL

DESARROLLO DE LA INGENIERIA BASICA Y BASES TECNICAS PARA LA ESTACION DE COMPRESION DE GAS NATURAL. FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA.

ESCALA: 1 : 10 ACOT. EN METROS

DIB. NO. FES-1010B REV 0

MEXICO

APROBADO FECHA

REV. DESCRIPCION

DIS. DIB. VER. SPVR. ING. DIV. J. CORRES. DIV. J. GER. FECHA CLIENTE FECHA

NOTAS

- PARA NOTAS GENERALES, DIBUJOS DE REFERENCIA, CODIGO DE TUBERIAS Y SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION VER DIB. NO. FES-1020
- EQUIPO DENTRO DEL ALCANCE DE ESTE PROYECTO
- UNIDAD DE COMPRESION FUTURA
- EL PAQUETE DE DISTRIBUCION DE AGUA DE SERVICIOS INCLUYE AL TANQUE HIDRONEUMATICO, FA-05 LA BOMBA DE AGUA DE SERVICIOS, GA-07 Y LA INSTRUMENTACION DE PROCESO Y SEGURIDAD ASOCIADA AL EQUIPO Y TUBERIA DE DISTRIBUCION.
- LOS TANQUES FB-03 A/B SE LOCALIZARAN EN LA AZOTEA DEL TALLER Y VESTIDORES.

LISTA DE EQUIPO.

CLAVE	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
(NOTA 2) FA-01	ACUMULADOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS.	L1.1 - 3353 MM D1-1676 MM
(NOTA 2) FA-02	ACUMULADOR DE AIRE DE PLANTA	L1.1 - 3353 MM D1-1676 MM
(NOTAS 2 Y 4) FA-05	TANQUE HIDRONEUMATICO	L1.1 - 3353 MM D1-1676 MM
(NOTAS 2 Y 5) FB-03 A/B	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE SERVICIOS.	L1.1 - 1390 MM D1-960 MM
(NOTA 2) FE-01	FOSA DE DRENAJE ACEITOSO	1200 x 1200 x 3000 MM
(NOTA 2) FE-02	FOSA DE DRENAJE ACEITOSO	1200 x 1200 x 3000 MM
(NOTA 2) GA-08	BOMBA DE DRENAJES ACEITOSOS	0 - 70 GPM Δ P. 25 PSIG
(NOTA 2) GA-09	BOMBA DE DRENAJES ACEITOSOS	0 - 70 GPM Δ P. 25 PSIG
(NOTA 2) GB-01	COMPRESOR DE GAS NATURAL	0 - 155 MMPCSD
(NOTA 2) GB-02	COMPRESOR DE GAS NATURAL	0 - 70 MMPCSD
(NOTA 2) GB-03	COMPRESOR DE GAS NATURAL	0 - 78 MMPCSD
(NOTAS 2 Y 3) GB-04	COMPRESOR DE GAS NATURAL	EQUIPO A FUTURO
(NOTA 2) GB-05 A/B	COMPRESORES DE AIRE DE INSTRUMENTOS Y AIRE DE PLANTA.	0 - 150 PCSM Δ P. 125 PSIG
(NOTA 2) PA-01	PAQUETE DE SECADO DE AIRE.	0 - 150 PCSM P. 125 PSIG

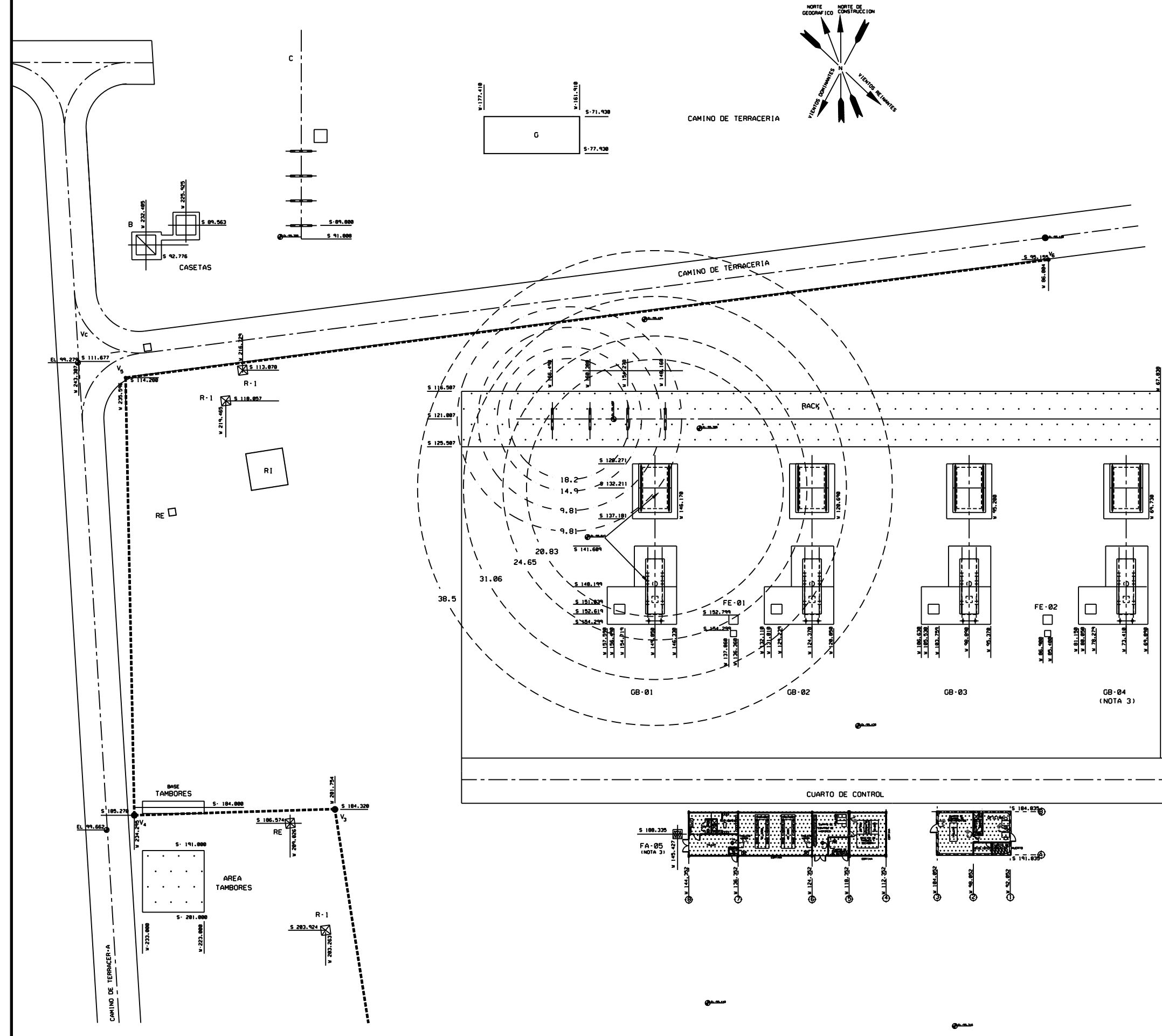
AREA PARA TAMBORES DE ACEITE DE LUB.  
BASE PARA TAMBORES DE ACEITE DE LUB.

DESCRIPCION DE LOS ESCENARIOS DE ACCIDENTES.

No.	SECCION	HIPOTESIS	TIPO DE PELIGRO
1	Trampa de envío de Dabbs.	Fuga de Gas en la trampa de envío a Lázaro Cárdenas debido a una falla en la operación de envío del diáblo.	• Incendio. • Explosión.
2	Sección de Compresión	Fuga de gas en la placa de orificio con disipación de la nube explosiva. (Cabezal de 20")	• Incendio. • Explosión.
3	Sección de Compresión	Fuga de gas en separador de proceso hacia la succión de compresión.	• Incendio. • Explosión.
4	Sección de Compresión	Fuga de gas en válvula de corte de 24" en cabezal de succión de compresores.	• Incendio. • Explosión.
5	Sección de Compresión	Fuga de gas en la descarga del patin de compresión.	• Incendio. • Explosión.
6	Sección de Compresión	Fuga de gas en el enfriador solar y formación de nube explosiva.	• Incendio. • Explosión.
7	Sección de Compresión	Fuga de gas en el separador de acondicionamiento de gas para suministro neumático.	• Incendio. • Explosión.
8	Sistema	Falla del sistema de encendido electrónico del quemador y venteo de gas natural a la atmósfera (dispersión de gas).	• Incendio. • Explosión.
9	Sección de Compresión	Venteo de gas en el sistema de control e instrumentación neumática del compresor.	• Incendio. • Explosión.

RESULTADOS DE DISTANCIAS MÁXIMAS PARA DISTINTOS NIVELES DE RADIACIÓN. ESTACION VALTIERRILLA

No. de Hipótesis	Distancia Máxima (mts) a una Intensidad de Radiación de 550 Btu/hr-pie <sup>2</sup> (1.73 kw/m <sup>2</sup> )	Distancias en metros Para los siguientes niveles de Radiación (kw/m <sup>2</sup> )		
		1268.8 (4.0)	3964.8 (12.5)	11894.6 (37.5)
1	18.2	14.86	11.7	9.81
2	18.2	14.85	11.7	9.81
3	14.4	11.75	9.26	7.71
4	18.2	14.86	11.7	9.81
5	14.4	11.75	9.26	7.71
6	14.4	11.75	9.26	7.71
7	38.5	31.06	24.65	20.83
8	71.0	58.39	45.23	38.63
9	1.9	1.67	1.62	N.A.





**NOTAS**

- 1.- PARA NOTAS GENERALES, DIBUJOS DE REFERENCIA, CODIGO DE TUBERIAS Y SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION VER DIB. NO. FES-1020
- 2.- EQUIPO DENTRO DEL ALCANCE DE ESTE PROYECTO
- 3.- UNIDAD DE COMPRESION FUTURA
- 4.- EL PAQUETE DE DISTRIBUCION DE AGUA DE SERVICIOS INCLUYE AL TANQUE HIDRONEMATICO, FA-05; LA BOMBA DE AGUA DE SERVICIOS, GA-07 Y LA INSTRUMENTACION DE PROCESO Y SEGURIDAD ASOCIADA AL EQUIPO Y TUBERIA DE DISTRIBUCION.
- 5.- LOS TANQUES FB-03 A/B SE LOCALIZARAN EN LA AZOTEA DEL TALLER Y VESTIDORES.

**LISTA DE EQUIPO.**

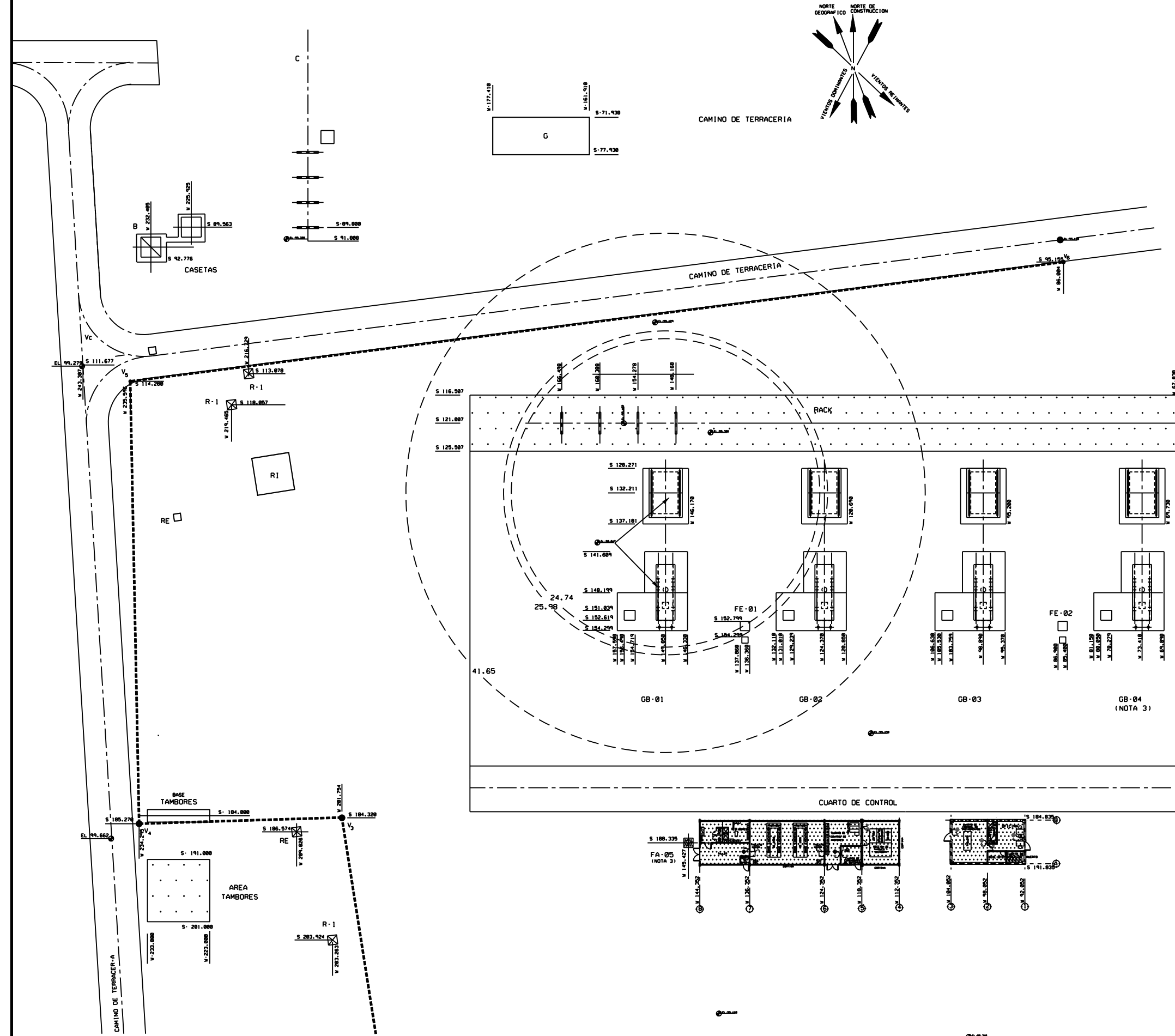
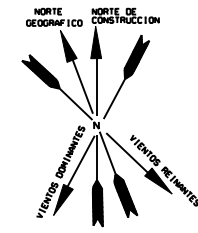
CLAVE	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
(NOTA 2) FA-01	ACUMULADOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS.	L-1-1 3353 MM OI-1676 MM
(NOTA 2) FA-02	ACUMULADOR DE AIRE DE PLANTA	L-1-1 3353 MM OI-1676 MM
(NOTAS 2 Y 4) FA-05	TANQUE HIDRONEMATICO	L-1-1 3353 MM OI-1676 MM
(NOTAS 2 Y 5) FB-03 A/B	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE SERVICIOS.	L-1-1 1390 MM OI-960 MM
(NOTA 2) FE-01	FOSA DE DRENAJE ACEITOSO	1200 X 1200 X 3000 MM
(NOTA 2) FE-02	FOSA DE DRENAJE ACEITOSO	1200 X 1200 X 3000 MM
(NOTA 2) GA-08	BOMBA DE DRENAJES ACEITOSOS	0-70 GPM Δ P- 25 PSIG
(NOTA 2) GA-09	BOMBA DE DRENAJES ACEITOSOS	0-70 GPM Δ P- 25 PSIG
(NOTA 2) GB-01	COMPRESOR DE GAS NATURAL	0-155 MMPCSD
(NOTA 2) GB-02	COMPRESOR DE GAS NATURAL	0-78 MMPCSD
(NOTA 2) GB-03	COMPRESOR DE GAS NATURAL	0-78 MMPCSD
(NOTAS 2 Y 3) GB-04	COMPRESOR DE GAS NATURAL	EQUIPO A FUTURO
(NOTA 2) GB-05 A/B	COMPRESORES DE AIRE DE INSTRUMENTOS Y AIRE DE PLANTA.	0-150 PCSM Δ P- 125 PSIG
(NOTA 2) PA-01	PAQUETE DE SECADO DE AIRE.	0-150 PCSM P- 125 PSIG
	AREA PARA TAMBORES DE ACEITE DE LUB.	
	BASE PARA TAMBORES DE ACEITE DE LUB.	

