



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**ANÁLISIS DE RIESGOS HAZOP, ANÁLISIS DE ÁRBOL DE FALLAS Y
ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS DEL CIRCUITO DE CARGA DE UNA
PLANTA HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS.**

292971

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUIMICO

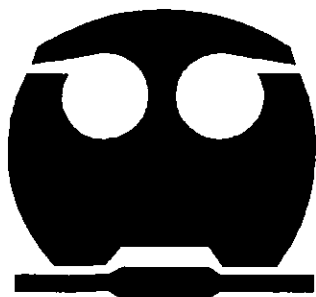
P R E S E N T A:

MALVAEZ CAMACHO ALFREDO ADRIAN

Acompañado de un disco de 3/2



**EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA**





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 está 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.

JURADO

Presidente	Prof.	LÓPEZ TORRES ARTURO.
Vocal	Prof.	MONTIEL MALDONADO CELESTINO.
Secretario	Prof.	CRUZ GÓMEZ M. JAVIER.
1ª Suplente	Prof.	BUTRON SILVA JESÚS ARTURO.
2ª Suplente	Prof.	BALDOMERO PEREZ GABRIEL.

Lugar donde se desarrollo la tesis
Facultad de Química Laboratorio E-212
C.U., UNAM C.P.: 04510

Asesor del tema

Supervisor técnico



Dr. M. Javier Cruz Gómez.



Ing. Oscar Orlando Andrés Vite Ruiz.

Sustentante



Malvaez Camacho Alfredo Adrián.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme salud.

Agradezco a mis padres Laura Camacho Rivera y Daniel Malvaez Pérez por todo su amor y apoyo.

Agradezco a mis hermanos Laura Ivonne Malvaez Camacho y Daniel Malvaez Camacho por su apoyo.

Agradezco a mis amigos Arturo, Alfredo, Carlos, Concepción, Edgar y Israel por su amistad.

Agradezco a mi querida Alejandra por llenarme de vida con su cariño.

Agradezco al doctor Javier M. Cruz por dejarme participar en este proyecto.

Agradezco a mis compañeros del laboratorio E-212 por su apoyo en la realización de esta tesis.

ÍNDICE.

Página.

LISTA DE ABREVIATURAS.....	V
----------------------------	---

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.

1.1. Objetivos.....	2
1.2. Etapas del proyecto.....	3

CAPITULO II. DEFINICIONES Y METODOS DE ANÁLISIS DE RIESGOS.

2.1. Conceptos.....	6
2.2. Análisis de riesgos.....	11
2.3. Técnicas de Análisis de Riesgos.....	12
2.3.1 Métodos Comparativos.....	13
2.3.2 Indices de Riesgos.....	15
2.3.3 Métodos Generalizados.....	16
2.4. Límite de inflamabilidad.....	31
2.5. Modelo para nubes explosivas.....	33

CAPITULO III. TRABAJO DE CAMPO.

3.1. Descripción de la Planta Hidrodesulfuradora.....	43
3.1.1 Descripción del Proceso.....	43
3.1.2 Flexibilidad del proceso.....	44
3.1.3 Química del proceso.....	44
3.1.4 Variables del proceso.....	48

3.2. Descripción del Flujo.	49
3.2.1 Sección de reacción.	49
3.2.2 Sección de estabilización y fraccionamiento.	51
3.3. Realización del Análisis de riegos.	54
3.3.1 Metodología empleada.	54
3.3.2 Descripción del circuito de carga.	56
3.3.3 Registro HazOp.	57
3.3.4 Resultados del Análisis de Árbol de Fallas (FTA).	92
3.3.5 Resultados del Análisis de Consecuencias.	94
3.3.5.1. Resultados.	95

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Recomendaciones del Análisis HazOp.	107
4.2. Recomendaciones del Análisis de Árbol de Fallas.	116
4.3. Recomendaciones para el Análisis de Consecuencias.	119
4.4. Conclusiones.	121
4.4.1. Conclusiones del Análisis de Riesgos HazOp.	121
4.4.2. Conclusiones del Análisis de Árbol de Fallas.	121
4.4.2. Conclusiones del Análisis de Consecuencias.	121

APÉNDICES.

Apéndice A. Tabla 1. Relación del Potencial de Pérdida.	123
Apéndice B. Diagramas Anexos de la Hidrodesulfuradora de Naftas.	124
BIOGRAFÍA.	129

TABLAS.

Tabla 2.1. Niveles de Frecuencia.	23
Tabla 2.2. Niveles de Gravedad.	23
Tabla 2.3. Clasificación de Recomendaciones.	24
Tabla 2.4. Símbolos para Elaborar el Árbol de Fallas.	31
Tabla 3.1. Registro HazOp.	59
Tabla 3.2. Datos Requeridos para el Análisis de Consecuencias.	94
Tabla 3.3. Diámetro de Ondas Explosivas a Volumen Total de Material Fugado.	96
Tabla 3.4. Diámetro de Ondas Explosivas a 50% del Volumen Total de Material Fugado.	97
Tabla 3.5. Diámetro de Ondas Explosivas a 25% del Volumen Total de Material Fugado.	98
Tabla 3.6. Diámetro de Ondas Explosivas a 3% del Volumen Total de Material Fugado.	99
Tabla 3.6. Evaluación de Daños por Explosiones de una Fuga por Sellos de la Bomba GA-404.	99
Tabla 4.1. Lista Jerarquizada de Recomendaciones HazOp.	107
Tabla 4.2. Recomendaciones del Análisis de Árbol de Fallas.	116

FIGURAS.

Figura 2.1. Utilidad de un Análisis de Riesgos.	11
Figura 2.2. Etapas de Análisis de Riesgos.	12
Figura 2.3. Matriz de Riesgo.	23
Figura 2.4. Diagrama de Flujo de la Técnica HazOp.	26

DIAGRAMAS.

Diagrama 3.1. DFP. de la Planta Hidrodesulfuradora de Naftas.	55
Diagrama 3.2. DTI. de la Unidad Hidrodesulfuradora de Naftas	
Circuito de Carga.	58
Diagrama 3.3. Análisis de Árbol de Fallas, Incendio de la Bomba	
GA-404.	93
Diagrama 3.4. Ondas de Sobrepresión, para DMP, por Fuga y	
Explosión de la Bomba GA-404.	104
Diagrama 3.4. Ondas de Sobrepresión, para DMC, por Fuga y	
Explosión de la Bomba GA-404.	105
Diagrama 4.1. Análisis de Árbol de Fallas, Incendio de la Bomba	
GA-404.	118

LISTA DE ABREVIATURAS.

ASME	American Society of Mechanical Engineers.
NFPA	National Fire Protection Association.
ASTM	American Standard Testing Materials.
API	American Petroleum Institute.
TEMA	Tubular Exchanger Manufacture Association



CAPITULO I
INTRODUCCIÓN





*CAPITULO I***INTRODUCCIÓN.**

La industria química es una necesidad para el mundo, ya que esta produce satisfactores humanos imprescindibles para la sociedad. La actividad dentro de la industria química representa un riesgo, como cualquier otra actividad humana. Es responsabilidad de los profesionales de la industria química minimizar y mantener dentro de un nivel aceptable para la sociedad, a los riesgos asociados a la industria química. La determinación de estos riesgos se basa entre otras cosas en un estudio, que toma en cuenta factores humanos, de responsabilidad legal y de imagen pública, entre otros.