**DESCRIPCION DE LOS ESCENARIOS DE ACCIDENTES.**

No.	SECCION	HIPOTESIS	TIPO DE PELIGRO
1	Trampa de envío de Diablos.	Fuga de Gas en la trampa de envío a Lázaro Cárdenas debido a una falla en la operación de envío del dabb.	• Incendio. • Explosión.
2	Sección de Compresión	Fuga de gas en la placa de orificio con disipación de la nube explosiva. (Cabezal de 20")	• Incendio. • Explosión.
3	Sección de Compresión	Fuga de gas en separador de proceso hacia la succión de compresión.	• Incendio. • Explosión.
4	Sección de Compresión	Fuga de gas en válvula de corte de 24" en cabezal de succión de compresores.	• Incendio. • Explosión.
5	Sección de Compresión	Fuga de gas en la descarga del patín de compresión.	• Incendio. • Explosión.
6	Sección de Compresión	Fuga de gas en el enfriador de aire y formación de nube explosiva.	• Incendio. • Explosión.
7	Sección de Compresión	Fuga de gas en el separador de acondicionamiento de gas para suministro neumático.	• Incendio. • Explosión.
8	Sistema de desfogue	Falla del sistema de encendido electrónico del quemador y venteo de gas natural a la atmósfera (dispersión de gas).	• Incendio. • Explosión.
9	Sección de Compresión	Venteo de gas en el sistema de control e instrumentación neumática del compresor.	• Incendio. • Explosión.

**RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS DE EXPLOSIÓN  
MODELO "BAKER STREHLLOW EXPLOSION"**

NO DE HIP.	MASA INFLAMABLE EN LA NUBE. (KG)	DISTANCIA MÁXIMA A UNA SOBREPRESIÓN DE 0.3 PSIG (0.0207 BAR) (METROS).	DISTANCIA MÁXIMA A UNA SOBREPRESIÓN DE 2.0 PSIG (0.1379 BAR) (METROS).	DISTANCIA MÁXIMA A UNA SOBREPRESIÓN DE 3.0 PSIG (0.2068 BAR) (METROS).
1	NA	29.67	20.55	19.82
2	NA	NA	NA	NA
3	NA	NA	NA	NA
4	NA	NA	NA	NA
5	NA	25.16	18.11	17.55
6	NA	25.16	18.11	17.55
7	NA	41.65	25.98	24.74
8	NA	158.1	97.02	92.19
9	NA	NA	NA	NA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FES ZARAGOZA									
DIAGRAMA DE PETALOS EXPLOSION SECCION DE COMPRESION DE GAS NATURAL									
DESARROLLO DE LA INGENIERIA BASICA Y BASES TECNICAS PARA LA ESTACION DE COMPRESION DE GAS NATURAL.									
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA.									
MEXICO									
ESC. 1-250 ACIADO EN									
DIB. NO. FES-1011B REV. 6									
PARA APROBACION									
DESCRIPCION									
DIS. DIB. VER. SPVR. ING. ESP. JEFE DIV. CORRES. DIV. PROY. J. PROY. GER. FECHA CLIENTE FECHA									
REV.									

## CONCLUSIONES

*“Saltar rápidamente a conclusiones  
rara vez conduce a felices aterrizajes.”*

*Frase célebre: S. Siporin.*

---



## CONCLUSIONES

En base a los resultados del riesgo global obtenidos en el análisis de Índice Mond para las secciones estudiadas se observa que la sección de mayor riesgo global es la Trampa de Diablos de Gas L.P.

No obstante que la sección de mayor riesgo global es la Trampa de Diablos de Gas L.P., se considera como menos crítica que la sección de los Módulos de Compresión de Gas Natural, debido a lo siguiente:

- ◆ La sección de Trampa de Diablos de Gas L.P. se encuentra ubicada en la zona noreste, alejada de la sección de proceso de los módulos de compresión de gas natural.
- ◆ La operación de la Trampa de Diablos y del Quemador de Gas L.P. es intermitente, mientras que los Módulos de Compresión de Gas Natural operan en forma continua.

## RECOMENDACIONES PARA CORREGIR, MITIGAR O ELIMINAR EL RIESGO

En el desarrollo del presente trabajo, se puso de manifiesto la premisa básica de garantizar la óptima protección al ser humano, la propiedad y el medio ambiente en una estación de compresión de gas natural a través de un estudio de análisis de riesgo, por lo cual las conclusiones requieren de propuestas creativas y concretas que proporcionen soluciones para lograr un balance óptimo de efectividad en la eliminación o reducción de los riesgos en dicha instalación.

Por tal motivo las conclusiones del trabajo, se describen en tres puntos (Análisis Cuantitativo, Estudio HAZOP y Modelado de Consecuencias) de los cuales se emiten las recomendaciones pertinentes para su implantación en la eliminación de riesgos.

## ANÁLISIS CUANTITATIVO

Ante la necesidad de incrementar la seguridad en el proceso, manteniendo al personal protegido de posibles daños, tener instalaciones seguras y proteger el medio ambiente, se emiten las siguientes recomendaciones de orden general y preventivas:

- ◆ Será necesario implementar sistemas de soporte de emergencia y seguridad de protección básicas en las áreas de peligro y de ruta de evacuación así como sistemas de alarmas audibles y visibles en las mismas áreas.
- ◆ Se recomienda instalar indicadores de presión y válvula de seguridad por expansión térmica en la recepción y envío de las trampas de diablos, así como también incluir un sistema de drenajes atmosféricos para las áreas de derrames de las trampas de envío y recibo de diablos.
- ◆ Implantar y llevar a cabo programas de mantenimiento, preventivo y correctivo en tubería y equipos, así como procedimientos para la calibración y mantenimiento de dispositivos de control de medición y de seguridad.

## ESTUDIO DE HAZOP

### RECEPCIÓN DE GAS NATURAL

- ◆ Debe existir comunicación entre las áreas operativas de la estación de compresión de gas natural y Santa Ana, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema.
- ◆ Se sugiere que las válvulas de seccionamiento provistas con actuador neumático, cuenten con volante para accionamiento manual, en caso de falla del sistema de gas de instrumentos.

### ENVÍO DE GAS NATURAL HACIA LÁZARO CÁRDENAS

- ◆ Debe existir comunicación entre las áreas operativas de la estación de compresión de gas natural y Lázaro Cárdenas, para informar de las variaciones en las condiciones de operación y fluctuaciones que pueden existir en el sistema.
- ◆ Deberá realizarse continuamente un monitoreo en las condiciones de proceso y analizar la razón de las variaciones, así como efectuar la constante revisión del estado de válvulas de seccionamiento y del estado del ducto.

### SISTEMA DE COMPRESIÓN

- ◆ Se recomienda la instalación de un sistema de detección de fuego (luz ultravioleta ó infrarroja) y detección de humo en el área de compresores, localizando estratégicamente los detectores de fuego y humo, con actuación de sistemas de aspersion, alarmas auditivas y visuales.
- ◆ Se sugiere incluir indicación de presión en cuarto de control de la succión y la descarga de los diversos compresor además la revisión de la alineación de las válvulas de corte y la inspección visual del estado de líneas.
- ◆ Se deberá llevar un registro de la operación de cada compresor por separado y anotar las variaciones detectadas en cada equipo, así como la operación de cada instrumento y anotar las variaciones detectadas de los mismos, para analizar la causa de las tendencias de la anomalía y en caso necesario reportar el equipo ó dispositivos para mantenimiento.

### GAS COMBUSTIBLE

- ◆ Se recomienda adicionar alarmas por alta y baja presión en la línea de gas combustible hacia la turbina así como alarmas por alta y baja presión en la línea de gas a instrumentos.

### DRENAJES

- ◆ Deberá realizarse inspecciones rutinarias para detectar la acumulación de desechos sólidos que pudieran obstruir al drenaje en la rejilla periférica cercana a los compresores y retirarlos ó reportarlo para su limpieza.
- ◆ Se recomienda instalar indicadores de nivel en las fosas receptoras de drenajes FE-01 y FE-02 con indicación en cuarto de control.
- ◆ Al momento de operar las bombas del drenaje, deberán revisar las conexiones, estado de válvulas y efectuar el recorrido de la línea hasta el auto-tanque ó tambores en los que se descargará el producto, para detectar posibles anomalías ó fugas.

### AGUA CONTRA INCENDIO

- ◆ Se deberá realizar monitoreo constante en la red de agua contraincendio, para identificar posibles fugas para su inmediata reparación y en caso de arranques y paros repentinos del equipo de bombeo se deberán revisar los ajustes de los PSL del sistema.
- ◆ Se recomienda efectuar la reubicación del indicador de presión y de los interruptores por alta y baja presión a la descarga de las bombas jockey y principales, a un punto entre la descarga de la bomba y la válvula de retención check para sensar la presión de descarga de la misma, aún cuando la válvula de bloqueo esté cerrada.
- ◆ Se recomienda la instalación de una alarma por alto nivel y sustituir el indicador local de nivel por un transmisor - indicador de nivel que envíe señal al cuarto de control (con la posibilidad de configurar alarmas por alto y bajo nivel).

- ◆ Efectuar inspecciones periódicas del sistema de control de la línea de alimentación al tanque de agua contraincendio y además verificar periódicamente el estado de la fuente de alimentación primaria de agua y dar mantenimiento al equipo del mismo
- ◆ Vigilar que se cumpla el mantenimiento periódico de la instrumentación, interruptores y alarmas. Se recomienda sustituir el (LI) local de nivel por un (LIT) que envíe señal al cuarto de control (con la posibilidad de configurar alarmas por alto y bajo nivel).
- ◆ Aprovechar los paros programados para efectuar inspecciones en la base del tanque de almacenamiento para detectar posibles fugas y si estas se detectan cambiar las placas afectadas.
- ◆ Se deberá llevar un registro del mantenimiento preventivo, correctivo y tiempo en operación de cada bomba.

#### AIRE DE PLANTA E INSTRUMENTOS

- ◆ Se recomienda dejar las conexiones a manera de previsión para poder emplear gas natural hacia los instrumentos en caso de falla de los paquetes de compresión de aire GB-05 A/B.
- ◆ Se deberá realizar monitoreo y registro constante del comportamiento del sistema, así como registro de las horas de trabajo de cada compresor y caso de detectar cualquier anomalía deberá analizar qué ocurre en el sistema y programar el mantenimiento del equipo.
- ◆ Se deberá monitorear la indicación de presión diferencial de filtros y secadores y en caso necesario, programarlos para mantenimiento.

#### MODELACIÓN DE CONSECUENCIAS

Para estos eventos se tienen las siguientes recomendaciones

- ◆ Se deberá tener cuidado al efectuar trabajos de mantenimiento y en la medida de lo posible emplear herramientas que no produzcan chispas para evitar que el gas liberado por los venteos de los instrumentos pueda inflamarse o generar una explosión.
- ◆ Se deberá incrementar la frecuencia de Inspección o de mantenimiento preventivo en los componentes de corte como son válvulas con actuador neumático, válvulas de control, válvulas manuales, checks y en equipos como compresores, filtros separadores de gas de proceso etc.
- ◆ Se deberá incrementar el nivel de capacitación en cuanto a las operaciones críticas como son: arranque y alineación de equipos de compresión, paro programado, paro de emergencia, combate contraincendio, realización de corrida de diablos, etc.
- ◆ Implementar un procedimiento para registrar fallas de los equipos, instrumentos y dispositivos de control, además de desarrollar formatos para llevar a cabo el registro de fallas y establecer responsabilidades con el fin de garantizar un seguimiento de las fallas en la operación y el establecimiento de criterios para la elaboración de bases de datos de tasas de falla en todas las instalaciones para proceder a realizar estudios de confiabilidad que disminuyan la frecuencia de paros aleatorios de los equipos e incrementar de este modo la productividad.
- ◆ Implementar una cultura de análisis para llegar a la solución de los problemas importantes.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brzustowski, T.A. "Un Modelo de Predicción de las Formas y Longitudes de Flamas de Difusión Turbulenta Sobre Quemadores Elevados del Tipo Industrial". 22da. Conferencia Química Canadiense. Toronto, Canadá, 1972.
2. De la Mora Medina, R. "Análisis de árbol de fallas" I.M.P., 2000.
3. De la Mora Medina, R. "Otros Métodos de Análisis de Riesgos en Instalaciones de Proceso", I.M.P., 2000.
4. L. Ortega y J. Alfredo. "La tecnología y normalización en materia de gas L.P. y natural en México". ENEP Aragón. UNAM. 1983.
5. Larry W. Canter. "Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la Elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental". Mc-Graw-Hill. 2a. Edición 1998.
6. León Javier Mercedes Antonia. "Inspección y limpieza de ductos que transportan gas natural usando diablos". FES Zaragoza. UNAM. 1999.
7. Rodríguez Pimentel Reyna. "Realización de un sistema experto para el cálculo de nubes explosivas". FES Zaragoza. UNAM. 1998.
8. S. Aguilar Esperanza. "Análisis de riesgo en el manejo, transporte y distribución de gas licuado de petróleo". Facultad de Ingeniería. UNAM. 1991.
9. Villar Marín, V. Hugo. "Técnicas de evaluación de daños y análisis de riesgos en industrias de proceso". FES Zaragoza. UNAM. 1995.
10. Asociación Mexicana del Gas Natural. "IV Congreso y Exposición sobre la Industria del Gas Natural en México" Julio del 2000.
11. "CCPS Lineamientos para el Análisis de Riesgos Cuantitativos del Proceso Químico". Centro para la Seguridad del Proceso Químico. Instituto Norteamericano de Ing. Químicos. 1989.
12. "CCPS Guidelines For Hazard Evaluation Procedures". Second Edition with Worked Examples. Center for Chemical Process Safety. American Institute Chemicals Eng. 1995.
13. HAZARD AND OPERABILITY (HAZOP) STUDIES  
American Institute of Chemicals Engineers Series Today. San Diego, California. 1997.
14. "HSC. Aspectos de Riesgos Mayores del Transporte de Sustancias Peligrosas (Reporte y Apéndices)". Comisión de Seguridad e Higiene. Londres, Reino Unido. 1991. pp. 136-137.
15. LOSS PREVENTION IN THE PROCESS INDUSTRIES  
Hazard Identification, Assessment and Control. Second Edition. Frank P. Lees. 1996.
16. MANAGEMENT OF PROCESS HAZARDS.  
Production and Refining Departamentos. API Recommended Practice 750. 1ª ed. January 1990.
17. Norma Administrativa de Calidad. NMX-CC-9000-IMNC-2000/ISO 9000-2000.
18. Norma Administrativa de Ecológica. NMX-SSA-001-1998-IMNC/ISO 14000-1996.

19. Norma Técnica Ecológica. NTE-CCAT-008/88. "Que Establece los Niveles Máximos Permisibles de Emisión a la Atmósfera de Partículas, Monóxido de Carbono, Bióxido de Azufre y Óxidos de Nitrógeno, Provenientes de Procesos de Combustión de Gas Natural en F. Fijas".
20. Norma Oficial Mexicana. NOM-001-ECOL-1996. "Que Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales".
21. Norma Oficial Mexicana. NOM-028-STPS-2002. "Organización del Trabajo-Seguridad en los Procesos de Sustancias Químicas".
22. Norma Oficial Mexicana NOM-005-SECRE-1997. "Gas Natural Licuado-Estación de Servicio".
23. Reglamento de Gas Natural. "[www.pemex-reg-gas.htm](http://www.pemex-reg-gas.htm)"
24. PHAST Manual de Capacitación. DNV Technica Inc. 1994-96. Software Products División.
25. PROCESS HAZARD ANALYSIS. Hazard and Operability (HAZOP) and What-if/Checklist Techniques. Process Safety Institute. Knoxville, TN. 1997.
26. S.E.M.A.R.N.A.P. "Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1995-1996".
27. S.E.M.A.R.N.A.P. "Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente".
28. S.E.M.A.R.N.A.P. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA (INE.) "Sistema Nacional de Información Ambiental" 1996-2000.
29. Tsao. C.K. y W.W. Perry "Modificaciones al Modelo de Vulnerabilidad: Un Sistema de Simulación para Evaluar el Daño Causado por Derrames Marítimos". Guardia Costera de los E.U.A., Reporte CG-D-38-79. Washington, D.C. Marzo 1979.