El análisis de riesgos, tiene como objetivo principal; identificar y evaluar los riesgos asociados a los factores externos e internos, fallas en sistemas de control, fallas en sistemas mecánicos, sistemas humanos y en practicas administrativas con la finalidad de controlar y minimizar las consecuencias al personal, al público, al medio ambiente, a la producción y/o a las instalaciones.

El trabajo que se presenta a continuación es parte de un análisis de riesgos que se realizó a una planta Hidrodesulfuradora y Reformadora de Naftas, donde se seleccionó y se revisaron diferentes circuitos de flujo para la realización de un estudio HazOp, el cual es una herramienta para identificar los posibles riesgos, producidos por desviaciones del diseño de la planta. Mediante la selección de un escenario hipotético de un accidente en la planta, se estructuro un árbol de fallos, que proporciona información de la probabilidad de que el suceso ocurra si cada elemento del árbol falla, y por último se presentan las consecuencias si el escenario se produce.

1.1 Objetivos.

- Identificar y evaluar los riesgos, mediante la aplicación de la técnica HazOp, en una planta Hidrodesulfuradora y Reformadora de Naftas.
- Seleccionar un escenario hipotético de accidente para evaluar sus consecuencias y proponer medidas de protección para mitigar sus efectos.



- Obtener una lista de recomendaciones, como resultado del análisis de riesgos, que al ser implementadas conforme a su prioridad, mejore la operación y la seguridad de la planta.

1.2 Etapas del proyecto.

i. Recopilación de información.

En esta etapa se recopiló la información relacionada con la operación y seguridad de la planta la cual fue: los diagramas de flujo de proceso (DFP's), los diagramas de tubería e instrumentación (DTI's), manuales de operación y el registro de incidentes.

ii. Realización del estudio HazOp.

Primero se formó un grupo técnico multidisciplinario por parte de la planta el cual participó en el análisis, compuesto por personal con una función especial dentro de la planta y personal de la UNAM el cual coordinó el estudio. Los nodos (son las subdivisiones de un sistema de proceso, "equipos") a analizar y las fechas de las reuniones se definieron en una reunión que se tuvo entre el jefe del sector y el personal de la UNAM.

Para realizar el estudio de análisis de riesgos, se actualizaron los diagramas de la planta (DFP's y DTI's) por parte de personal de la UNAM, estos son fundamentales para la realización del estudio HazOp.

Como siguiente paso se hizo el análisis HazOp en cada uno de los circuitos de flujo seleccionados como nodos aplicando las palabras guías a los parámetros que se consideraron más importantes.

Por último, basándose en el estudio de análisis HazOp, se seleccionaron los escenarios de accidentes más probables para realizar un análisis de árbol de fallos y un análisis de consecuencias.



iii. Análisis de resultados.

En esta etapa se presenta una serie de recomendaciones como resultado del análisis HazOp, árbol de fallos y análisis de consecuencias. Estas fueron jerarquizadas de acuerdo a su nivel de importancia. Y un plan de trabajo, el cual se elaboró para darle seguimiento a las acciones necesarias para implementar dichas recomendaciones en los tiempos establecidos.



CAPITULO II
DEFINICIONES Y
METODOS DE
ANÁLISIS DE RIESGOS





CAPITULO II.

DEFINICIONES Y METODOS DE ANÁLISIS DE RIESGOS

2.1 Definiciones. ^(19 y 22)

- i. *Accidente*: Significa cualquier acontecimiento no planeado que implica una desviación intolerable sobre las condiciones de diseño de un sistema causando daño a las personas, al equipo, a los materiales y al medio ambiente, y pueden ser accidentes menores ó accidentes mayores.
- ii. *Accidente menor*: Es un acontecimiento no deseado que provoca daños leves a las personas, siendo necesaria la aplicación de primeros auxilios para que se incorporen nuevamente a sus actividades normales.
- iii. *Accidente mayor*: Cualquier suceso tal como una emisión, fuga, vertido, incendio ó explosión que sea consecuencia de un desarrollo incontrolado de una actividad industrial y que pueda provocar una situación de gran riesgo, catástrofe ó calamidad pública, inmediata ó diferida, para las personas, para el medio ambiente y para los bienes propiedad de los accionistas, ya sea en el interior ó en el exterior de las instalaciones, y en el que estén implicadas una ó varias sustancias peligrosas (real decreto 886/1988, de la legislación Española, sobre prevención de accidentes mayores).
- iv. *Análisis de riesgos*: Es una disciplina que combina la evaluación del proceso desde el punto de vista de la ingeniería con técnicas matemáticas que permiten realizar estimaciones de frecuencias/probabilidades y consecuencias de accidentes. Los resultados del análisis de riesgos pueden ser utilizados para la toma de decisiones (gerencia ó administración de riesgos), ya sea mediante la jerarquización de las estrategias de reducción de riesgos ó mediante la comparación con los niveles de riesgo fijados como objetivo en una determinada actividad.



- v. *Análisis de riesgos de procesos*: Es un esfuerzo organizado para identificar, por medio de una serie de técnicas sistemáticas, las debilidades asociadas con el diseño u operación del proceso que podrían conducir a consecuencias indeseables (perjuicios personales ó daños a equipos catastróficos) y determinar las medidas para controlar estos riesgos y eliminar ó al menos mitigar sus consecuencias.
- vi. *Análisis de Riesgos y Operabilidad (HazOp)*: Es una herramienta sistemática usada por un equipo multidisciplinario para llevar a cabo un estudio de riesgos y operabilidad, la cual usa una serie de palabras guía, que se aplican a cada parámetro del proceso seleccionado, para identificar, mediante la discusión propositiva y la generación de ideas: desviaciones de la intención de diseño de un sistema y sus procedimientos, las causas y consecuencias que las provocan y los sistemas de protección ó mitigación de dichas causas y consecuencias; y que además, semicuantifica los riesgos, mediante la combinación de las frecuencias ó probabilidades y la gravedad, hace recomendaciones, las cuales clasifica y jerarquiza de acuerdo al nivel del riesgo encontrado, establece y jerarquiza las acciones para implementar las medidas correctivas determinadas por el equipo multidisciplinario". HazOp (Hazard and Operability Analysis) quiere decir Análisis de Riesgos y Operabilidad. La palabra Riesgo viene de la palabra en ingles Risk y la palabra Peligro viene de la palabra en ingles Hazard. Con base a la explicación anterior, HAZOP debería traducirse como Análisis de Peligro y Operabilidad, sin embargo nosotros usaremos la palabra riesgo en lugar de peligro como se ha venido haciendo.
- vii. *Causa*: Es la razón por la que se pueden producir desviaciones, es decir es lo que hace que un incidente o accidente ocurra.
- viii. *Clase*: Es la prioridad asignada a las acciones recomendadas en base al nivel de riesgos encontrado basado en la matriz de riesgos.
- ix. *Combustión*: Es una reacción química en la que se libera energía a partir de la oxidación de un material.