DIRECCIONES DE INTERNET:

30. <http://www.energia.gob.mx/energia/procesos.htm>
31. <http://www.glp.htm>
32. <http://www.iie.org.mx/publica/bolja97/actija97.htm>
33. <http://www.ine.gob.mx/dgmrar/ra/index.html>
34. <http://www.ine.gob.mx/dgmrar/ra/clasificación/clasifica.html>
35. <http://www.ine.gob.mx/dgmrar/ra/definición/defra.html>
36. <http://www.ine.gob.mx/dgmrar/ra/definición/defaara.html>
37. <http://www.ine.gob.mx/dgmrar/ra/efectos/efectos.html>
38. <http://www.ine.gob.mx/dgmrar/ra/evolución/evolución.html>
39. <http://www.ine.gob.mx/dgmrar/ra/estudiosriesgo/estudios.html>
40. <http://www.ine.gob.mx/dgmrar/ra/tecnicas.html>
41. <http://www.ine.gob.mx/dgmrar/ra/estudiosriesgo/diagramaer.html>
42. <http://www.ine.gob.mx/dgmrar/ra/ppas/ppas.html>
43. [http://www.inppaz.org.ar/MENUPAL/INFTEC/FOS/catering/Capit\\_9.html](http://www.inppaz.org.ar/MENUPAL/INFTEC/FOS/catering/Capit_9.html)
44. <http://www.utfsm.cl/acerca/unidades-admin/higiene-seguridad/admriesgos.html>

## APÉNDICE

### RELACIÓN DE APÉNDICES

- ◆ APÉNDICE “A”: PRIMER LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.
  - ◆ APÉNDICE “B”: SEGUNDO LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.
  - ◆ APÉNDICE “C”: GUÍA PARA EL ESTUDIO DE ANÁLISIS DE RIESGO.
  - ◆ APÉNDICE “D”: GUÍA PARA LA ELABORACION DE PROGRAMAS PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES.
-



## **APÉNDICE “A” PRIMER LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.**

**ACUERDO** por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los Artículos 5o. Fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 Fracción XXXII y 37 Fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expide el primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas.

Al margen de un sello con el Escudo Nacional, que dice Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Gobernación.

**ACUERDO POR EL QUE LAS SECRETARÍAS DE GOBERNACIÓN Y DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA, CON FUNDAMENTO EN LO DISPUESTO POR LOS ARTÍCULOS 5o. FRACCIÓN X Y 146 DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE; 27 FRACCIÓN XXXII Y 37 FRACCIONES XVI Y XVII DE LA LEY ORGÁNICA DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL, EXPIDEN EL PRIMER LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.**

### **CONSIDERANDO**

Que la regulación de las actividades que se consideren altamente riesgosas por la magnitud o gravedad de los efectos que puedan generar en el equilibrio ecológico o el ambiente, está contemplada en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como asunto de alcance general de la nación o de interés de la Federación y se prevé que una vez hecha la determinación de las mismas se publicarán los listados correspondientes.

Que el criterio adoptado para determinar cuáles actividades deben considerarse como altamente riesgosas, se fundamenta en que la acción o conjunto de acciones, ya sean de origen natural o antropogénico, estén asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radioactivas, corrosivas o biológicas, en cantidades tales que, en caso de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las misma o bien una explosión, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Que por lo tanto, se hace necesario determinar la cantidad mínima de las sustancias peligrosas con las propiedades antes mencionadas, que en cada caso, convierte su producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, en actividades que, de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las mismas, vía atmosférica, provocarían la presencia de límites de concentración superiores a los permisibles, en un área determinada por una franja de 100 metros en torno de las instalaciones, o medios de transporte, y en el caso de la formación de nubes explosivas, la existencia, de ondas de sobrepresión. A esta cantidad mínima de sustancia peligrosa, se le denomina cantidad de reporte.

Que en consecuencia, para la determinación de las actividades consideradas altamente riesgosas, se partirá de la clasificación de las sustancias peligrosas, en función de sus propiedades, así como de las cantidades de reporte correspondiente. Que cuando una sustancia presente más de una de las propiedades señaladas, está se clasificará en función de aquella ó aquéllas que presenten el o los más altos grados potenciales de afectación al ambiente, a la población o a sus bienes y aparecerá en el listado o listados correspondientes.

Que mediante este Acuerdo se expide el primer listado de actividades altamente riesgosas y que corresponden a aquéllas en que se manejan sustancias tóxicas. En dicho listado quedan exceptuadas en forma expresa el uso y aplicación de plaguicidas con propiedades tóxicas, en virtud de que existe una legislación específica para el caso, en la que se regula esta actividad en lo particular.

Que este primer listado y los subsecuentes que se expidan, para el caso de aquellas actividades asociadas con el manejo de sustancias inflamables, explosivas, reactivas, corrosivas o biológicas, éstas constituirán el sustento para determinar las normas técnicas de seguridad y operación, así como para la elaboración de los programas para la prevención de accidentes, previstos en el artículo 147 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, mismos que deberán observarse en la realización de dichas actividades.

Que cuando las actividades asociadas con el manejo de sustancias con propiedades radioactivas, podrían considerarse altamente riesgosas, las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología no establecerán un listado de las mismas, en virtud de que la expedición de las normas de seguridad nuclear, radiológica y física de las instalaciones nucleares o radioactivas compete a la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal y a la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, con la participación que en su caso corresponda a la Secretaría de Salud, de conformidad con lo dispuesto por la legislación que de manera específica regula estas actividades.

Que las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología, previa opinión de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Agricultura y Recursos Hidráulicos y del Trabajo y Previsión Social, llevaron a cabo los estudios que sirvieron de sustento para determinar los criterios y este primer listado de actividades que deben considerarse altamente riesgosas. En mérito de lo anterior hemos tenido al bien dictar el siguiente:

## ACUERDO

**Artículo 1o.-** Se considerará como actividad altamente riesgosa, el manejo de sustancias peligrosas en un volumen igual o superior a la cantidad de reporte.

**Artículo 2o.-** Para los efectos de este ordenamiento se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las siguientes:

- ◆ **Cantidad de reporte:** Cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.
- ◆ **Manejo:** Alguna o el conjunto de las actividades siguientes; producción, procesamiento, transporte, almacenamiento uso o disposición final de sustancias peligrosas.
- ◆ **Sustancia peligrosa:** Aquella que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radioactividad, corrosividad o acción biológica puede ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.
- ◆ **Sustancia tóxica:** Aquélla que puede producir en organismos vivos, lesiones, enfermedades, implicaciones genéticas o muerte.

**Artículo 3o.-** Con base en lo previsto en el artículo primero, se expide el primer listado de actividades altamente riesgosas, que corresponde a aquéllas en que se manejen sustancias tóxicas. Estas actividades son la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final de las sustancias que a continuación se indican, cuando se manejen volúmenes iguales o superiores a las cantidades de reporte siguientes:

**I. Cantidad de reporte: a partir de 1 kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

Acido cianhídrico.  
Acido fluorhídrico-(fluoruro de hidrógeno).  
Arsina.  
Cloruro de hidrógeno.  
Cloro (1).  
Diborano.  
Dióxido de nitrógeno.  
Flúor.  
Fosgeno.  
Hexafluoruro de telurio.  
Oxido nítrico.  
Ozono(2).  
Seleniuro de hidrógeno.  
Tetrafluoruro de azufre.  
Tricloruro de boro.

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Acroleína.  
Alil amina.  
Bromuro de propargilo.  
Butil vinil éter.  
Carbonilo de níquel.  
Ciclopentano.  
Clorometil metil éter.  
Cloruro de metacrililo.  
Dioxolano.  
Disulfuro de metilo.  
Fluoruro cianúrico.  
Furano.  
Isocianato de metilo.  
Metil hidracina.  
Metil vinil cetona.  
Pentaborano.  
Sulfuro de dimetilo.  
Tricloroetil silano.

c) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

2 Clorofenil tiourea.  
2,4 Ditiobiuret.  
4,6 Dinitro-cresol.  
Acido becen arsénico.  
Acido cloroacético.  
Acido fluoroacético.  
Acido metil-carbamilo.  
Acido tiocianico 2-benzotíánico.  
Aldicarb.  
Arseniato de calcio.  
Bis clorometil cetona.

Bromodiolona.  
Carbofurano (furadán).  
Carbonilos de cobalto.  
Cianuro de potasio.  
Cianuro de sodio.  
Cloroplatinato de amonio.  
Cloruro crómico.  
Cloruro de dicloro benzalkonio.  
Cloruro platinoso.  
Cobalto.  
Cobalto (2,2-(1,2-etano).  
Complejo de organorodio.  
Decaborano.  
Dicloro xileno.  
Difacionona.  
Didisocianato de isoforona.  
Dimetil-p-fenilendiamina.  
Dixitoxin.  
Endosulfan.  
Epn.  
Estereato de cadmio.  
Estricnina.  
Fenamifos.  
Fenil tiourea.  
Fluoroacetamida.  
Fósforo (rojo, amarillo y blanco).  
Fósforo de zinc.  
Fosmet.  
Hexacloro naftaleno.  
Hidruro de litio.  
Metil anzifos.  
Metil paration.  
Monocrotofos (azodrín).  
Oxido de cadmio.  
Paraquat.  
Paraquat-metasulfato.  
Pentadecilamina.  
Pentóxido de arsénico.  
Pentóxido de fósforo.  
Pentóxido de vanadio.  
Pireno.  
Piridina, 2 metil, 5 vinil.  
Seleniato de sodio.  
Sulfato de estricnina.  
Sulfato taloso.  
Sulfato de talio.  
Tetracloruro de iridio.  
Tetracloruro de platino.  
Tetraóxido de osmio.  
Tiosemicarbazida.  
Triclorofón.  
Trióxido de azufre.

**II. Cantidad de reporte: a partir de 10 kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

Acido sulfhídrico.  
Amoniaco anhidro.  
Fosfina.  
Metil mercaptano.  
Trifluoruro de boro.

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

1,2,3,4 diepoxibutano.  
2,cloroetanol.  
Bromo.  
Cloruro de acrilolo.  
1 Sulfuro.  
Mesitileno.  
Oxicloruro fosforoso.  
Pentacarbonilo de fierro.  
Propionitrilo.  
Pseudocumeno.  
Tetracloruro de titanio.  
Tricloro (clorometil) silano.  
Vinil norborneno.

c) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

Acetato de metoxietilmercurio.  
Acetato fenil mercúrico.  
Acetato mercúrico.  
Arsenito de potasio.  
Arsenito de sodio.  
Azida de sodio.  
Bromuro cianógeno.  
Cianuro potásico de plata.  
Cloruro de mercurio.  
Cloruro de talio.  
Fenol.  
Fosfato etilmercúrico.  
Hidroquinona.  
Isotiosianato de metilo.  
Lindano.  
Malonato taloso.  
Malononitrilo.  
Níquel metálico.  
Oxido mercúrico.  
Pentaclorofenol.  
Pentacloruro de fósforo.  
Salcomina.  
Selenito de sodio.  
Telurio.  
Telurito de sodio.  
Tiosemicarbácida acetona.  
Tricloruro de galio.  
Warfarin.

**III. Cantidad de reporte: a partir de 100 Kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en el estado gaseoso:

Bromuro de metilo.  
Etano (3).  
Oxido de etileno.

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

2,6-Diisocianato de tolueno.  
Acetaldehido (3).  
Acetato de vinilo.  
Acido nítrico.  
Acrilonitrilo.  
Alcohol alílico.  
Beta propiolactona.  
Cloroacetaldehído.  
Crotonaldehído.  
Disulfuro de carbono.  
Eter bis-cloro metílico.  
Hidracina.  
Metil tricloro silano.  
Nitrosodimetilamina.  
Oxido de propileno.  
Pentacloroetano.  
Pentafluoruro de antimonio.  
Perclorometil mercaptano.  
Piperidina.  
Propilenimina.  
Tetrametilo de plomo.  
Tetranitrometano.  
Tricloro benceno.  
Tricloruro de arsénico.  
Trietoxisilano.  
Trifluoruro de boro.

c) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

Acido cresílico.  
Acido selenioso.  
Acrilamida.  
Carbonato de talio.  
Metomil.  
Oxido tálico.  
Yoduro cianógeno.

**IV. Cantidad de reporte: a partir de 1,000 Kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

Butadieno.

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Acetonitrilo.  
Benceno (3).  
Cianuro de bencilo.  
Cloroformo.  
Cloruro de benzal.  
Cloruro de bencilo.  
2,4-Diisocianato de tolueno.  
Epiclorohidrina.  
Isobutironitrilo.  
Oxicloruro de selenio.  
Peroxido de hidrógeno.  
Tetracloruro de carbono (3).  
Tetraetilo de plomo.  
Trimetilcloro silano.

**V. Cantidad de reporte: a partir de 10,000 Kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

2,4,6 Trimetil anilina.  
Anilina.  
Ciclohexilamina.  
Cloruro de benceno sulfonilo.  
Diclorometil fenil silano.  
Etilen diamina.  
Forato.  
Formaldehido cianohidrina.  
Gas mostaza; sinónimo (sulfato de bis 2-cloroetilo).  
Hexacloro ciclo pentadieno.  
Lactonitrilo.  
Mecloretamina.  
Metanol.  
Oleum.  
Sulfato de dimetilo.  
Tiocianato de etilo.  
Tolueno (3).

**VI. Cantidad de reporte: a partir de 100,000 Kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

1,1-Dimetil hidracina.  
Anhídrido metacrílico.  
Cumeno.  
Diclorvos.  
Eter dicloroetílico.  
Eter diglicidílico.  
Fenil dicloro arsina.  
Nevinfos (fosforín).  
Octametil difosforamida.  
Tricloro fenil silano.

**VII. Cantidad de reporte: a partir de 1,000,000 Kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Adiponitrilo.  
Clordano.  
Dibutilftalato.  
Dicrotofos (bidrín).  
Dimetil 4 ácido fosfórico.  
Dimetilftalato.  
Dioctilftalato.  
Fosfamidón.  
Metil-5-Dimetón.  
Nitrobenceno.  
Tricloruro fosforoso.

(1) Se aplica exclusivamente a actividades industriales y comerciales.

(2) Se aplica exclusivamente a actividades donde se realicen procesos de ozonización.

(3) En virtud de que esta sustancia presenta además propiedades explosivas o inflamables, también será considerada, en su caso, en el proceso para determinar los listados de actividades altamente riesgosas, correspondientes a aquéllas en que se manejen sustancias explosivas o inflamables.

**Artículo 4o.-** Se exceptúa del listado de actividades altamente riesgosas, previsto en el artículo anterior, el uso o aplicación de plaguicidas con propiedades tóxicas.

**Artículo 5o.-** Para efectos del presente Acuerdo, se entenderá como sustancias en estado sólido, aquéllas que se encuentren en polvo menor de 10 micras.

**Artículo 6o.-** En el caso de las sustancias señaladas en el artículo 3o. que correspondan a plaguicidas, la cantidad de reporte se entenderá referida a su ingrediente técnico llamado también activo.

En los demás casos, las cantidades de reporte de las sustancias indicadas en este Acuerdo, deberán considerarse de conformidad con su más alto porcentaje de concentración. Cuando dichas sustancias se encuentran en solución o mezcla, deberá realizarse el cálculo correspondiente, a fin de determinar la cantidad de reporte para el caso de que se trate.

**Artículo 7o.-** Las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología, previa opinión de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal; Comercio y Fomento Industrial; de Salud; Agricultura y Recursos Hidráulicos y del Trabajo y Previsión Social, podrán ampliar y modificar el listado objeto del presente Acuerdo, con base en el resultado de investigaciones que al efecto se lleven a cabo.

**TRANSITORIO**

**UNICO.-** El presente acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el *Diario Oficial de la Federación*.

Ciudad de México a 26 de marzo de mil novecientos noventa.- El Secretario de Gobernación, Fernando Gutiérrez Barrios.- Rúbrica.- El Secretario de Desarrollo Urbano y Ecología, Patricio Chirinos Calero.- Rúbrica. Publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 28 de marzo de 1990.