- x. *Consecuencia*: Resultado de un evento no deseado, medido por sus efectos en los empleados, público en general, el medio ambiente, la producción y/o las instalaciones (equipo y maquinaria).
- xi. *Desviación*: Son desvíos de la intención de diseño (flujo, presión, temperatura, reacción, nivel, etc.) que se descubren mediante la aplicación sistemática de las palabras guía.
- xii. *Escenario potencial*: Es el riesgo potencial que tiene probabilidad elevada de causar pérdidas.
- xiii. *Evento de riesgo*: Determinación de un evento hipotético en el cual se toma en consideración la ocurrencia de un accidente bajo condiciones determinadas, definido mediante modelos matemáticos y criterios acordes a las características de los procesos y/o materiales, las zonas potencialmente afectadas.
- xiv. *Frecuencia*: Es el número de incidentes o sucesos que se han observado en un lapso de tiempo dentro de la planta.
- xv. *Gravedad*: Son las consecuencias dañosas que puede tener un accidente dentro de la planta. Su nivel se asigna con ayuda del equipo multidisciplinario.
- xvi. *Incendio*: Es la combustión de grandes cantidades de un material, ocasionando grandes pérdidas, ya sean humanas, materiales o ambas.
- xvii. *Incidente*: Es el evento o combinación de eventos no planeados que se deben a errores humanos, fallas en los equipos y/o fenómenos naturales; que bajo circunstancias un poco diferentes, puede tener o no consecuencias para el personal, la población, el medio ambiente, la producción y/o las instalaciones (equipo y maquinaria).



- xviii. *Índice de riesgo*: Es la combinación matemática entre la frecuencia y la gravedad. Índice de riesgo (perdida/año) = Índice de frecuencia (accidente/año) x índice de gravedad (pérdida/accidente).
- xix. *Inflamabilidad*: Es la mayor o menor facilidad con que una sustancia puede arder en el aire o en algún otro gas que puede servir como comburente.
- xx. *Medida correctiva*: Es la que reduce la probabilidad del riesgo identificado o mitiga sus efectos cuando dicho riesgo se transforma en accidente.
- xxi. *Mitigación*: Conjunto de acciones para disminuir las consecuencias de la ocurrencia de un accidente.
- xxii. *Modelo*: Representación simplificada o esquemática de un evento de proceso con el propósito de facilitar su comprensión o análisis.
- xxiii. *Nodo*: Es la subdivisión de un sistema de proceso, este se puede identificar por el cambio de propiedades, en su origen comienzan nuevas propiedades del material y en su destino nuevamente hay un cambio de propiedades. Este debe ser lo suficientemente pequeño para que sea manejable y suficientemente grande para que sea significativo.
- xxiv. *Palabra guía*: Es aquella que indica la desviación parcial o total de la intensidad.
- xxv. *Parámetro*: Es una manifestación física o química del proceso como el flujo, nivel, presión, temperatura, velocidad, composición, mezcla, ignición, etc.
- xxvi. *Peligro*: Significa cualquier condición física ó química capaz de causar daños a las personas, al medio ambiente o a la propiedad.
- xxvii. *Pérdida*: Significa un derroche innecesario de recursos.



- xxviii. *Probabilidad*: Es la posibilidad matemática de que un evento ocurra y se expresa en fracciones entre 0 y 1. La absoluta imposibilidad es de 0 y la absoluta certeza es de 1.
- xxix. *Protecciones*: Son todas las acciones o medidas que se toman dentro del sistema de estudio para mitigar o reducir la probabilidad de que ocurra un accidente o incidente.
- xxx. *Recomendaciones*: Son todas las acciones o medidas que se pueden implementar para reducir o mitigar la probabilidad de que ocurra un accidente o incidente.
- xxxi. *Riesgo*: Significa la posibilidad de sufrir pérdidas ó bien se puede considerar como una medida de pérdida económica ó daño a las personas, expresada en función de la probabilidad del suceso y la magnitud de las consecuencias.
- xxxii. *Salvaguarda*: Es una protección para evitar o disminuir los efectos de algún acontecimiento no deseado.

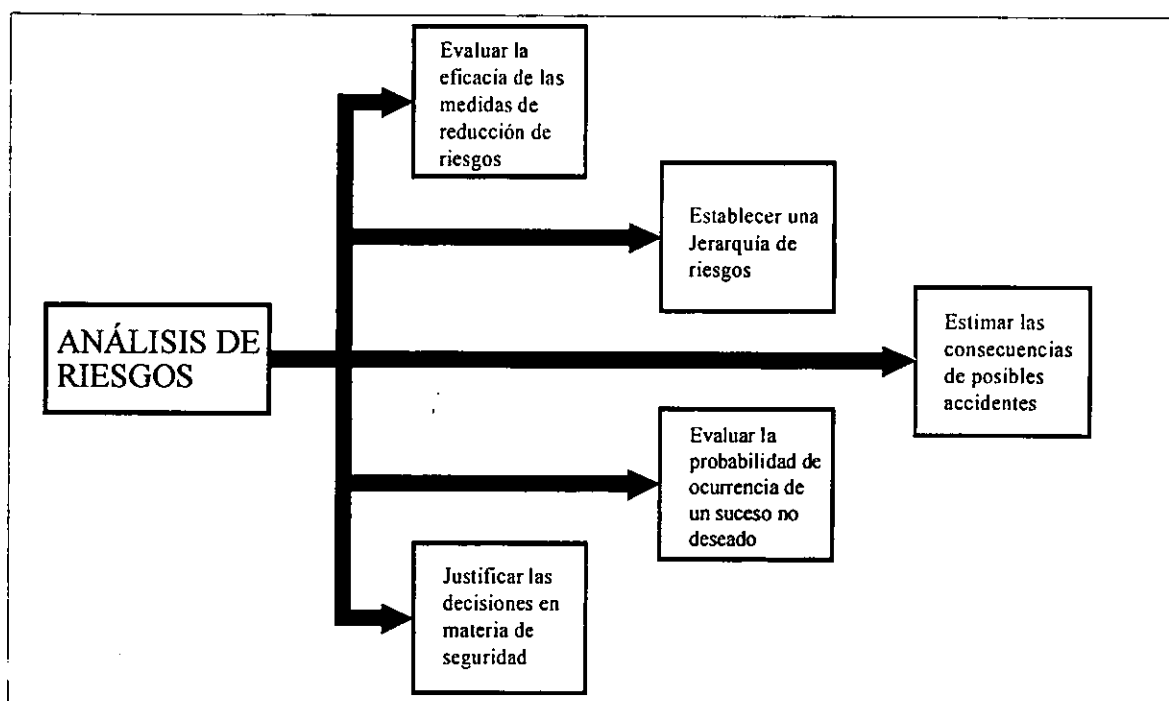
Existe una diferencia clara entre riesgo y peligro aunque frecuentemente se habla de que hay un peligro elevado cuando en realidad se quiere decir que el nivel de riesgo es alto. Para decidir si un riesgo es o no aceptable, se requiere estimar su magnitud mediante un análisis de riesgos, es decir, se requiere hacer una estimación cuantitativa del nivel de peligro potencial que representa una actividad, tanto para las personas como para los bienes materiales, en términos de la magnitud del daño y la probabilidad de que tenga lugar.