## **APÉNDICE “B” SEGUNDO LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.**

**ACUERDO** por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 5o.- fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 fracción XXXII y 37 fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expiden el segundo listado de actividades altamente riesgosas.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Gobernación.

ACUERDO POR EL QUE LAS SECRETARÍAS DE GOBERNACIÓN Y DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA, CON FUNDAMENTO EN LO DISPUESTO POR LOS ARTÍCULOS 5o FRACCIÓN X Y 146 DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE, 27 FRACCIÓN XXXII Y 37 FRACCIONES XVI Y XVII DE LA LEY ORGÁNICA DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL EXPIDEN EL SEGUNDO LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.

### **CONSIDERANDO**

Que la regulación de las actividades altamente riesgosas, está contemplada en la Ley General del equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como asunto de alcance general de la nación o de interés de la Federación y se prevé que una vez hecha la determinación de las mismas se publicarán los listados correspondientes.

Que el criterio adoptado para determinar cuáles actividades deben considerarse como altamente riesgosas, se fundamenta en que la acción o conjunto de acciones, ya sean de origen natural o antropogénico, estén asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radioactivas, corrosivas o biológicas, en cantidades tales que, en caso de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las mismas o bien una explosión, ocasionarían una afectación significativa al ambiente a la población o a sus bienes.

Que por lo tanto, se hace necesario fijar dicha cantidad para cada sustancia peligrosa que presente las propiedades antes mencionadas. A esta cantidad se le denomina cantidad de reporte. Que con base en el criterio anterior se ha procedido a determinar las actividades altamente riesgosas en función de las propiedades de las sustancias que se manejen y a agrupar dichas actividades en los listados correspondientes. Que cuando una actividad esté relacionada con el manejo de una sustancia que presente más de una de las características de peligrosidad señaladas, en cantidades iguales o superiores a su cantidad de reporte, dicha actividad será considerada altamente riesgosa y se incluirá en cada uno de los listados que correspondan.

Que el 28 de marzo de 1990 se publicó en el *Diario Oficial de la Federación* el primer listado de actividades altamente riesgosas que corresponde a aquellas en que se manejen sustancias tóxicas. Que mediante este Acuerdo se expide el segundo listado de actividades altamente riesgosas que corresponde a aquéllas en que se manejen sustancias inflamables y explosivas, en cantidades tales que de producirse una liberación, ya sea por fuga o derrame de las mismas en la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final provocaría la formación de nubes inflamables, cuya concentración sería semejante al límite inferior de inflamabilidad, en un área determinada por una franja de 100 metros de longitud en torno de la instalaciones o medio de transporte dados, y en el caso de formación de nubes explosivas, la presencia de ondas de sobrepresión de 0.5 lb/pulg<sup>2</sup> en esa misma franja.

Que tanto el primer listado que corresponde al manejo de sustancias tóxicas y este concerniente al manejo de sustancias inflamables y explosivas así como los subsecuentes que se expidan para el caso de aquellas actividades relacionadas con el manejo de sustancias reactivas, corrosivas o biológicas, constituirán el sustento para determinar las normas técnicas de seguridad y operación, así como para la elaboración y presentación de los programas para la prevención de accidentes previstos en el artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, mismos que deberán observarse en la realización de dichas actividades.

Que aún cuando las actividades asociadas con el manejo de sustancias con propiedades radioactivas podrían considerarse altamente riesgosas, las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología no establecerán un listado de las mismas, en virtud de que la expedición de las normas de seguridad nuclear, radiológica y física de las instalaciones nucleares o radioactivas compete a la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal y a la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, con la participación que en su caso corresponda a la Secretaría de Salud de conformidad con lo dispuesto por la legislación que de manera específica regula estas actividades.

Que la Secretaría de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología previa opinión de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Salud y del Trabajo y Previsión Social, así como con la participación de la Secretaría de la Defensa Nacional, llevaron a cabo los estudios que sirvieron de sustento para determinar los criterios y este segundo listado de actividades que deben considerarse altamente riesgosas. En mérito de lo anterior, hemos tenido a bien dictar el siguiente:

## ACUERDO

**Artículo 1o.-** Se expide el segundo listado de actividades altamente riesgosas que corresponde a aquéllas en que se manejen sustancias inflamables y explosivas.

**Artículo 2.-** Se considerará como actividad altamente riesgosa, el manejo de sustancias peligrosas en cantidades iguales o superiores a la cantidad de reporte.

**Artículo 3.-** Para los efectos de este Acuerdo se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las siguientes:

- ◆ **Cantidad de reporte:** Cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transportes dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población, o a sus bienes.
- ◆ **Manejo:** Alguna o el conjunto de las actividades siguientes: producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final de sustancias peligrosas.
- ◆ **Sustancia peligrosa:** Aquélla que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, corrosividad, o acción biológica puede ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.
- ◆ **Sustancia inflamable:** Aquélla que capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una chispa.
- ◆ **Sustancia explosiva:** Aquélla que en forma espontánea o por acción de alguna forma de energía genera una gran cantidad de calor y energía de presión en forma casi instantánea.

**Artículo 4o.-** Las actividades asociadas con el manejo de sustancias inflamables y explosivas que deben considerarse altamente riesgosas sobre la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso y disposición final de las sustancias que a continuación se indican, cuando se manejan cantidades iguales o superiores a las cantidades de reporte siguientes:

**I. Cantidad de reporte a partir de 500 kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

Acetileno.  
Acido sulfhídrico.  
Anhídrido hipocloroso.  
Butano (Niso).  
Butadieno.  
1-Buteno.  
2-Buteno (cis,trans).  
Cianógeno.  
Ciclobutano.  
Ciclopropano.  
Cloruro de metilo.  
Cloruro de vinilo.  
Difloruro 1-Cloroetano.  
Dimetil.amina.  
2,2-Dimetil propano.  
Etano.  
Eter metílico.  
Etileno.  
Floruro de etilo.  
Formaldehido.  
Hidrógeno.  
Metano.  
Metilamina.  
2-Metil propeno.  
Propano.  
Propileno.  
Propino.  
Sulfuro de carbonilo.  
Tetrafluroetileno.  
Triflurocloroetileno.  
Trimetil amina.

b) En el caso de las sustancias en estado gaseoso no prevista en el inciso anterior y tengan las siguiente características:

Temperatura de inflamación 37.86 °C.  
Temperatura de ebullición < 21.1 °C.  
Presión de vapor > 760 mm Hg.

c) En el caso de las siguientes sustancias en estado liquido:

2-Butino.  
Cloruro de etilo.  
Etilamina.  
3-Metil-1-Buteno.  
Metil etil eter.  
Nitrato de etilo.  
Oxido de etileno.  
1-Pentano.

**II. Cantidad de reporte a partir de 3,000 kg.**

a) En el caso de las siguientes en estado líquido:

Acetaldehído.  
Acido cianhídrico.  
Amileno (cis,trans).  
Colodión.  
Disulfuro de carbono.  
2-Metil-1-Buteno.  
2-Metil-2-Buteno.  
Oxido de propileno.  
Pentano (Niso).  
1-Penteno.  
1-Penteno.  
Sulfuro de dimetilo.

**III. Cantidad de reporte a partir de 10,000 kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Acroleína.  
Alil amina.  
Bromuro de alilo.  
Carbonilo de níquel.  
Ciclopentano.  
Ciclopenteno.  
1-Cloro propileno.  
2-Cloro propileno.  
Cloruro de alilo.  
Cloruro de acetilo.  
Cloruro de propilo (Niso).  
1,1-Dicloroetileno.  
Dietilamina.  
Dihidropirán.  
2,2 Dimetil butano.  
2,3 Dimetil butano.  
2,3 Dimetil 1-Buteno.  
2,3 Dimetil 2-Buteno.  
2-Etil 1-Buteno.  
Eter dietílico.  
Eter vinílico.  
Etílico mercaptano.  
Etoxiacetileno.  
Formiato de etilo.  
Formiato de metilo.  
Furano.  
Isopreno.  
Isopropenil acetileno.  
2-Metil Pentano.  
3-metil Pentano.  
2-Metil-1-Penteno.  
2-Metil-2-penteno.  
4-Metil-1-penteno.  
4-Metil-2-penteno.  
2-Metil-2-propanotiol.

Metil propil acetileno.  
Metil triclorosilano.  
Propil amina (Niso).  
Propenil etil éter.  
Tetrahdrofurano.  
Triclorosilano.  
Vinil etil eter.  
Vinil isopropil eter.

**IV. Cantidad de reporte a partir de 20,000 kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Acetato de etilo.  
Acetato de metilo.  
Acetato de vinilo.  
Acetona.  
Acrilato de metilo.  
Acrilonitrilo.  
Alcohol metílico.  
Alcohol etílico.  
Benceno.  
1-Bromo-2-Buteno.  
Butilamina (Niso,sec,ter).  
Ciclohexano.  
Ciclohexeno.  
Cicloheptano.  
2-Cloro-2-Buteno.  
Cloruro de butilo (Niso,sec,ter).  
Cloruro de vinilideno.  
Dicloroetano.  
Dicloroetileno (cis,trans).  
1,2-Dicloroetileno.  
Dimetil diclorosilano.  
1,1 Dimetil hidrazina.  
2,3 Dimetil pentano.  
2,4 Dimetil pentano.  
Dimetoxi metano.  
Diisobutileno.  
Diisopropilamina.  
Dioxolano.  
Eter etil propílico.  
Eter propílico (Niso).  
Etil butil éter.  
Etil ciclobutano.  
Etil ciclopentano.  
Etil diclorosilano.  
Etil metil cetona.  
Etilenimina.  
Formiato de propilo (Niso).  
Fluorobenceno.  
1-Hexeno.  
2-Hexeno (cis,trans).  
Heptano (Niso y mezclas de isómeros).  
Hepteno.  
Heptileno.

Heptileno 2-trans.  
1,4-Hexadieno.  
Hexano (Niso y mezclas de isómeros).  
Isobutiraldehído.  
2-Metil furano.  
Metil Ciclohexano.  
Metil Ciclopentano.  
Metil Diclopentano.  
Metil Diclorosilano.  
Metil éter propílico.  
2-Metil hexano.  
3-Metil hexano.  
Metil hidrazina.  
2-Metil-1,3-Pentadieno.  
4-Metil-1,3-Pentadieno.  
Metil pirrolidina.  
2-Metil tetrahidrofurano.  
Metil vinil cetona.  
Monoxido de butadieno.  
Nitrato de etilo.  
2,5-Norbornadieno.  
Oxido de butileno.  
Oxido de pentametileno.  
1,2-Oxido de butileno.  
Pirrolidina.  
Propionaldehído.  
Propionato de metilo.  
Propionato de vinilo.  
Trietilamina.  
2,2,3-Trimetil butano.  
2,3,3-Trimetil-1-Buteno.  
2,3,4-Trimetil-1-Penteno.  
2,4,4-Trimetil-2-Penteno.  
3,4,4-Trimetil-2-Penteno.  
Trimetilclorosilano.  
Vinil isobutil éter.

**V. Cantidad de reporte a partir de 50,000 kg.**

- a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

Gas LP comercial (1).

**VI. Cantidad de reporte a partir de 100,000 kg.**

- a) En el caso de las siguientes sustancias en el estado líquido:

Acetato de propilo (Niso).  
Alcohol alílico.  
Alcohol desnaturalizado.  
Alcohol propílico (Niso).  
Amilamina (N,sec).  
Bromuro de N-butilo.  
Butirato de metilo.  
Butironitrilo (Niso).  
1,2-Dicloropropano.

2,3-Dimetil hexano.  
2,4-Dimetil hexano.  
P-Dioxano.  
Eter alílico.  
Formiato de isobutilo.  
2-Metil-2-Butanol.  
2-Metil Butiraldehído.  
2-Metil-3-Etil pentano.  
3-Metil-2-Butanotiol.  
Metil metacrilato.  
Piperidina.  
Piridina.  
Propionato de etilo.  
Propionitrilo.  
Tetrametilo de plomo.  
2,2,3-Trimetil pentano.  
2,2,4-Trimetil pentano.  
2,3,3-Trimetil pentano.  
Tolueno.

**VII. Cantidad de reporte a partir de 200,00 kg.**

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Acetal.  
Acetato de butilo (iso,sec).  
Acetato de isoamilo.  
Acetato de isopropenilo.  
Acetonitrilo.  
Acrilato de isobutilo.  
Alcohol amílico (N,sec).  
Alcohol butílico (iso,sec,ter).  
Amil mercaptan.  
Benzotrifluoruro.  
1-Butanol.  
Butil mercaptan (N,sec).  
Butirato de etilo (Niso).  
Clorobenceno.  
Cloruro de amilo.  
Crotonaldehído.  
Cumeno.  
Dietilcetona.  
Dietílico carbonato.  
1,3-Dimetil butilamina.  
1,3-Dimetil ciclohexano.  
1,4-Dimetil ciclohexano (cis,trans).  
Estireno.  
Etil benceno.  
Etil butilamina.  
2-Etil butiraldehído.  
Etil ciclohexano.  
Etilendiamina.  
Etileno-glicol dietílico éter.  
Ferropenacarbonilo.  
Isobromuro de amilo.  
Isoformiato de amilo.

Metacrilato de etilo.  
Metil isobutil cetona.  
Metil propil cetona.  
Nitroetano.  
Nitrometano.  
Octano (N,iso).  
Octeno (iso).  
1-Octeno.  
2-Octeno.  
Oxido de mesitilo.  
2,2,5-Trimetil hexano.  
Vinil triclorosilano.  
Xileno (M.O.P.).

**VIII. Cantidad de reporte a partir de 10,000 kg.**

- a) En el caso de las sustancias en estado líquido, no previstas en las fracciones anteriores y que tengan las siguientes características:

Temperatura de inflamación 37.8 °C  
Temperatura de ebullición 21.1 °C  
Presión de vapor ó 760 mm hg

**IX. Cantidad de reporte a partir de 10,000 barriles.**

- a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Gasolinas (1).  
Kerosenas incluye naftas y diáfano (1).

(1) Se aplica exclusivamente a actividades industriales y comerciales.

**Artículo 5.** Se exceptúa de este listado a las actividades relacionadas con el manejo de las sustancias a que se refiere el artículo 41 de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.

**Artículo 6.** Las cantidades de reporte de las sustancias indicadas en este Acuerdo, deberán considerarse referidas a su más alto porcentaje de concentración. Cuando dichas sustancias se encuentren en solución o mezcla, deberá realizarse el cálculo correspondiente, con el fin de determinar la cantidad de reporte para el caso de que se trate.

**Artículo 7.** Las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología, previa opinión de las Secretarías de Energía Minas e Industria Paraestatal; de Comercio y Fomento Industrial, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Salud y de Trabajo y Previsión Social, podrán ampliar y modificar el listado objeto del presente Acuerdo, con base en el resultado de las investigaciones que sobre el particular se lleven a cabo.

**TRANSITORIO**

**UNICO.-** El presente acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en la *Diario Oficial de la Federación*.

México D.F. a 30 de Abril de 1992.- El Secretario de Gobernación, Fernando Gutierrez Barrios.- Rúbrica.- El Secretario de Desarrollo Urbano y Ecología, Luis Donaldo Colosio Murrieta.- Rúbrica.  
Publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 4 de mayo de 1992.



## APÉNDICE “C” GUÍA PARA EL ESTUDIO DE ANÁLISIS DE RIESGO



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA  
DIRECCIÓN GENERAL DE MATERIALES, RESIDUOS Y ACTIVIDADES RIESGOSAS

### GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO (INSTALACIONES EN OPERACIÓN)

#### **Instrucciones**

La presente guía aplica para instalaciones que se encuentran en operación y no deberá considerarse como un cuestionario, por lo que cada uno de los puntos que la integran deberán desarrollarse con la profundidad técnica suficiente, capaz de sustentar la evaluación integral de la instalación. La información, deberá ser presentada en idioma español y los diagramas de tubería e instrumentación (DTI's) y planos, deberán presentarse con base en la ingeniería de detalle, legibles y actualizados. Asimismo, deberá presentar anexo al Estudio de Riesgo, un Resumen Ejecutivo del mismo.

El promovente deberá remitir el estudio de riesgo en original, copia, y grabado en diskette de 3.5" en Word 97. La presentación del original y la copia deberá ser en carpetas de tres argollas o engargolado; siguiendo el orden establecido por el capitulo y sus numerales, utilizando separadores que permitan distinguir claramente lo que corresponde a cada apartado. Esto permitirá que durante la recepción y evaluación de su trámite no se pierda tiempo en la ordenación de su expediente y así la resolución del mismo sea más expedita.

#### **Determinación del nivel del estudio**

La presente guía establece cuatro niveles diferentes de información para la presentación de los estudios del riesgo; Así el siguiente procedimiento tiene como finalidad establecer cuáles son los criterios que definirán el estudio de riesgo a presentar por el particular.

Una vez que el particular determine qué nivel de estudio de riesgo le corresponde, deberá presentarlo de acuerdo a las características de información mencionadas a continuación; cuidando que su entrega se realice en carpetas de tres argollas o engargolado; siguiendo el orden establecido por los numerales y utilizando separadores que permitan distinguir claramente lo que corresponde a cada apartado. Esto permitirá que durante la recepción y evaluación de su trámite no se pierda tiempo en la ordenación de su expediente y así la resolución del mismo sea más expedita.



## Nivel 0 (Ductos Terrestres)

### CAPITULO I. DATOS GENERALES

La información solicitada en este apartado, deberá escribirse sin abreviaturas, en forma legible y en el formato del Anexo No. 1

- I.1. Nombre o razón social de la empresa u organismo<sup>1</sup>.
- I.2. Registro Federal de Contribuyentes de la empresa.
- I.3. Número de registro del Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) (opcional).
- I.4. Cámara o asociación a la que pertenece, indicando el número de registro y la fecha de afiliación (opcional).
- I.5. Actividad productiva principal del establecimiento (opcional).
- I.6. Clave de la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP) (opcional)
- I.7. Código ambiental (CA) (será llenado por la Secretaría)
- I.8. Domicilio del establecimiento
- I.9. Domicilio para oír y recibir notificaciones
- I.10. Fecha de inicio de operación
- I.11. Número de trabajadores equivalente (opcional)
- I.12. Total de horas semanales trabajadas en planta (opcional)
- I.13. Número de trabajadoras promedio, por día y por turno laborado (opcional)
- I.14. ¿Es maquiladora de régimen de importación temporal? (opcional)
- I.15. Pertenece a alguna corporación? (opcional)
- I.16. Participación de capital (opcional)
- I.17. Número de empleos indirectos a generar (opcional).
- I.18. Inversión estimada (M.N.) (opcional)
- I.19. Nombre del gestor o promovente
- I.20. Registro Federal de Contribuyentes del gestor o promovente.
- I.21. Departamento proponente del estudio de riesgo.
- I.22. Nombre completo, firma y puesto de la persona responsable de la instalación (Representante Legal). Anexar comprobantes que identifiquen la capacidad jurídica del responsable de la empresa, suficientes para suscribir el presente documento.
- I.23. Nombre completo y firma del representante legal de la empresa, bajo protesta de decir la verdad.
- I.24. Nombre de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo (en su caso).
- I.25. Domicilio de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo (Indicando Calle, Número Interior y Exterior, Colonia, Municipio o Delegación, Código Postal, Entidad Federativa, Teléfono, Fax)
- I.26. Nombre completo, puesto y firma de la persona responsable de la elaboración del estudio.

### CAPITULO II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN:

- II.1. Nombre de la instalación, haciendo una breve descripción de la actividad.
  - II.1.1 Planes de crecimiento a futuro, señalando la fecha estimada de realización.
- II.1.2 Fecha de inicio de operaciones.
  - II.1.3 Describir la instalación, indicando alcance e instalaciones que lo conforman, origen, destino, número de líneas, diámetro, longitud, servicio, capacidad proyectada, inversión y vida útil.
- II.1. Señalar cual es su antigüedad y vida útil remanente.

<sup>1</sup> Anexar copia simple del instrumento jurídico mediante el cual se constituyó la empresa (acta constitutiva, escritura pública o decreto)

II.2. Ubicación del ducto en operación.

II.2.1 Incluir un mapa de la región legible a escala adecuada, indicativo de la trayectoria y ubicación del ducto, así como coordenadas y colindancias.

II.2.2 Adjuntar planos de trazo y perfil del ducto, donde se incluya información sobre especificaciones y profundidad del ducto, condiciones de operación, cruzamientos, usos del suelo, clase o localización del sitio, señalamientos, otros.

II.2.2.1 Incluir una tabla indicativa de cruzamientos con ríos, carreteras, ductos, lagos, otros; señalando kilometraje de ubicación.

II.2.3 Descripción de accesos (marítimos y terrestres).

II.3. Especificar las autorizaciones oficiales con que cuentan para realizar la actividad en estudio (Permiso de Comisión Nacional del Agua (CNA), permiso de uso del suelo, permiso de construcción, autorización en materia de Impacto Ambiental, contratos de arrendamiento, permisos de propietarios, etc. ). Anexar comprobantes. **(Este punto es opcional)**

CAPITULO III. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONOMICO.

La información presentada en este apartado, deberá estar referenciada y sustentada en fuentes confiables y actualizadas, debiéndose señalar en el estudio dicha referencia.

III.1. Descripción de los sitios o áreas seleccionadas para la ubicación del ducto, considerando el entorno natural, incluyendo información relevante sobre intemperismos, flora, fauna, hidrología, asentamientos residenciales, comerciales o industriales, cruces, etc. en una franja de 200 metros, paralela a la trayectoria del ducto.

III.1.1 Incluir planos de la región, indicativos de la ubicación de zonas vulnerables o puntos de interés (asentamientos humanos, áreas naturales protegidas, zonas de reserva ecológica, cuerpos de agua, etc.). Señalando, claramente tanto el plano como en una tabla los distanciamientos a las mismas; así como la densidad demográfica de las zonas habitadas cercanas al trazo del proyecto.

III.2. ¿Los sitios o áreas que conforman la trayectoria del ducto se encuentran en zonas susceptibles a:

- ( ) Terremotos (sismicidad)?
- ( ) Corrimientos de tierra?
- ( ) Derrumbamientos o hundimientos?
- ( ) Inundaciones (historial de 10 años)?
- ( ) Pérdidas de suelo debido a la erosión?
- ( ) Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos y erosión?
- ( ) Riesgos radiológicos?
- ( ) Huracanes?

Los casos contestados afirmativamente, describirlos a detalle.

III.3. Describir detalladamente las características climáticas entorno a la instalación, con base en el comportamiento histórico de los últimos 10 años (temperatura máxima, mínima y promedio; dirección y velocidad del viento; humedad relativa; precipitación pluvial).

III.4. Indicar el deterioro esperado en la flora y fauna por la realización de actividades de la instalación, principalmente en aquellas especies en peligro de extinción.

CAPITULO IV. INTEGRACIÓN DEL PROYECTO A LAS POLITICAS MARCADAS EN EL PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO LOCAL.

Señalar si las actividades de la instalación se encuentran enmarcadas con las políticas del Programa de Desarrollo Urbano Local, que tengan vinculación directa con las mismas. Anexar el plano del referido Programa de Desarrollo Urbano de la zona donde se localiza la instalación.

CAPITULO V. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.

- V.1. Indicar las bases de diseño y normas utilizadas para la construcción del ducto, así como los procedimientos de certificación de materiales empleados, los límites de tolerancia a la corrosión, recubrimientos a emplear y bases de diseño y ubicación de válvulas de seccionamiento, venteo y control.
- V.2. Señalar la infraestructura requerida para la operación del ducto, tales como bombas, trampas, estaciones de regulación o compresión, venteos, etc.(Indicar en forma de lista en el caso de ampliaciones, la infraestructura actual y proyectada).
- V.3. Incluir las hojas de datos de seguridad (MSDS) de las sustancias y/o materiales peligrosos involucrados, de acuerdo a la **NOM-018-STPS-2000, "Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo"** (formato Anexo No. 2), de aquellas sustancias consideradas peligrosas que presenten alguna característica **CRETIB**.
- V.4. Condiciones de operación.
  - V.4.1 Describir las condiciones de operación del ducto (flujo, temperaturas y presiones de diseño y operación), así como el estado físico de la(s) sustancia(s) transportada(s).
  - V.4.2 Describir las características de la instrumentación y control.

CAPITULO VI. ANÁLISIS Y EVALUACION DE RIESGOS.

- VI.1. Antecedentes de accidentes e incidentes ocurridos en ductos similares, describiendo brevemente el evento, las causas, sustancia(s) involucrada(s), nivel de afectación y en su caso, acciones realizadas para su atención.
- VI.2. Identificar los puntos probables de riesgo, empleando una metodología específica (p.ej. Que pasa si/Lista de Verificación, Hazop, Arbol de Fallas) o en su caso, cualquier otra cuyos alcances y profundidad de identificación sean similares, debiéndose aplicar la metodología de acuerdo a las especificaciones propias de la misma. En caso de modificar la aplicación, deberá sustentarse técnicamente.

Bajo el mismo contexto, indicar los criterios de selección de la(s) metodología(s) utilizadas para la identificación y jerarquización de riesgos. Asimismo, anexar la memoria descriptiva de la(s) metodología(s) empleada(s).

En la aplicación de la(s) metodología(s) utilizada(s), deberá considerarse todos los aspectos de riesgo de cada uno de los nodos y sectores que conforman la instalación.

Para la jerarquización de Riesgos se podrá utilizar: Matriz de Riesgos, metodologías cuantitativas de identificación de riesgos, o bien, aplicar criterios de peligrosidad de los materiales en función de los gastos, condiciones de operación y/o características CRETIB o algún otro método que justifique técnicamente dicha jerarquización.

- VI.3. Determinar los radios potenciales de afectación, a través de la aplicación de modelos matemáticos de simulación, del o los eventos máximos probables de riesgo, identificados en el punto VI.2, e incluir la memoria de cálculo para la determinación de los gastos, volúmenes y tiempos de fuga utilizados en las simulaciones, debiendo justificar y sustentar todos y cada uno de los datos empleados en estas determinaciones.

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, deberá utilizar los parámetros que se indican a continuación:

	TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)	INFLAMABILIDAD (RADIACION TERMICA)	EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESION)
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m <sup>2</sup> o 1,500 BTU/Pie <sup>2</sup> h	1.0 lb/plg <sup>2</sup>
Zona de Amortiguamiento	TLV <sub>8</sub> o TLV <sub>15</sub>	1.4 KW/m <sup>2</sup> o 440 BTU/Pie <sup>2</sup> h	0.5 lb/plg <sup>2</sup>

**NOTAS: 1)** En modelaciones por toxicidad, deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, deberá utilizarse Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s.

**2)** Para el caso de simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento el 10% de la energía total liberada.

- VI.4. Representar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en un plano a escala adecuada, donde se indiquen los puntos de interés que pudieran verse afectados (asentamientos humanos, cuerpos de agua, vías de comunicación, caminos, etc.).
- VI.5. Realizar un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones próximas a la instalación que se encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo, indicando las medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas.
- VI.6. Indicar claramente las recomendaciones técnico operativas resultantes de la aplicación de la metodología para la identificación de riesgos, así como de la evaluación de los mismos, señalados en los puntos VI.2 y VI.3.
- VI.7. Presentar reporte del resultado de la última auditoría de seguridad practicada a las instalaciones que conforman el ducto, anexando en su caso, el programa calendarizado para el cumplimiento de las recomendaciones resultantes de la misma.

Los aspectos que deberán considerarse en la Auditoría son:

- ◆ La revisión de normas y especificaciones de diseño y construcción de las líneas e instalaciones.
- ◆ La existencia y aplicación de procedimientos y programas, para garantizar la adecuada operación y mantenimiento de las instalaciones que conforman las líneas.
- ◆ La implementación de los sistemas de identificación y señalamientos con que se cuenta a lo largo de las líneas para el respeto del derecho de vía.
- ◆ Los programas de inspección, verificación o pruebas, que certifiquen la calidad integral, resistencia mecánica y protección de las instalaciones que conforman las líneas (Medición de espesores, radiografiado, certificación de accesorios y conexiones, protección mecánica y catódica, pruebas hidrostática y neumática, etc.).
- ◆ Programas de revisión de los sistemas y dispositivos de seguridad, tales como alarmas, reguladores de presión o temperatura, instrumentos de control, válvulas de alivio, incluidos los programas de calibración de la instrumentación y elementos de control; así como, de los sistemas y equipos contra-incendio.

- ◆ Verificar que el potencial de riesgo reportado en el estudio de riesgo evaluado, no se halla modificado y si es el caso, reportar sobre los nuevos radios de afectación determinados.
- ◆ Reparaciones o sustitución de tramos efectuados a las líneas.
- ◆ Disponibilidad del equipo necesario de protección personal para operación, mantenimiento y de primeros auxilios
- ◆ Vulnerabilidad de la zona (asentamientos humanos irregulares, zonas habitacionales, áreas naturales protegidas, etc.)

Cabe señalar, que deberá poner especial énfasis en aquellas áreas que resultaron ser las de mayor riesgo, de acuerdo con los resultados del estudio de riesgo.

- VI.8. Describir a detalle las medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que contará la instalación, considerados para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.
- VI.9. Indicar las medidas preventivas, incluidos los programas de mantenimiento e inspección, así como los programas de contingencias que se aplicarán durante la operación normal de la instalación, para evitar el deterioro del medio ambiente, además de aquellas orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de accidente.

#### CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- VII.1. Presentar el Informe Técnico del Estudio de Riesgo (Anexo No. 3).
- VII.2. Hacer un resumen de la situación general que presenta la instalación en materia de riesgo ambiental, señalando las desviaciones encontradas y posibles áreas de afectación.
- VII.2.1 Con base en el punto anterior, señalar todas las recomendaciones derivadas del análisis de riesgo efectuado, incluidas aquellas determinadas en función de la identificación, evaluación e interacciones de riesgo y las medidas y equipos de seguridad y protección con que contará la instalación, para mitigar, eliminar o reducir los riesgos identificados.

- VII.2. Señalar las conclusiones del estudio de riesgo.

#### CAPITULO VIII. ANEXO FOTOGRAFICO

- VIII.1. Presentar anexo fotográfico o vídeo de los sitios de interés cercanos al trazo en el que se muestren las colindancias, origen, destino final y puntos de interés cercanos al mismo (asentamiento humanos, áreas naturales protegidas, zonas de reserva ecológica, cuerpos de agua, etc.).

## Capítulos comunes a los niveles 1, 2 y 3

### CAPITULO I. DATOS GENERALES

La información solicitada en este apartado, deberá escribirse sin abreviaturas, en forma legible y en el formato del Anexo No. 1.

- I.1. Nombre o razón social de la empresa u organismo<sup>2</sup>.
- I.2. Registro Federal de Contribuyentes de la empresa.
- I.3. Número de registro del Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) (opcional).
- I.4. Cámara o asociación a la que pertenece, indicando el número de registro y la fecha de afiliación (opcional).
- I.5. Actividad productiva principal del establecimiento **(opcional)**.
- I.6. Clave de la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP) **(opcional)**
- I.7. Código ambiental (CA) **(será llenado por la Secretaría)**
- I.8. Domicilio del establecimiento (Anexar croquis)
- I.9. Domicilio para oír y recibir notificaciones
- I.10. Fecha de inicio de operación
- I.11. Número de trabajadores equivalente (opcional)
- I.12. Total de horas semanales trabajadas en planta (opcional)
- I.13. Número de trabajadoras promedio, por día y por turno laborado **(opcional)**
- I.14. ¿Es maquiladora de régimen de importación temporal? (opcional)
- I.15. ¿Pertenece a alguna corporación? (opcional)
- I.16. Participación de capital **(opcional)**
- I.17. Número de empleos indirectos a generar **(opcional)**
- I.18. Inversión estimada (M.N.) **(opcional)**
- I.19. Nombre del gestor o promovente
- I.20. Registro Federal de Contribuyentes del gestor o promovente.
- I.21. Departamento proponente del estudio de riesgo.
- I.22. Nombre completo, firma y puesto de la persona responsable de la instalación (Representante Legal). Anexar comprobantes que identifiquen la capacidad jurídica del responsable de la empresa, suficientes para suscribir el presente documento.
- I.23. Nombre completo y firma del representante legal de la empresa, bajo protesta de decir la verdad.
- I.24. Nombre de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo (en su caso).
- I.25. Domicilio de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo (Indicando Calle, Número Interior y Exterior, Colonia, Municipio o Delegación, Código Postal, Entidad Federativa, Teléfono, Fax)
- I.26. Nombre completo, puesto y firma de la persona responsable de la elaboración del estudio.