2.2 Análisis de riesgos.

El análisis de riesgos es de mucha utilidad porque nos permite identificar las causas de un accidente y los mecanismos de su desarrollo, así como también, nos permite evaluar las consecuencias. Además, el análisis justifica las decisiones que se toman para la implementación de medidas correctivas que reduzcan la probabilidad de ocurrencia de un accidente o cuando menos, se mitigan sus consecuencias. En la figura 2.1 se muestra la utilidad de un análisis de riesgos:

Figura 2.1 Utilidad de un Análisis de Riesgos.



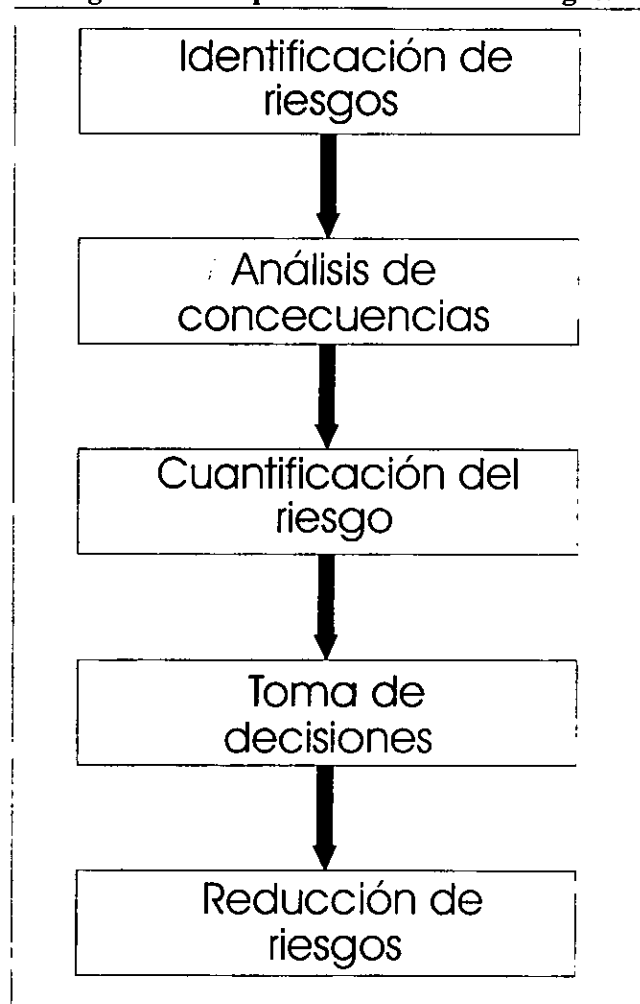
Un riesgo puede ser aceptado en su nivel actual o puede ser reducido. La decisión implica estimar la magnitud de las consecuencias que pueden derivarse de un accidente y de la probabilidad del mismo, así como el costo de las medidas correctivas. En la figura 2.2 se muestra las etapas resumidas de un análisis de riesgos.



2.3 Técnicas de Análisis de Riesgos.

Existen varias técnicas de identificación y evaluación de riesgos que han demostrado ser eficientes en la práctica profesional desde hace varios años, sin embargo estas técnicas difieren en la forma de rastrear y evaluar los riesgos en una unidad de proceso y en la aportación de resultados para mejorar la eficiencia de su operabilidad. La identificación de riesgos es el paso más importante del análisis, puesto que cualquier riesgo no identificado no puede ser objeto de estudio y se vuelve un riesgo incontrolable. Una vez identificado el riesgo es probable que se tomen las medidas necesarias para reducirlo, incluso si la evaluación cuantitativa es defectuosa. Los métodos de identificación de riesgos se dividen en las siguientes tres categorías:

Figura 2.2 Etapas de Análisis de Riesgos.





Métodos comparativos

- Códigos, estándares y normas
- Listas de comprobación (checklists)
- Análisis histórico de accidentes

Índices de riesgo

- Índice Dow
- Índice Mond

Métodos generalizados

- Análisis de Modos de Fallo y sus Efectos (FMEA).
- Análisis de Árbol de Sucesos (ETA).
- Análisis de Error Humano.
- Análisis "What-If".
- Análisis de Riesgos y Operabilidad (HazOp).
- Análisis de Árbol de FALLAS (FTA).
- Análisis de Consecuencias/Efectos.

2.3.1 Métodos Comparativos.

Los métodos comparativos se basan en la experiencia acumulada, de varios años, de las personas involucradas directamente con los procesos en determinadas áreas. Los índices de riesgos, aunque no identifican peligros específicos, son útiles para señalar las áreas de mayor concentración de riesgo, es decir, establece una jerarquización de riesgos por áreas, las cuales requieren un análisis de riesgos más profundo, con técnicas generalizadas; por ejemplo, con la técnica HazOp junto con la técnica FTA (Fault Tree Analysis). Los métodos generalizados proporcionan esquemas de razonamiento más sistemáticos y son herramientas de análisis más versátiles y útiles.



i. *Códigos, estándares y normas.*

Esta es una técnica comparativa de identificación de riesgos que se usa para evaluar la seguridad de una planta de procesos. La mayoría de las plantas químicas, de refino y petroquímicas han elaborado manuales técnicos internos que indican como diseñar, fabricar, distribuir, instalar, operar, modificar y dismantelar los equipos de procesos. Estos manuales siempre cumplen con la legislación local, nacional y con estándares de las distintas ramas de ingeniería, en forma de códigos y normas (ASME, ASTM, API, NFPA, TEMA, etc.). Estos últimos como parte complementaria a la experiencia de las plantas, documentada en dichos manuales técnicos internos. El procedimiento que se debe seguir al aplicar esta técnica es el siguiente:

- Utilizar los manuales técnicos internos que están disponibles.
- Usar los códigos y estándares de ingeniería para la evaluación y confiabilidad del diseño.
- Sí se detectan diferencias en el diseño con respecto a los requerimientos documentados, investigar las razones por las cuales no se siguieron los procedimientos usuales y establecer las medidas correctivas si estas son necesarias.

ii. *Lista de comprobación (checklist).*

La lista de comprobación es un método comparativo de identificación de riesgos que requiere la experiencia acumulada por una organización industrial y es un recordatorio útil que permite comparar el estado de un sistema con una referencia externa establecida para garantizar su funcionamiento, identificando directamente carencias de seguridad ó áreas que requieren un estudio de riesgos más profundo. Esta lista puede ser aplicada para la evaluación de equipos, materiales ó procedimientos.



iii. *Análisis histórico de accidentes.*

Este tipo de análisis usa la información de accidentes ocurridos. Los peligros identificados durante el análisis son reales, siendo esto su principal ventaja y a la vez su principal desventaja, debido a que durante este análisis se toman en cuenta sólo las causas que provocaron el accidente y no considera todas las posibilidades importantes que pudieron haberlo materializado. Además, la información disponible sobre un accidente es limitada, ya que estos, en muchos de los casos, se registran incompletamente ó no se registran. Esto último, debido a que muchos de los riesgos potenciales que pudieron haber tenido consecuencias catastróficas no se transformaron en accidente potencial, por circunstancias afortunadas. Aún con sus desventajas, el análisis histórico de accidentes es útil porque identifica peligros concretos que permiten a las plantas iniciar un análisis de riesgos más profundo para tomar la decisión, con base a su probabilidad de ocurrencia y su magnitud de daño, de aceptarlo ó no.