### CAPITULO II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

- II.1. Nombre de la instalación, haciendo una breve descripción de la actividad.
  - II.1.1 Planes de crecimiento a futuro, señalando la fecha estimada de realización.
  - II.1.2 Fecha de inicio de operaciones.

<sup>2</sup> Anexar copia simple del instrumento jurídico mediante el cual se constituyó la empresa (acta constitutiva, escritura pública o decreto)



II.2. Ubicación de la instalación.

- II.2.1 Planos de localización a escala adecuada y legibles, marcando puntos importantes de interés cercanos a la instalación o proyecto en un radio de 500 m.
- II.2.2 Coordenadas geográficas de la instalación (no aplica para zonas urbanas).
- II.2.3 Describir y señalar en los planos de localización, las colindancias de la instalación y los usos del suelo en un radio de 500 metros en su entorno, así como la ubicación de zonas vulnerables, tales como: asentamientos humanos, áreas naturales protegidas, zonas de reserva ecológica, cuerpos de agua, etc.; señalando claramente los distanciamientos a las mismas.
- II.2.4 Superficie total de la instalación y superficie requerida para el desarrollo de la actividad (m<sup>2</sup> o Ha).
- II.2.5 Descripción de accesos (marítimos, terrestres y/o aéreos).
- II.2.6 Infraestructura necesaria. Para el caso de ampliaciones, deberá indicar en forma de lista, la infraestructura actual y la proyectada.

II.3. Actividades que tengan vinculación con las que se pretendan desarrollar en la instalación (industriales, comerciales y/o de servicios).

II.4. Número de personal necesario para la operación de la instalación.

II.5. Especificar las autorizaciones oficiales con que cuentan para realizar la actividad en estudio (licencia de funcionamiento, permiso de uso del suelo, permiso de construcción, autorización en materia de Impacto Ambiental, etc.), Anexar comprobantes. **(Este punto es opcional).**

CAPITULO III. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONOMICO.

La información presentada en este capítulo, deberá estar referenciada y sustentada en fuentes confiables y actualizadas, debiéndose señalar en el estudio dicha referencia.

III.1. Describir las características del entorno ambiental a la instalación en donde se contemple: Flora, fauna, suelo, aire y agua.

III.2. Describir detalladamente las características climáticas entorno a la instalación, con base en el comportamiento histórico de los últimos 10 años (temperatura máxima, mínima y promedio; dirección y velocidad del viento; humedad relativa; precipitación pluvial).

III.3. Indicar la densidad demográfica de la zona donde se ubica la instalación.

III.4. Indicar los giros o actividades desarrolladas por terceros entorno a la instalación.

III.5. Indicar el deterioro esperado en la flora y fauna por la realización de actividades de la instalación, principalmente en aquellas especies en peligro de extinción.

III.6. ¿El sitio de la instalación de la planta, está ubicado en una zona susceptible a:

- ( ) Terremotos (sismicidad)?
- ( ) Corrimientos de tierra?
- ( ) Derrumbamientos o hundimientos?
- ( ) Efectos meteorológicos adversos (inversión térmica, niebla, etc.)?
- ( ) Inundaciones (historial de 10 años)?
- ( ) Pérdidas de suelo debido a la erosión?
- ( ) Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos y erosión?
- ( ) Riesgos radiológicos?
- ( ) Huracanes?

Los casos contestados afirmativamente, describirlos a detalle.

III.7. Sí es de su conocimiento que existe un historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas en el área de las instalaciones, proporcione la información correspondiente.

CAPITULO IV. INTEGRACION DEL PROYECTO A LAS POLITICAS MARCADAS EN EL PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO LOCAL.

Señalar si las actividades de la instalación se encuentran enmarcadas con las políticas del Programa de Desarrollo Urbano Local, que tengan vinculación directa con las mismas. Anexar el plano del referido Programa de Desarrollo Urbano de la zona donde se localiza la instalación.

CAPITULO V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESOS

Para el nivel 1 ver página 11

Para el nivel 2 ver página 14

Para el nivel 3 ver página 17

CAPITULO VI. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

Para el nivel 1 ver página 11

Para el nivel 2 ver página 14

Para el nivel 3 ver página 18

CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

VII.1. Presentar un Resumen Ejecutivo del Estudio de Riesgo, que deberá incorporar los datos generales de la empresa (Anexo No. 1), y la relación de sustancias peligrosas manejadas, capacidad y tipo de almacenamiento.

VII.2. Presentar el Informe Técnico del Estudio de Riesgo (Anexo No. 3).

VII.3. Hacer un resumen de la situación general que presenta la instalación en materia de riesgo ambiental, señalando las desviaciones encontradas y posibles áreas de afectación.

VII.4. Con base en el punto anterior, señalar todas las recomendaciones derivadas del análisis de riesgo efectuado, incluidas aquellas determinadas en función de la identificación, evaluación e interacciones de riesgo y las medidas y equipos de seguridad y protección con que contará la instalación para mitigar, eliminar o reducir los riesgos identificados.

VII.5. Señalar las conclusiones del estudio de riesgo.

CAPITULO VIII. ANEXO FOTOGRAFICO.

VIII.1. Presentar anexo fotográfico o vídeo del sitio de ubicación de la instalación, en el que se muestren las colindancias y puntos de interés cercanos al mismo. Así como de las instalaciones, áreas o equipos críticos.

**NIVEL 1**

CAPITULO V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

- V.1. Mencionar los criterios de diseño de la instalación con base a las características del sitio y a la susceptibilidad de la zona a fenómenos naturales y efectos meteorológicos adversos.
- V.2. Descripción detallada del proceso por líneas de producción, debiendo anexar diagramas de bloques.
- V.3. Listar todas las materias primas, productos, subproductos y residuos manejados en el proceso, señalando aquellas que se encuentren en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas. Especificando nombre de la sustancia, cantidad máxima de almacenamiento en Kg, flujo en m<sup>3</sup>/h o millones de pies cúbicos estándar por día (MPCSD), concentración, capacidad máxima de producción, tipo de almacenamiento (granel, sacos, tanques, tambores, bidones, cuñetes, etc.) y equipo de seguridad.
- V.4. Presentar las hojas de datos de seguridad (MSD), de acuerdo a la **NOM-018-STPS-2000, "Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo" (formato Anexo No. 2)** de aquellas sustancias consideradas peligrosas que presenten alguna característica **CRETIB**.
- V.5. Tipo de recipientes y/o envases de almacenamiento. Especificar: Características, código o estándares de construcción, dimensiones, cantidad o volumen máximo de almacenamiento por recipiente, indicando la sustancia contenida, así como los dispositivos de seguridad instalados en los mismos.
- V.6. Describir equipos de proceso y auxiliares, especificando características, tiempo estimado de uso y localización. Asimismo, anexar plano a escala del arreglo general de la instalación.

EJEMPLO:

EQUIPO	NOMENCLATURA DEL EQUIPO	CARACTERISTICA Y CAPACIDAD	ESPECIFICACION	VIDA UTIL (INDICADA POR EL FABRICANTE)	TIEMPO ESTIMADO DE USO	LOCALIZACION DENTRO DEL ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	T-1	TANQUE TIPO HORIZONTAL, DE ACERO INOXIDABLE CON SISTEMA DE CALENTAMIENTO, CON CAPACIDAD DE 100 m <sup>3</sup> .	ACERO INOXIDABLE SA-285 Gr. C ESPESOR ¼" DIAMETRO 2 m. ALTURA 6 m. ..... .....	15 AÑOS.	5 AÑOS	AREA DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTES

- V.7. Condiciones de operación.  
Anexar los diagramas de flujo, indicando la siguiente información:
  - V.7.1 Balance de materia
  - V.7.2 Temperaturas y Presiones de diseño y operación.
  - V.7.3 Estado físico de las diversas corrientes del proceso.
- V.8. Características del régimen operativo de la instalación (continuo o por lotes).
- V.9. Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) con base en la ingeniería de detalle y con la simbología correspondiente.

CAPITULO VI. ANALISIS Y EVALUACION DE RIESGOS.

VI.1. Antecedentes de incidentes y accidentes ocurridos en la operación de las instalaciones o de procesos similares, describiendo brevemente: el evento, las causas, sustancias involucradas, nivel de afectación y en su caso, acciones realizadas para su atención.

VI.2. Con base en los DTI's de la ingeniería de detalle, identificar y jerarquizar los riesgos en áreas de proceso, almacenamiento y transporte, mediante la utilización de alguna de las siguientes metodologías: Lista de verificación (Check List); ¿Que pasa sí ?; Indice Dow ; Indice Mond; Análisis de Modo Falla y Efecto (FMEA); o alguna otra con características similares a las anteriores y/o la combinación de éstas, debiéndose aplicar la metodología de acuerdo a las especificaciones propias de la misma,. En caso de modificar dicha aplicación, deberá sustentarse técnicamente.

Bajo el mismo contexto, deberá indicar los criterios de selección de la(s) metodología(s) utilizadas para la identificación y jerarquización de riesgos; asimismo, anejar el o los procedimientos y la(s) memoria(s) descriptiva(s) de las metodologías empleadas.

En la aplicación de la(s) metodología(s) utilizada(s), deberán considerarse todos los aspectos de riesgo de cada una de las áreas que conforman la instalación.

VI.3. Determinar los radios potenciales de afectación, a través de aplicación de modelos matemáticos de simulación, del o los eventos máximos probables de riesgo identificados en el punto VI.2, e incluir la memoria de cálculo para la determinación de los gastos, volúmenes y tiempos de fuga utilizados en las simulaciones, deberá justificar y sustentar todos y cada uno de los datos empleados en dichas determinaciones.

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, deberá utilizar los criterios que se indican a continuación:

	TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)	INFLAMABILIDAD (RADIACION TERMICA)	EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESION)
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m <sup>2</sup> o 1,500 BTU/Pie <sup>2</sup> h	1.0 lb/plg <sup>2</sup>
Zona de Amortiguamiento	TLV <sub>8</sub> o TLV <sub>15</sub>	1.4 KW/m <sup>2</sup> o 440 BTU/Pie <sup>2</sup> h	0.5 lb/plg <sup>2</sup>

**NOTAS:1)** En modelaciones por toxicidad, deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, deberá utilizarse Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s. Para el caso de simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento el 10% de la energía total liberada.

VI.4. Representar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en un plano a escala adecuada donde se indiquen los puntos de interés que pudieran verse afectados (asentamientos humanos, cuerpos de agua, vías de comunicación, caminos, etc.),

VI.5. Realizar un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones próximas a la instalación que se encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo, indicando las medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas.

VI.6. Indicar claramente las recomendaciones técnico operativas resultantes de la aplicación de la(s) metodología(s) para la identificación de riesgos, así como de la evaluación de los mismos, señalados en los puntos VI.2 y VI.3.

- VI.7. Presentar reporte del resultado de la última auditoría de seguridad practicada a la instalación, anexando en su caso, el programa calendarizado para el cumplimiento de las recomendaciones resultantes de la misma

Los aspectos que deberán considerarse en la Auditoría son:

- ◆ La revisión de normas y especificaciones de diseño y construcción de los equipos e instalaciones (vías de acceso y maniobra, tanques de almacenamiento, capacidad de bombeo, etc.)
- ◆ La existencia y aplicación de procedimientos y programas, para garantizar la adecuada operación y mantenimiento de las instalaciones (Manuales con procedimientos de operación para cada área de la planta, paro, arranque y emergencias, mantenimiento preventivo, etc.)
- ◆ La implementación de los sistemas de identificación y codificación de los equipos (Identificación de tuberías, tanques, unidades de transporte de la planta, etc.)
- ◆ Los programas de verificación o pruebas, que certifiquen la calidad integral y resistencia mecánica de los equipos (Medición de espesores en tuberías y recipientes, radiografiado, certificación de accesorios y conexiones, pruebas hidrostáticas y neumáticas, etc.)
- ◆ Programas de revisión de los diversos sistemas de seguridad, así como los programas de la calibración de la instrumentación y elementos de control (válvulas de seguridad, disparo y alarmas, etc.)
- ◆ Disposición del equipo necesario de protección personal y de primeros auxilios.
- ◆ Disposición de los residuos industriales generados dentro de sus instalaciones.

Cabe señalar, que deberá poner especial énfasis en aquellas áreas que resultaron ser las de mayor riesgo, de acuerdo con los resultados del estudio de riesgo.

- VI.8. Describir a detalle las medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que cuenta o contará la instalación, consideradas para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.
- VI.9. Indicar las medidas preventivas que se aplicarán durante la operación normal de la instalación, para evitar el deterioro del medio ambiente (sistemas anticontaminantes), incluidas aquellas a la restauración de la zona afectada en caso de accidentes.

**NIVEL 2**

CAPITULO V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

- V.1. Mencionar los criterios de diseño de la instalación con base a las características del sitio y a la susceptibilidad de la zona a fenómenos naturales y efectos meteorológicos adversos.
- V.2. Descripción detallada del proceso por líneas de producción, reacción principal y secundarias en donde intervienen materiales considerados de alto riesgo (debiendo anexar diagramas de bloques).
- V.3. Listar todas las materias primas, productos y subproductos manejados en el proceso, señalando aquellas que se encuentren en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas, especificando: Sustancia, cantidad máxima de almacenamiento en kg, flujo en m<sup>3</sup>/h o millones de pies cúbicos estándar por día (MPCSD), concentración, capacidad máxima de producción, tipo de almacenamiento (granel, sacos, tanques, tambores, bidones, cuñetes, etc.) y equipo de seguridad.
- V.4. Presentar las hojas de datos de seguridad (MSD), de acuerdo a la **NOM-018-STPS-2000, "Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo"** (formato Anexo No. 2), de aquellas sustancias consideradas peligrosas que presenten alguna característica **CRETI**.
- V.5. Tipo de recipientes y/o envases de almacenamiento, especificando: Características, código o estándares de construcción, dimensiones, cantidad o volumen máximo de almacenamiento por recipiente, indicando la sustancia contenida, así como los dispositivos de seguridad instalados en los mismos.
- V.6. Describir equipos de proceso y auxiliares, especificando características, tiempo estimado de uso y localización. Asimismo, anexar plano a escala del arreglo general de la instalación.

EJEMPLO:

EQUIPO	NOMENCLATURA DEL EQUIPO	CARACTERÍSTICA Y CAPACIDAD	ESPECIFICACION	VIDA UTIL (INDICADA POR EL FABRICANTE)	TIEMPO ESTIMADO DE USO	LOCALIZACIÓN DENTRO DEL ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA
BOMBA	P-1	CENTRIFUGA SELLO HIDRAULICO 150-HP	460 VOLTS 3 FASES" 60 HERTZ ACERO INOXIDABLE. 1400 LITROS/MIN. ....	10 AÑOS.	3 AÑOS	AREA DE SULFONACION

- V.7. Condiciones de operación.  
Anexar los diagramas de flujo, indicando la siguiente información:
  - V.7.1 Balance de materia.
  - V.7.2 Temperaturas y Presiones de diseño y operación.
  - V.7.3 Estado físico de las diversas corrientes del proceso.
- V.8. Características del régimen operativo de la instalación (continuo o por lotes).
- V.9. Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) con base en la ingeniería de detalle y con la simbología correspondiente.

CAPITULO VI. ANÁLISIS Y EVALUACION DE RIESGOS.

VI.1. Antecedentes de incidentes y accidentes ocurridos en la operación de las instalaciones o de procesos similares, describiendo brevemente el evento, las causas, sustancias involucradas, nivel de afectación y en su caso, acciones realizadas para su atención.

VI.2. Con base en los DTI's de la ingeniería de detalle, identificar los riesgos en áreas de proceso, almacenamiento y transporte, mediante la utilización de alguna de las siguientes metodologías: Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP); Análisis de Modo Falla y Efecto (FMEA) con Arbol de Eventos; Arbol de Fallas, o alguna otra con características similares a las anteriores y/o la combinación de éstas, debiéndose aplicar la metodología de acuerdo a las especificaciones propias de la misma. En caso de modificar dicha aplicación, deberá sustentarse técnicamente.

Bajo el mismo contexto, deberá indicar los criterios de selección de la(s) metodología(s) utilizadas para la identificación de riesgos; asimismo, anexar el o los procedimientos y la(s) memoria(s) descriptiva(s) de la(s) metodología(s) empleada(s).

En la aplicación de la(s) metodología(s) utilizada(s), deberán considerarse todos los aspectos de riesgo de cada una de las áreas que conforman la instalación.

Para la jerarquización de Riesgos se podrá utilizar: Matriz de Riesgos, metodologías cuantitativas de identificación de riesgos, o bien, aplicar criterios de peligrosidad de los materiales en función de los volúmenes, condiciones de operación y/o características CRETÍ o algún otro método que justifique técnicamente dicha jerarquización.

VI.3. Determinar los radios potenciales de afectación, a través de la aplicación de modelos matemáticos de simulación, del o los eventos máximos probables de riesgo identificados en el punto VI.2, e incluir la memoria de cálculo para la determinación de los gastos, volúmenes y tiempos de fuga utilizados en las simulaciones, debiendo justificar y sustentar todos y cada uno de los datos empleados en dichas determinaciones.

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, deberá utilizar los criterios que se indican a continuación:

	TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TERMICA)	EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESION)
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m <sup>2</sup> o 1,500 BTU/Pie <sup>2</sup> h	1.0 lb/plg <sup>2</sup>
Zona de Amortiguamiento	TLV <sub>8</sub> o TLV <sub>15</sub>	1.4 KW/m <sup>2</sup> o 440 BTU/Pie <sup>2</sup> h	0.5 lb/plg <sup>2</sup>

**NOTAS:** 1) En modelaciones por toxicidad, deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, deberá utilizarse Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s.  
2) Para el caso de simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento el 10% de la energía total liberada.

VI.4. Representar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en un plano a escala adecuada donde se indiquen los puntos de interés que pudieran verse afectados (asentamientos humanos, cuerpos de agua, vías de comunicación, caminos, etc.).

VI.5. Realizar un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones próximas a la instalación que se encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo, indicando las medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas.

VI.6. Indicar claramente las recomendaciones técnico operativas resultantes de la aplicación de la(s) metodología(s) para la identificación de riesgos, así como de la evaluación de los mismos, señalados en los puntos VI.2 y VI.3.

VI.7. Presentar reporte del resultado de la última auditoría de seguridad practicada a la instalación, anexando en su caso, el programa calendarizado para el cumplimiento de las recomendaciones resultantes de la misma.

Los aspectos que deberán considerarse en la Auditoría son:

- ◆ La revisión de normas y especificaciones de diseño y construcción de los equipos e instalaciones (vías de acceso y maniobra, tanques de almacenamiento, capacidad de bombeo, etc.).
- ◆ La existencia y aplicación de procedimientos y programas, para garantizar la adecuada operación y mantenimiento de las instalaciones (Manuales con procedimientos de operación para cada área de la planta, paro, arranque y emergencias, mantenimiento preventivo, etc.).
- ◆ La implementación de los sistemas de identificación y codificación de los equipos (Identificación de tuberías, tanques, unidades de transporte de la planta, etc.).
- ◆ Los programas de verificación o pruebas, que certifiquen la calidad integral y resistencia mecánica de los equipos (Medición de espesores en tuberías y recipientes, radiografiado, certificación de accesorios y conexiones, pruebas hidrostáticas y neumáticas, etc.).
- ◆ Programas de revisión de los diversos sistemas de seguridad, así como los programas de la calibración de la instrumentación y elementos de control (válvulas de seguridad, disparo y alarmas, etc.).
- ◆ Disposición del equipo necesario de protección personal y de primeros auxilios.
- ◆ Disposición de los residuos industriales generados dentro de sus instalaciones.

Cabe señalar, que deberá poner especial énfasis en aquellas áreas que resultaron ser las de mayor riesgo, de acuerdo con los resultados del estudio de riesgo.

VI.8. Describir a detalle las medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que cuenta o contará la instalación, consideradas para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.

VI.9. Indicar las medidas preventivas o programas de contingencias que se aplicarán, durante la operación normal de la instalación, para evitar el deterioro del medio ambiente (sistemas anticontaminantes), incluidas aquellas orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de accidente.



**NIVEL 3**

CAPITULO V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- V.1. Mencionar los criterios de diseño de la instalación, con base a las características del sitio y a la susceptibilidad de la zona a fenómenos naturales y efectos meteorológicos adversos.
- V.2. Descripción detallada del proceso por líneas de producción, reacción principal y secundarias en donde intervienen materiales considerados de alto riesgo (debiendo anexar diagramas de bloques)
- V.3. Describir reacción principal y secundarias en donde intervienen sustancias o materiales considerados de alto riesgo, incluyendo la cinética de las mismas y mecanismos de reacción llevados a cabo en el proceso, bajo condiciones normales y anormales de operación.
- V.4. Listar todas las materias primas, productos y subproductos manejados en el proceso, señalando aquellas que se encuentren en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas; especificando nombre de la sustancia, cantidad máxima de almacenamiento en kg, barriles, flujo en m<sup>3</sup>/h o millones de pies cúbicos estándar por día (MPCSD), concentración, capacidad máxima de producción, tipo de almacenamiento (granel, sacos, tanques, tambores, bidones, cuñetes, etc.) y equipo de seguridad.
- V.5. Presentar las hojas de datos de seguridad (MSD), de acuerdo a la **NOM-018-STPS-2000, "Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo"** (formato Anexo No. 2), de aquellas sustancias consideradas peligrosas que presenten alguna característica **CRETIB**.
- V.6. Equipos de proceso y auxiliares.
  - V.6.1 Tipo de recipientes y/o envases de almacenamiento, especificando características, código o estándares de construcción, dimensiones, cantidad o volumen máximo de almacenamiento por recipiente, indicando la sustancia contenida, así como los dispositivos de seguridad instalados en los mismos.
  - V.6.2 Describir equipos de proceso y auxiliares, especificando características, tiempo estimado de uso y localización; asimismo, anexar plano a escala del arreglo general de la instalación.

EJEMPLO:

EQUIPO	NOMENCLATURA DEL EQUIPO	CARACTERISTICA Y CAPACIDAD	ESPECIFICACION	VIDA UTIL (INDICADA POR EL FABRICANTE)	TIEMPO ESTIMADO DE USO	LOCALIZACION DENTRO DEL ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA
REACTOR	R-1	REACTOR CATALITICO CON SISTEMA DE CALENTAMIENTO, CON CAPACIDAD DE 12 m <sup>3</sup> .	ACERO INOXIDABLE SA-316 Gr. B ESPESOR 1/4" DIAMETRO 2 m. ALTURA 4 m. ..... ..... .....	20 AÑOS.	5 AÑOS	AREA DE PROCESO DE ETOXILADOS

- V.6.3 Anexar planos de detalle del diseño mecánico de los principales equipos de proceso y sistemas de conducción, señalando las normas aplicadas.
- V.6. Bases de diseño de los sistemas de desfogue existentes en la instalación.

- V.7. Condiciones de operación.  
Anexar los diagramas de flujo, indicando la siguiente información:
- V.7.1 Balance de materia y energía.
  - V.7.2 Temperaturas y Presiones de diseño y operación.
  - V.7.3 Estado físico de las diversas corrientes del proceso.
- V.8. Características del régimen operativo de la instalación (continuo o por lotes).
- V.9. Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) con base en la ingeniería de detalle y con la simbología correspondiente; Incluir las bases de diseño de los sistemas de instrumentación, anexando las especificaciones de los principales elementos de medición y control.
- V.10. Diseño de servicios.
- V.10.1 Anexar planos generales del diseño de los sistemas de servicio.
  - V.10.2 Describir los servicios externos e internos necesarios y su importancia en la operación de sectores críticos.
  - V.10.3 Descripción y justificación de los sistemas redundantes de servicios.
- V.11. Resumen Ejecutivo de las bases y criterios empleados para el diseño civil y estructural de las principales áreas de la instalación, así como de los equipos donde se manejan materiales considerados de alto riesgo.
- V.12. Especificar en forma detallada las bases de diseño para el cuarto de control.
- V.12.1 Describir las bases de diseño de los sistemas de aislamiento de las diferentes áreas o equipos con riesgos potenciales de incendio, explosión, toxicidad y sistemas de contención para derrames, anexando planos de construcción de los mismos.
  - V.12.2 Anexar planos de la distribución del sistema contra-incendios.
- V.13. Describir a detalle las medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad de la instalación, consideradas para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.

## CAPITULO VI. ANÁLISIS Y EVALUACION DE RIESGOS.

- VI.1. Antecedentes de incidentes y accidentes ocurridos en la operación de las instalaciones o de procesos similares, describiendo brevemente el evento, las causas, sustancias involucradas, nivel de afectación y en su caso, acciones realizadas para su atención.
- VI.2. Con base en la ingeniería de detalle, identificar los riesgos en áreas de proceso, almacenamiento y transporte, mediante la utilización de alguna de las siguientes metodologías: Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP) y Arbol de Fallas, Análisis de Modo Falla y Efecto (FMEA) y Arbol de Fallas; y/o la combinación de metodologías con características similares a las anteriores, debiendo aplicar estas, de acuerdo a las especificaciones propias de la misma. En caso de modificar dicha aplicación, deberá sustentarse técnicamente.

Bajo el mismo contexto, deberá indicar los criterios de selección de la(s) metodología(s) utilizadas para la identificación de riesgos; asimismo, anexar el o los procedimientos y la(s) memoria(s) descriptiva(s) de la(s) metodología(s) empleada(s).

En la aplicación de las metodologías utilizadas, deberán considerarse todos los aspectos de riesgo de cada una de las áreas que conforman la instalación.

Para la jerarquización de Riesgos se podrán utilizar: matriz de riesgos, metodologías cuantitativas de identificación de riesgos, sustentadas en criterios de peligrosidad de los materiales, los volúmenes de manejo, las condiciones de operación y/o las características CRETI de las mismas, o bien, mediante algún otro método que justifique técnicamente dicha jerarquización.

- VI.3. Determinar los radios potenciales de afectación, a través de aplicación de modelos matemáticos de simulación, del o los eventos máximos probables de riesgo, identificados en el punto VI.2, e incluir la memoria de cálculo para la determinación de los gastos, volúmenes y tiempos de fuga utilizados en las simulaciones, debiendo justificar y sustentar todos y cada uno de los datos empleados en dichas determinaciones.

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, deberá utilizar los criterios que se indican a continuación:

	TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)	INFLAMABILIDAD (RADIACION TERMICA)	EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESION)
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m <sup>2</sup> o 1,500 BTU/Pie <sup>2</sup> h	1.0 lb/plg <sup>2</sup>
Zona de Amortiguamiento	TLV <sub>8</sub> o TLV <sub>15</sub>	1.4 KW/m <sup>2</sup> o 440 BTU/Pie <sup>2</sup> h	0.5 lb/plg <sup>2</sup>

**NOTAS: 1)** En modelaciones por toxicidad, deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, deberá utilizarse Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s.

**2)** Para el caso de simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento el 10% de la energía total liberada.

- VI.4. Representar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en un plano a escala adecuada donde se indiquen los puntos de interés que pudieran verse afectados (asentamientos humanos, cuerpos de agua, vías de comunicación, caminos, etc.),
- VI.5. Realizar un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones próximas a la instalación que se encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo, indicando las medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas.
- VI.6. Indicar claramente las recomendaciones técnico-operativas resultantes de la aplicación de las metodologías para la identificación de riesgos, así como de la evaluación de los mismos, señalados en los puntos VI.2 y VI.3.
- VI.7. Presentar reporte del resultado de la última auditoría de seguridad practicada a la instalación, anexando en su caso, el programa calendarizado para el cumplimiento de las recomendaciones resultantes de la misma.

Los aspectos que deberán considerarse en la Auditoría son:

- ◆ La revisión de normas y especificaciones de diseño y construcción de los equipos e instalaciones (vías de acceso y maniobra, tanques de almacenamiento, capacidad de bombeo, etc.).
- ◆ La existencia y aplicación de procedimientos y programas, para garantizar la adecuada operación y mantenimiento de las instalaciones (Manuales con procedimientos de operación para cada área de la planta, paro, arranque y emergencias, mantenimiento preventivo, etc.).
- ◆ La implementación de los sistemas de identificación y codificación de los equipos (Identificación de tuberías, tanques, unidades de transporte de la planta, etc.).

- ◆ Los programas de verificación o pruebas, que certifiquen la calidad integral y resistencia mecánica de los equipos (Medición de espesores en tuberías y recipientes, radiografiado, certificación de accesorios y conexiones, pruebas hidrostáticas y neumáticas, etc.).
- ◆ Programas de revisión de los diversos sistemas de seguridad, así como los programas de la calibración de la instrumentación y elementos de control (válvulas de seguridad, disparo y alarmas, etc.).
- ◆ Disposición del equipo necesario de protección personal y de primeros auxilios.
- ◆ Disposición de los residuos industriales generados dentro de sus instalaciones.

Cabe señalar, que deberá poner especial énfasis en aquellas áreas que resultaron ser las de mayor riesgo, de acuerdo con los resultados del estudio de riesgo.

- VI.8. Describir a detalle las medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que cuenta o contará la instalación, consideradas para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.
- VI.9. Indicar las medidas preventivas o programas de contingencias que se aplicarán, durante la operación normal de la instalación, para evitar el deterioro del medio ambiente (sistemas anticontaminantes), incluidas aquellas orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de accidente.
- VI.10. Describir las rutas de traslado de los materiales involucrados que se consideran de alto riesgo.

Para cualquier aclaración, duda y/o comentario con respecto a este trámite, sírvase llamar al sistema de Atención Telefónica a la Ciudadanía (SACTEL) a los teléfonos 5480 2000 en el D.F. y área metropolitana, del interior de la república sin costo para el usuario al 01800 0014800 o desde Estados Unidos y Canadá al 1888 5943372 o directamente al Instituto Nacional de Ecología a los teléfonos 5624-3442 o 5624-3495.
--

## APÉNDICE “D”

### GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PROGRAMAS PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

*Comité de Análisis y Aprobación de los Programas para la Prevención de Accidentes (COAAPPA)*

- ◆ Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca/Instituto Nacional de Ecología/Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas.
- ◆ Secretaría de Gobernación/Dirección General de Protección Civil.
- ◆ Secretaría de Gobernación/Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- ◆ Secretaría de Energía/Dirección General de Seguridad y Protección ambiental.
- ◆ Secretaría de Salud/Dirección General de Salud Ambiental.
- ◆ Secretaría de Trabajo y Previsión Social/Dirección General de Seguridad-Higiene en el Trabajo
- ◆ Secretaría de Economía/Dirección General de Industrias.

### CONTENIDO

#### ***I.- Documentos Intersecretariales Regulatorios para la Prevención de Accidentes:***

##### **Secretaría de Energía**

Relacionar e identificar los equipos e instalaciones a los que se les aplica la normatividad vigente de la Secretaría de Energía en materia de gas L.P., gas natural e instalaciones eléctricas; debiendo acreditar el cumplimiento de esta normatividad, adjuntando al programa de prevención de accidentes, los dictámenes de la unidad de verificación acreditada y aprobada para tal efecto, y en su caso, el certificado correspondiente para tanques de almacenamiento de gas L.P.

##### **Instituto Nacional de Ecología**

- ◆ Copia del oficio resolutivo en materia de riesgo ambiental.
- ◆ Comprobantes del cumplimiento de condicionantes del oficio resolutivo en materia de riesgo ambiental.

#### ***II.- Lineamientos para la Elaboración del Plan de Preparación, Concientización y Respuesta a Emergencias por Accidentes Químico:***

##### **Marco Referencial:**

##### **1. Información General**

- 001 Datos de la Empresa.
- 002 Datos del Promovente.

##### **2. Evaluación Riesgo de la Planta**

- 003 Informe Técnico del Estudio de Riesgo.
- 004 Hojas de Datos de Seguridad.
- 005 Plano de Distribución del Establecimiento con Escenarios de Riesgos.