2.3.2 Índices de Riesgos.

Los índices de riesgos proporcionan un método directo y relativamente simple para estimar el riesgo global asociado a una área de proceso y jerarquizan las áreas conforme a su nivel de riesgo. Proporcionan un valor numérico que permite identificar áreas en las que el riesgo potencial alcanza un nivel determinado. Con base a este nivel se toma la decisión de hacer un análisis mas profundo aplicado técnicas mas específicas, como por ejemplo, HazOp, Árbol de fallas, etc. Los índices de riesgos son útiles, porque proporcionan una estimación rápida y confiable del orden de magnitud del riesgo de una área determinada.

i. *Índice Dow (de incendio y explosión).*

El índice DOW proporciona un método directo y relativamente simple de estimar el riesgo global asociado con una unidad de proceso y de jerarquizar las unidades en cuanto a su nivel general de riesgo. No se utiliza para señalar riesgos individuales sino que proporciona un valor numérico que permite identificar áreas en las que el



riesgo potencial alcanza un nivel determinado. Sobre estas áreas puede, en caso necesario, hacerse un análisis de riesgos más detallado, aplicando una técnica generalizada, por ejemplo, la técnica HazOp, por lo que el valor numérico obtenido puede ser de utilidad a la hora de decidir la profundidad del estudio., sin embargo la última edición del índice DOW toma en cuenta, aunque ligeramente, aspectos de toxicidad y es más fácil de conducir por el uso de gráficos y ecuaciones. Para hacer un índice DOW se requiere la siguiente información: Plano de distribución de la planta (plot plan), diagrama de flujo de proceso (DFP), condiciones de operación y de flujo, formato de trabajo del índice DOW y relación de costos del equipo instalado en la planta.

ii. *Indice Mond.*

El índice MOND es similar al índice DOW con la diferencia de que el primero incluye aspectos de toxicidad

2.3.3 Métodos Generalizados.

i. *Análisis de modos de fallas y sus efectos (FMEA).*

El análisis FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) consiste en un examen de componentes individuales con el objetivo de evaluar el efecto que un fallo de estos mismos pueda tener sobre el sistema. Es un análisis sistemático, que se realiza poniendo énfasis en fallas de funcionamiento de componentes. En el contexto de este análisis, una modalidad de fallo es un síntoma, una condición o un modo de operación asociado al fallo del componente. El modo de fallo puede identificarse como una pérdida de la función del componente, funciona prematuramente, funciona fuera de tolerancia o una característica física indeseada, por ejemplo, una fuga pequeña. En el análisis FMEA todos los modos conocidos de fallo de los componentes se consideran por turnos y las consecuencias del fallo son analizadas y registradas. Para llevar a cabo el FMEA se requiere de los siguientes componentes:



- Diagramas de tubería e instrumentación.
- Diagramas eléctricos.
- Procedimientos de operación
- Diagramas de lógica instrumental.
- Información sobre controles e independencia

El equipo de trabajo debe tener la información suficiente para comprender el diseño y la operación de un componente y su interacción con el sistema del que forma parte. Como siguiente paso se debe definir un formato adecuado para el estudio, con esto se logra una mayor coherencia en el análisis.

ii. *Análisis de árbol de sucesos (ETA)*

Esta técnica surge de un suceso determinado e investiga mecanismos razonables mediante los cuales éste puede tener lugar. El análisis de árbol de sucesos (Event Tree Analysis) evalúa las consecuencias que puedan tener lugar a partir de un suceso determinado. El ETA hace énfasis en un suceso inicial que supone que ha ocurrido, se construye el árbol lógico que conecta dicho suceso inicial con los efectos finales, donde cada rama del árbol representa una línea de evolución que conduce a un efecto final o bien se anula la secuencia de circunstancias evitando el efecto final

iii. *Análisis de error humano.*

El análisis de error humano es una evaluación sistemática de los factores que influyen en el comportamiento y desempeño del personal de la planta. Durante el análisis se buscan los factores físicos y ambientales involucrados en el trabajo; como habilidades, nivel de conocimiento, adiestramiento, etc., del personal. El propósito de este análisis es localizar áreas ó situaciones en las cuales la persona encargada está expuesta a tomar decisiones impropias que podrían conducir a un evento indeseable. Los resultados de un análisis de error humano son: Una lista de errores humanos que



podrían ocurrir durante las operaciones normales y de emergencia, una lista de factores que contribuyen a cometer errores y lista de recomendaciones propuestas para eliminar ó reducir dichos errores. La información que se requiere para realizar un análisis de error humano es la siguiente:

- Procedimientos de operación normal y de emergencia.
- Conocimiento del nivel de capacitación y adiestramiento a los empleados.
- Descripción de tareas y arreglo de los tableros de control y alarmas.

iv. *Análisis What-if.*

El What-if es un método poco estructurado. Debido a esta falta de estructuración, se requiere mayor experiencia por parte de las personas que lo aplican ó que sea aplicado por un grupo de personas con experiencia en la operación de la unidad de proceso en estudio, ya que de lo contrario se tienen omisiones importantes. El objetivo de un What-if es buscar consecuencias de posibles eventos no deseados y se aplica en el diseño, construcción, modificación y operación de instalaciones industriales. Este método requiere la siguiente información: Diagramas de tuberías e instrumentación (DTI's) y procedimientos de operación. A continuación se muestra un ejemplo comparativo usando las técnicas HazOp y What-If.

v. *Análisis de Riesgos y Operabilidad "HazOp".*

El HazOp es una técnica que fue desarrollada para identificar riesgos y mejorar la operabilidad de una planta de procesos. Esta puede ser usada durante el diseño, modificación u operación de una instalación, usando una lista de palabras guías que en combinación con los parámetros de proceso producen la desviación de la intención del proceso, diseño u operación que puede ocurrir en un nodo de estudio. El principio del estudio HazOp es la suposición de que los problemas o riesgos de operación, aparecen como consecuencia de las desviaciones de las condiciones normales en una determinada etapa de la planta, este se puede aplicar en la etapa de diseño como si ya



estuviera construida la instalación. Por último podemos decir que el HazOp es una forma estructurada del análisis What-If.

Esta técnica se basa en los siguientes dos puntos:

- Carácter sistemático del análisis:

El estudio está basado en la aplicación de una serie de palabras guía, las cuales facilitan la identificación de desviaciones mediante un razonamiento ordenado. Cada vez que una desviación razonable es identificada, se analizan sus causas, consecuencias, salvaguardas y posibles acciones correctivas.

- Carácter multidisciplinario:

El análisis HazOp es aplicado por un equipo, que debe estar formado por personas de distinta experiencia y formación. Los miembros del equipo exponen las desviaciones, causas, consecuencias y soluciones que se les ocurren, aunque a primera vista parezcan poco razonables ó imposibles.

Metodología para el estudio HazOp.

Para la aplicación correcta de la técnica HazOp se requiere que los Diagramas de Tuberías e Instrumentación estén completos. Es fundamental que la persona que dirija el estudio tenga experiencia en análisis HazOp y de preferencia con conocimiento generales acerca de la planta en cuestión, su misión es actuar de facilitador, asegurándose de que se sigue el procedimiento correcto sin descuidar ningún detalle, estimulando la discusión.



Para el desarrollo de un análisis HazOp se requiere como paso fundamental la formación de un equipo multidisciplinario conformado por las siguientes integrantes: un ingeniero de proyectos, un ingeniero de proceso, un ingeniero instrumentista, un ingeniero de mantenimiento (mecánico y eléctrico), un ingeniero de mantenimiento de plantas y un ingeniero encargado de la seguridad industrial. Además de los mencionados, se requieren personal con experiencia en la aplicación de la técnica de análisis HazOp, el cual debe actuar como facilitador, asegurándose de que se aplica adecuadamente la técnica, sin descuidar ningún detalle, estimulando la participación y discusión propositiva entre los miembros del equipo. Este equipo deberá cumplir con los siguientes puntos:

- Tener conocimiento pleno del proceso (tanto físico como químico).
- Revisar los registros históricos de incidentes ó accidentes así como también los registros de calibración y prueba de líneas y válvulas de relevo (PSV's).
- Seleccionar los nodos (en orden jerárquico) en los que se aplicará la técnica HazOp.
- Conocer y tener a la mano los procedimientos normativos internos, la normatividad local y Nacional, y estándares internacionales.
- Revisar los manuales de operación y mantenimiento, la información del control automático existente, los programas de capacitación y adiestramiento y los planes de emergencia. Toda esta información deberá estudiarse (con el fin de conocer el proceso operativo) y revisarse de acuerdo a las normas y estándares que apliquen (con el fin de establecer recomendaciones específicas durante y al final del estudio, evitando generalidades).
- Revisar y actualizar (sí es necesario) los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) y los Diagramas de Flujo de Proceso (DFP's) para



cada nodo seleccionado, así como también revisar las hojas de datos de equipo y líneas. Realizar un recorrido en el área con el grupo HazOp, con el fin de observar las condiciones de seguridad en el nodo a analizar.

- Establecer las reglas de juego: Puntualidad, participación activa y positiva, evitar las discusiones innecesarias y concentración en el estudio para la generación de ideas.
- Aplicar la técnica de análisis de riesgos y operabilidad (HazOp) en cada nodo seleccionado (ver más adelante el diagrama de flujo de la técnica HazOp). Durante la aplicación de la técnica es posible determinar, además de las desviaciones, causas, consecuencias, salvaguardas, recomendaciones y acciones, los límites de operación y seguros (de temperatura, presión, nivel, etc.).
- Identificar escenarios potenciales de accidentes durante la aplicación de la técnica HazOp.
- Aplicación de la técnica de análisis de árbol de fallas y análisis de consecuencias para cada escenario potencial identificado.
- Reporte HazOp

Para que un estudio HazOp sea exitoso se requiere la información que represente por completo el estado actual de una planta (cuando el estudio se realiza en la etapa de operación). Antes de iniciar un estudio HazOp es importante revisar la información que diariamente se usa para asegurar la calidad del producto final y prevenir riesgos; por ejemplo en orden de importancia, los procedimientos operativos y de mantenimiento, el programa de revisión de instrumentos y detectores (protecciones), etc. Frecuentemente nos encontramos con procedimientos, imprecisos, no actualizados, no difundidos correctamente y,



además, archivados, los cuales conducen al personal encargado de aplicarlos a usar notas informales que, en muchos de los casos ó en casi todos, provocan la omisión de pasos importantes de un procedimiento correcto.

Matriz de riesgos

La matriz de riesgo se forma a partir de los niveles de riesgo, que son el nivel de frecuencia y nivel de gravedad. Después el equipo multidisciplinario clasificará las recomendaciones según su nivel de riesgo, el cual fue establecido por el equipo multidisciplinario.

Clasificación de recomendaciones.

Las recomendaciones se clasifican de acuerdo al nivel de riesgo encontrado y se obtienen directamente de la matriz de riesgos. Estas se clasifican de la siguiente manera:

- Clase A: son las que tienen la más alta prioridad. Esto significa que es necesaria una acción inmediata para reducir la probabilidad de ocurrencia del accidente, mediante técnicas de reducción de riesgos, ó para mitigar sus consecuencias ó efectos. De acuerdo con la matriz de riesgos, estas recomendaciones deberán tener un número de riesgo 8 a 10.
- Clase B: son las que tienen prioridad media. Esto quiere decir que la administración debe evaluarlas mediante un análisis de costo-beneficio y mediante el fundamento de la recomendación dada para reducir el riesgo o mitigar sus consecuencias, para que basado en esto se tome la decisión de “aceptar o no el riesgo”. De acuerdo con la matriz de riesgos. estas recomendaciones deberán tener un número de riesgo de 4 a 7.



- Clase C: son las que tienen la más baja prioridad. Esto significa que la acción correctiva que se tome mejorará aún más la seguridad (el riesgo puede ser reducido) pero que el proceso puede seguir operando con seguridad aunque la recomendación no se implemente (los riesgos deben controlarse dentro de los niveles aceptables). De acuerdo con la matriz de riesgos, estas recomendaciones deberán tener un número de riesgo de 1 a 3.

Tabla 2.1 Niveles de Frecuencia.

Nivel	Frecuencia
1	No más de una vez en la vida de la planta.
2	Hasta una vez en diez años.
3	Hasta una vez en cinco años.
4	Hasta una vez en un año.
5	Más de una vez al año.

Tabla 2.2 Nivel de Gravedad.

Nivel	Gravedad
1	No tiene impacto en la planta, el personal o los equipos.
2	Daños a los equipos o generación de fugas menores.
3	Lesiones al personal de la unidad. Todos los daños se limitan a la planta.
4	Destrucción y daños limitados a fuera de la planta.
5	Destrucción y daños extensivos a fuera de la planta.

Figura 2.3 Matriz de Riesgo.

		GRAVEDAD				
		1	2	3	4	5
FRECUENCIA	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	7	8
	3	3	6	7	8	9
	4	4	7	8	9	10
	5	5	8	9	9	10



Tabla 2.3 Clasificación de Recomendaciones.

CLASE	A	B	C
RANGO	8 a 10	4 a 7	1 a 3

Terminología del estudio HazOp.