##### **3. Análisis de Vulnerabilidad en el Entorno de la Planta**

- 006 Geológica.
- 007 Hidrometeorológica.
- 008 Población Afectable.
- 009 Incompatibilidad de Actividades.
- 010 Vial.
- 011 Ambiental.
- 012 Plano de Localización de Establecimientos con Escenarios de Vulnerabilidad.

**Nivel Interno del Plan:**

**4. Organización**

- 013 Organigrama
- 014 Funciones
- 015 Directorio
- 016 Relación de Expertos
- 017 Recursos Humanos

**5. Inventario y mantenimiento de Equipos y Servicio de Emergencia**

- 018 Centro de Operaciones.
- 019 Dispositivos para Determinar la Dirección del Viento.
- 020 Extintores.
- 021 Sistemas Contra Incendios.
- 022 Equipo/Instalaciones contra Explosiones.
- 023 Equipo e Instalaciones contra Fugas Derrames y de Contención.
- 024 Equipo de Protección Personal de Emergencia.
- 025 Instalaciones de Atención Médica y Equipo de Primeros Auxilios.
- 026 Sistemas y Equipo de Comunicación y Alarma.
- 027 Unidades de Transporte Personal.
- 028 Rutas de Evacuación y Centros de Concentración.
- 029 Equipos y Materiales para Descontaminación.
- 030 Plano de Distribución de Equipos.

**6. Plan de Emergencias**

- 031 Procedimientos Específicos contra Fugas, Derrames, Incendios y Explosiones.
- 032 Procedimiento de Evacuación.
- 033 Procedimientos de Búsqueda y Rescate; Triage y; Primeros Auxilios.
- 034 Procedimiento para Afectaciones debido a Fenómenos Naturales.
- 035 Procedimiento para Declarar el Fin de la Emergencia.
- 036 Procedimiento de Post-Emergencia.

**7. Capacitación y Simulacros**

- 037 Programa Anual

**Nivel Externo del Plan:**

**8. Infraestructura y Servicios**

- 038 Existentes.
- 039 Necesarios.

**9. Procedimientos de Comunicación de la Emergencia**

- 040 Con Autoridades Locales y de Protección Civil, Industria, Población Afectable y Medios de Difusión.
- 041 Voceros (s).

**10. Equipos**

- 042 Apoyo de la Empresa para la Emergencia en el Exterior.

**11. Capacitación y Simulacros**

- 043 Programa Anual.

**12. Evacuación**

- 044 Rutas de Evacuación.
- 045 Centros de Concentración.
- 046 Albergues.

### 13. Notificación

047 Comunicación de Riesgos a Autoridades Locales.

#### Empresas Organizadas en Grupos de Ayuda Mutua

Las empresas que participen en un Grupo de Ayuda Mutua tendrán la posibilidad de presentar de manera conjunta el nivel externo, mediante el presidente o similar de la citada organización, para la cual deberán desarrollar el nivel externo del Plan de respuesta a emergencias como grupo.

Una vez aprobado el nivel externo del grupo, dicha aprobación será considerada válida para todos los agremiados que realicen actividades altamente riesgosas. Debiendo presentar a manera individual los documentos intersecretarioriales regulatorios de la prevención de accidentes y el nivel interno del plan de respuesta a emergencias. Para tal efecto se deberá cumplir con el desarrollo del nivel externo como grupo y presentar los siguientes requisitos:

048 Acta constitutiva o carta compromisos de las empresas participantes.

049 Reglamento del grupo de ayuda mutua.

#### III.- Instructivo

001 Formato 1 anexo.

002 Proporcionar los datos de la (s) personas que harán la gestión de este trámite ante el Instituto Nacional de Ecología.

003 Formato 2 anexo, instructivo anexo.

004 Contenido de acuerdo con la hoja de datos de seguridad de acuerdo a la NOM-018-STPS anexo 3.

005 Presentar un plano de distribución con escala 1:250 y 1:500. En el caso de complejos industriales se puede presentar esta información de manera modular o seccionada indicando la ubicación de cada sección en un lay-out el cual será presentado en un acuerdo de cada plano.

Presentar el diagrama de pétalos de los riesgos identificados, la ubicación y cantidad de los materiales peligrosos, así como la superficie del predio de la empresa en el plano solicitado en el párrafo anterior de acuerdo a los siguientes criterios:

Tipo de Riesgo	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
Toxicidad	IDLH	0.3 IDLH
Inflamabilidad	5KW/m <sup>2</sup> ó 1500 BTU/Ft <sup>2</sup> h	1.4 KW/m <sup>2</sup> ó 440 BTU/Ft <sup>2</sup> h
Explosividad	1.0 lb/pulg <sup>2</sup>	0.5 lb/pulg <sup>2</sup>

006 Indicar si el área en la que se ubica la empresa es susceptible a sismicidad, deslizamientos, flujo de lodos, hundimientos, derrumbes o se encuentra en una área afectada por actividad volcánica y cuales serían las afectaciones para la empresa.

007 Indicar si la empresa se encuentra dentro de una zona susceptible a huracanes, maremotos, inundaciones por lluvias torrenciales o desbordamientos de cuerpos de agua como ríos lagos, lagunas y presas, y cuales serian las afectaciones para la empresa.

008 Indicar el número estimado de personas potencialmente afectadas en el interior de la planta en caso de accidente, considerando las áreas de riesgo y amortiguamiento identificados en el estudio de riesgos.

009 Indicar si la realización de otras actividades riesgosas o altamente riesgosas ubicadas dentro de las áreas de riesgo y amortiguamiento de la planta en estudio pudieran incrementar al nivel de riesgo de la zona.

010 Especificar las calles, avenidas, carreteras que pudieran ser afectadas por una emergencia, así como la problemática existente para ser utilizadas para la llegada de apoyo externo o evacuación de la zona potencialmente afectada.

- 011 Indicar las posibles afectaciones al suelo, aire, cuerpos de agua, zonas naturales protegidas, así como fauna y flora, debido a las actividades realizadas por la empresa.
- 012 Presentar un plano legible de localización, con equipamiento urbano, carta urbana o foto mapa, con escala entre 1:5000 y 1:10000 señalando la ubicación de la planta, nombres de las calles, empresas de los predios colindantes y las actividades que desarrollan, zonas habitadas (Rurales o Urbanas) esta información será presentada en un área comprendida en cuando menos dos veces la distancia de la mayor afectación obtenida de los eventos simulados, tomando el límite del predio como punto de partida para medir la distancia solicitada, en este plano también se indicará el diagrama de pétalos con los criterios solicitados en el punto 005 de este instructivo.
- 013 Presentar el organigrama la estructura interna de protección civil para la respuesta a la emergencia.
- 014 Funciones y responsabilidades, que desarrollan las personas manifestadas en el organigrama del punto 013.
- 015 Presentar un directorio de las integrantes responsables de unidad interna de Protección Civil, en el que se incluya nombre, cargo en la empresa, cargo en la organización, número telefónico/extensión de la planta, dirección y número telefónico particular.
- 016 Presentar un directorio de especialistas en el manejo de materiales peligrosos y respuesta a emergencias específicas a los que pudiera recurrir la empresa en caso necesario.
- 017 Indicar en número de personas que participan en la unidad Interna de Protección Civil.
- 018 Indicar el sitio que servirá como centro de comando para ejecutar las acciones de coordinación y comunicación durante el desarrollo de una emergencia y hasta el fin de la misma. La ubicación del Centro de comando deberá determinarse en función de los alcances de las posibles afectaciones determinadas en el estudio de riesgo considerado su fácil acceso y comunicación.
- 019 Mencionar si se cuenta con veletas, mangas, o algún otro dispositivo que indique a las personas hacia donde dirigirse en caso de una evacuación por una nube de material tóxico o de vapor inflamable.
- 020 Indicar tipos y capacidad de extintores con que cuenta la empresa.
- 021 Indicar si la empresa cuenta con redes o sistemas fijos como; hidrantes monitores, aspersores, detectores de atmósferas inflamables u otro equipo o instalaciones semejantes.
- 022 Indicar las medidas que ha adoptado la empresa para prevenir o mitigar: impactos de ondas explosivas (muros, instalaciones subterráneas del material peligroso etc.) así como fugas de materiales tóxicos e inflamables.
- 023 Indicar si la empresa cuenta con equipos para detener las fugas originadas por materiales peligrosos, asimismo, si cuenta con diques para contener los posibles derrames, así como equipo para su recuperación.
- 024 Indicar los tipos de equipos con que cuenta la planta para atender la emergencia como son auto-contenido, traje de bombero, trajes encapsulados etc.
- 025 Indicar el equipo médico y de primeros auxilios con que cuenta la empresa para atención de posibles afectaciones de materiales peligrosos como; camillas, antídotos para las afectaciones de los materiales manejados, respiradores artificiales, ambulancia, inmovilizadores para fracturas, etc.
- 026 Indicar la forma como se detecta una emergencia así como la forma de comunicarla en los diferentes niveles (prealerta, alerta y alarma) de la emergencia, a todas las personas en el interior de la planta, así como para el exterior; (tablero de control sistematizado, accionadores de alarma o botoneras, intercomunicadores, teléfonos, etc.)
- 027 Indicar si cuenta con camiones, camionetas, automóviles que pudieran ser utilizados para la evacuación del personal o traslado de personas lesionadas.
- 028 Indicar las rutas que se utilizarán en caso de emergencia y los lugares al interior de la planta en los que se reunirán las personas que se encuentren en la planta en el momento de una emergencia.
- 029 Indicar los equipos y materiales para la descontaminación específica de las áreas equipos y ropa debido a la liberación accidental de materiales peligrosos en un accidente.



- 030 Presentar un plano en que se indique la ubicación de cada uno de los equipos manifestados en los puntos 18-28, las rutas de evacuación y los centros de concentración. Para cumplir este punto se puede utilizar el plano indicado en el punto 005, en caso de no estar saturado de información y haciendo la aclaración respectiva en este apartado.  
Asimismo es necesario se identifique claramente la información solicitada en el párrafo anterior, utilizando simbología a color para que no se confunda los trazos originales del plano.
- 031 Los procedimientos para este rubro deben desarrollarse con base y para la respuesta específica de los riesgos identificados por la empresa en el estudio de riesgos, con objeto de actuar inmediatamente evitando la manifestación de los accidentes mayores.  
Especificar en ellos a los responsables y las acciones a desarrollar por la unidad
- 032 Presentar el procedimiento de evacuación a ejecutar por la unidad interna de protección civil, considerando lo siguiente:
- ◆ Repliegue al interior de la planta
  - ◆ Evacuación total de la planta
  - ◆ Rutas de repliegue y evacuación
  - ◆ Centro de conteo o reunión
- 033 Describir las acciones para identificar a las personas que llegaran a faltar en las zonas de concentración después de una evacuación así como para organizar para organizar la búsqueda y en su caso el rescate de éstas, asimismo las acciones a desarrollar para seleccionar a las personas por grado de atención para primeros auxilios o atención médica.
- 034 Describir las acciones a realizar por la unidad interna de protección civil en caso de enfrentar afectaciones por fenómenos naturales, de acuerdo a la vulnerabilidad indicada en el apartado 3, con objeto de evitar un encadenamiento y se origine a una emergencia química y el impacto a la comunidad.
- 035 Describir las acciones a seguir por la unidad interna de protección civil para dar por terminada la emergencia, el desarrollo monitoreos o detección de atmósferas tóxicas, explosivas o inflamables considerando las concentraciones o niveles de toxicidad, inflamabilidad o radiación térmica manifestados por la empresa en las hojas de datos de seguridad anexo 3.
- 036 Describir las acciones de la unidad interna de protección civil para la limpieza y descontaminación física, química o biológica que ha de realizarse a los equipos o sitios que estuvieron en contacto con la sustancia liberada (Ropa, equipo y áreas en general).
- 037 Presentar el programa de capacitación y simulacros que aplicará anualmente al personal que dará respuesta a las emergencias potenciales de la empresa, así como al personal en general, considerando lo siguiente:
- ◆ Peligros de los productos manejados.
  - ◆ Riesgos mayores identificados en el estudio de riesgo.
  - ◆ Información de las hojas de datos de seguridad de los materiales manejados por el promovente.
  - ◆ Sistemas de comunicación y alarma
  - ◆ Ubicación y uso de equipos de control y contención de fugas, derrames e incendio.
  - ◆ Señalamientos
  - ◆ Uso y mantenimiento de equipo de protección personal.
  - ◆ Primeros auxilios para la atención específica de las afectaciones de las sustancias manejadas.
  - ◆ Rutas de evacuación y centros de conteo donde se reunirá el personal dentro y fuera de la planta.
  - ◆ Organización interna de protección civil.
  - ◆ El promovente puede incorporar otros temas de capacitación y entrenamiento relacionados con las AAR que realiza, además de los anteriores listados.
- 038 Indicar las Instituciones de servicios que podrían ser utilizadas en una emergencia originada por la empresa, incluyendo el directorio telefónico de las mismas (Hospitales, Bomberos, Policía, Transito, Ejercito, Marina, Grupos Consultores o especialistas de respuesta a emergencias químicas en la localidad.), utilizar el plano solicitado en el punto 012 para indicar su ubicación y distancia a la planta.

- 039 La empresa manifestada en este punto la información relativa a los recursos e infraestructura no disponibles en la localidad, y es necesaria para una mejor respuesta a emergencias.
- 040 Describir el procedimiento de comunicación de alerta y alarma en caso de emergencia, con grupos externos y población involucrados, principalmente las autoridades locales.  
Considerar en este los canales de comunicación con que cuenta la unidad interna de protección civil (claves, señales, tipos de alarma, duración del sonido, alcance) es importante indicar en este apartado las horas y días de prueba de la alarma con objeto de evitar confusiones.
- 041 Indicar la persona que será la que comunique oficialmente la información de la situación en los diferentes niveles de la emergencia y el fin de la misma; al público afectable, a las autoridades y los medios de comunicación interesados.
- 042 Presentar un listado de los equipos que la empresa dispone para emergencias en el exterior.
- 043 Empresa presentará una propuesta de temario de capacitación y simulacros, el cual sería aplicado a los posibles grupos de respuesta externa y a la población afectable. El cual debe considerarse al menos, los riesgos potenciales de la empresa, como protegerse de ellos y/o mitigar sus efectos, los sistemas de alarma y comunicación, las rutas de evacuación y los centros de conteo.
- 044 Con base en la información técnica elaborada por la empresa, esta debe proponer las rutas de evacuación más seguras, que se deben seguir en caso de una emergencia, hasta el límite de la distancia mayor obtenida en el estudio de riesgo.
- 045 De acuerdo con el análisis de vulnerabilidad elaborado por la empresa y al número de personas afectables (trabajadores y población) esta propondrá fuera de las zonas potencialmente afectadas, los sitios o instalaciones más seguras (parques, escuelas, iglesias, terrenos, etc.) que serian utilizados como áreas de concentración determinado por secciones quienes ocupan uno u otro centro entre las personas afectables con objeto de evitar confusión.
- 046 Indicar con base al punto anterior las áreas o instalaciones que podrían ser utilizadas como albergues, es decir por tiempos mas prolongados. Esta clasificación en virtud de los servicios con los que se pudiera contar los lugares seleccionados (techo, agua potable y sanitarios) para los casos en que la emergencia se pudiera prolongar a que la misma hubiera destruido las viviendas de las personas afectables.  
La información solicitada en los apartados 45, 46 y 47 debe presentarse en un plano, pudiendo ser utilizado el indicado en el punto 012 del apartado de instrucciones, en caso de no estar saturado de información.
- 047 Presentar copia sellada de un escrito dirigido a las autoridades de Protección Civil locales, mediante el cual proporciona una copia del plan para la prevención de accidentes completo de la empresa.
- 048 Presentar el documento con el cual las empresas afiliadas al organismo y en el cual se indique claramente: el nombre de casa unas de ellas o de las personas responsables, las condiciones en las que se comprometen a participar en el grupo de ayuda mutua y las firmas.
- 049 Presentar el reglamento que regirá para las empresas afiliadas en el cual se indique claramente las funciones y responsabilidades de cada miembro así como organigrama y directorio telefónico.