Palabras guías:

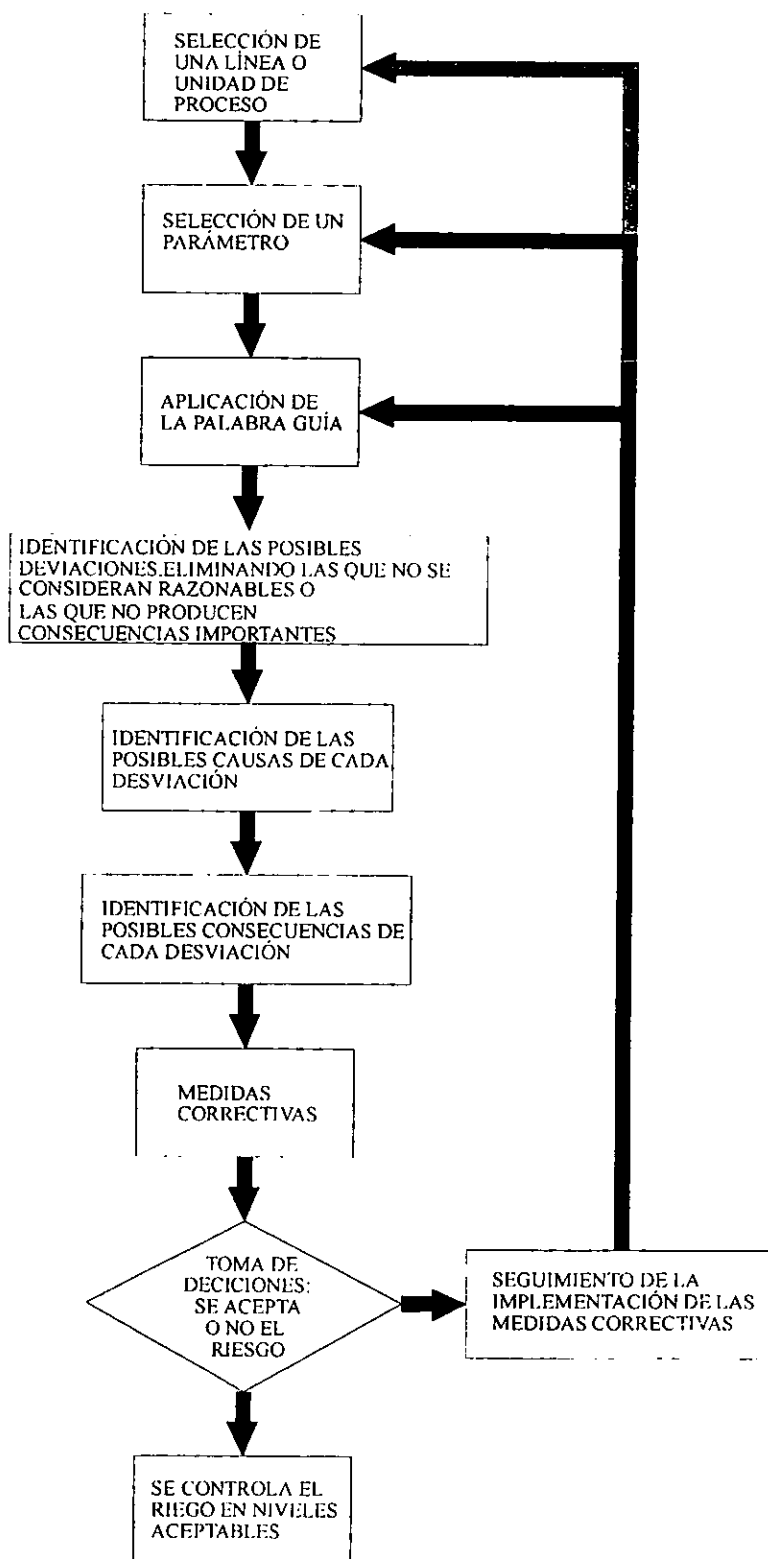
- *No*: La completa negación de la intención del diseño. Ninguna parte de la intención se logra Ejemplo: No hay flujo en la línea, el paso en el procedimiento no se lleva a cabo, etc.
- *Más/Menos*: Aumentos ó disminuciones cuantitativas sobre la intención de diseño. Se refiere a cantidades y propiedades físicas relevantes tales como flujo, temperatura, calor, reacción. Ejemplo: Más temperatura, mayor velocidad de reacción, mayor viscosidad, etc. También se refiere a que se hace menos de lo requerido; por ejemplo, purgar un recipiente en cinco minutos cuando el procedimiento dice que esta actividad debe hacerse en diez minutos, por lo que el paso se lleva acabo en menos tiempo, es decir, demasiado pronto en la secuencia.
- *Además de/También como*: Aumento cualitativo. Se consiguen las intenciones de diseño y ocurre algo más. Ejemplo: El vapor consigue calentar el reactor, pero además provoca un aumento de temperatura en otros elementos, se llena otro recipiente a la vez, etc.
- *Parte de*: Disminución cualitativa. Sólo parte de la intención se logra. Ejemplo: La composición del sistema es diferente de la prevista, se cierra sólo una válvula de bloqueo cuando el procedimiento dice cerrar las dos válvulas de bloqueo, etc.



- *Inverso*: Se obtiene el efecto contrario al deseado. Ejemplo: El flujo transcurre en sentido inverso, tiene lugar la reacción inversa, veneno en lugar de antídoto, etc.
- *En vez de/Otro que*: No se obtiene el efecto deseado. En su lugar ocurre algo completamente distinto. Ejemplo: Cambio de catalizador, fallo en el modo de operación de una unidad, parada imprevista, etc.



Figura 2.4. Diagrama de Flujo de la Técnica HazOp.





vi *Análisis de árbol de fallas (FTA).*

El análisis de árbol de fallas es la representación lógica de las secuencias de acontecimientos que pueden conducir a un accidente (suceso culminante). Cuando todas las secuencias razonables se han identificado y el árbol está bien construido, el análisis de árbol de fallas es posiblemente la herramienta más poderosa para la cuantificación de riesgos y es uno de los análisis de riesgos más estructurados, y puede aplicarse a un solo sistema o a sistemas interconectados. La técnica supone que un suceso no deseado (un accidente o una desviación peligrosa de cualquier tipo) ya ha ocurrido, y busca las causas del mismo y la cadena de sucesos que puede hacer que tenga lugar. El análisis de fallas descompone un accidente en sus elementos contribuyentes, ya sean fallas humanas o de equipos de planta, sucesos externos, etc. El FTA calcula la frecuencia ó probabilidad de ocurrencia de un suceso culminante, Top-Event, mediante la identificación de fallas mecánicas y humanas, que podrían conducir a este suceso. Por ejemplo; la frecuencia ó probabilidad del incendio de una bomba debido a la falla de la bomba, la cual maneja un líquido inflamable y que cuenta con un sistema especial de válvulas y protección contra incendio. Ya que los datos históricos sobre incendio de bombas (con características especiales de diseño) no son aplicables, se debe calcular la frecuencia del incendio basado en el conocimiento sobre el uso de la bomba (frecuencia de derrame por el sello, confiabilidad de las válvulas, respuesta del operador, etc.). Como método de análisis de riesgos, es de los más estructurados y puede aplicarse a un solo sistema o a sistemas interconectados. La probabilidad o frecuencia del evento culminante se determina sumando las frecuencias o las probabilidades y multiplicando las probabilidades con probabilidades o las probabilidades con las frecuencias pero nunca multiplicando las frecuencias con frecuencias.

El resultado es una representación lógica en la que aparecen cadenas de sucesos capaces de generar el suceso culminante que ocupa la cúspide del árbol de fallas.



Para la representación lógica se utiliza la simbología que se muestra en la tabla 2.4.

Metodología para el Análisis de Árbol de Fallas.

- Identificación de la falla del sistema (evento culminante) que va ser analizado y ubicarlo en la parte alta del árbol.
- Proceder al próximo nivel del sistema (subsistema) e identificar las fallas del subsistema.
- Determinación de la relación lógica entre las fallas del subsistema que son requeridas para producir la falla del sistema. Puede ser resultado de la combinación de fallas o la ocurrencia de cualquiera de las fallas identificadas.
- Se utiliza una estructura lógica de puertas "Y" u "O" para mostrar la relación de fallas del subsistema que producen la falla del sistema.
- Proceder al próximo nivel más bajo del sistema y repetir los pasos del 2 al 4 hasta que se hayan identificado todas las fallas del nivel de componentes
- Calcular la probabilidad del evento culminante mediante la siguiente formula:

vii *Análisis de Consecuencias/Efectos..*

Por medio de un análisis de consecuencias se puede estimar la magnitud de los daños ocasionados por un accidente, por ejemplo, al manejar, transportar o procesar una sustancia o material peligroso (tóxico, inflamable o explosivo). Este tipo de estimaciones se realiza mediante el uso de modelos matemáticos, los cuales simplifican los mecanismos por los cuales se da un incidente, ya que estos son muy



diversos y pueden ser muy complejos. Estos modelos requieren de los siguientes aspectos:

- Propiedades físicas y químicas de las sustancias.
- Características del contenedor o los contenedores.
- Condiciones físicas o atmosféricas del lugar o sistema de estudio.

Para la selección del tipo de modelo que se utilizará, primero se debe determinar el escenario de accidente, identificando por alguna técnica de identificación de riesgos, posteriormente se determina las consecuencias y por último se cuantifican las pérdidas o daños.

Los accidentes más frecuentes que ocurren en la industria química son los incendios y las explosiones, seguido por fugas de sustancias tóxicas. La evaluación de consecuencias de incendios y explosiones, requiere de conocimiento de datos que definan el escenario en el cual ocurre el incendio o la explosión, se debe conocer los siguiente:

- Propiedades de los distintos materiales en cuanto a incendios y explosiones.
- Cuanto material dentro de los límites de inflamabilidad existe en una nube en el momento de la explosión o cuanto líquido inflamable hay en el derrame que se ha incendiado.
- Las consecuencias de un incendio o de una explosión en un escenario determinado.
- Procedimientos para reducir o mitigar el riesgo de incendio y explosión.

Un estudio de riesgos completo puede hacerse usando las técnicas HazOp, análisis de árbol de fallas (FTA) y Análisis de Consecuencias. La Técnica HazOp identifica riesgos de operabilidad, la técnica FTA los cuantifica (determina la probabilidad ó la frecuencia de


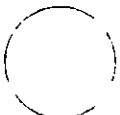
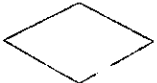


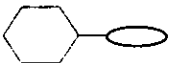

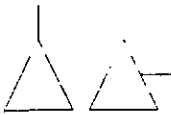


ocurrencia del evento culminante ó potencial, el cual se identifica con la técnica HazOp) y permite tomar decisiones, y el Análisis de Consecuencias determina los efectos de un accidente potencial identificado, información que sirve de base para llevar a cabo acciones específicas para mitigarlos.

El aplicar varias técnicas de identificación y evaluación de riesgos no necesariamente quiere decir que se esté haciendo un análisis de riesgos completo, puede ser que se esté haciendo más de lo mismo; sin embargo, es posible aplicar dos ó más técnicas para un determinado nodo, siempre y cuando, estas nos proporcionen resultados diferentes que enriquezcan el estudio. Si se aplican dos técnicas diferentes, por su naturaleza, para un mismo nodo, por ejemplo, el checklist y el HazOp, no quiere decir que se está haciendo un análisis de riesgos completo, para este caso específico, se puede decir que se está haciendo más de lo mismo. El checklist es una buena práctica de ingeniería de rutina en casi todas las plantas de procesos en el mundo, esta requiere de la experiencia acumulada de los supervisores y operadores de procesos. Un checklist realizado por personal externo no sustituye al checklist elaborado y ejecutado por personal interno con amplia experiencia en la operación de la planta (Es muy importante elaborar un checklist cuando no se tiene en la planta, junto con el personal de operación). Por otro lado, sí se aplican dos ó más técnicas generalizadas; por ejemplo, HazOp, FTA y AC (Análisis de Consecuencias), se está haciendo un estudio completo de riesgos (identificación, evaluación y cálculo de efectos). Por último la aplicación de la técnica HazOp puede ser acompañada por una inspección visual en toda el área para detectar condiciones y actos inseguros junto con el personal experimentado que opera en ella, y adjuntar, si se requiere, fotografías de las condiciones inseguras detectadas.



Tabla 2.4. Símbolos para Elaborar el Árbol de Fallas.

SIMBOLO	APLICACIÓN
	Sucesos intermedios: Resultan de la interacción de otros sucesos que a su vez se desarrollan mediante puertas lógicas.
	Sucesos básicos: Constituyen la base de la raíz del árbol. No necesita desarrollarse más.
	Sucesos no desarrollados. No son sucesos básicos, y podrían desarrollarse más, pero el desarrollo no se considera necesario, o no se dispone de la suficiente información.
	Puerta O: Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia de uno o más sucesos de entrada para producir el suceso de salida.
	Puerta Y: Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia de todos los sucesos de entrada para producir el suceso de salida.
 Inhibición	Puerta inhibición: Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia de un suceso de entrada y la satisfacción de una condición de inhibición.
	Condición externa: Se utiliza para indicar una condición o un suceso que existe como parte del escenario en que se desarrolla el árbol de fallas.
	Transferencias: Se utilizan para continuar el desarrollo del árbol en otra parte (por ejemplo, en otra página, por falta de espacio).

2.4. Límite de inflamabilidad.

Los límites de inflamabilidad nos proporcionan el intervalo de concentraciones de combustibles Los límites de inflamabilidad nos proporcionan el intervalo de



concentraciones de combustible (en porcentaje en volumen), dentro del cual una mezcla gaseosa puede entrar en ignición y arder, a lo que se le llama incendio. Por debajo del límite inferior de inflamabilidad (L.I.I.) no existe suficiente combustible como para propagar la combustión. A concentraciones mayores que las del límite superior de inflamabilidad (L.S.I.), no hay suficiente comburente como para que la reacción se propague lejos de la fuente de ignición. Para establecer los límites seguros se considera $\frac{1}{2}$ L.I.I.

Modelos para los límites de inflamabilidad:

i. Modelo de Jones:

$$L.I.I.=0.55 \times C_{\text{esteq.}}$$

$$L.S.I.=3.5 \times C_{\text{esteq.}}$$

donde:

$C_{\text{esteq.}}$ es la concentración estequiométrica del producto inflamable para la combustión en una mezcla con aire.

ii. Modelo de Spakowaki:

$$L.I.I. \times (-\Delta H_{\text{comb.}}) = 4.354 \times 10^3$$

donde:

$(-\Delta H_{\text{comb.}})$ es el calor de combustión (superior) estándar, y debe expresarse en kJ/mol, mientras que L.I.I. en porcentaje en volumen.

Para mezclas de vapores inflamables. Existe poca información en la bibliografía sobre la inflamabilidad de mezclas combustibles.



iii. Modelo de Le Chatelier:

$$L.I.I._{Mezcla} = 1 / \sum (Y_{i, comb} / L.I.I._i)$$

donde:

$Y_{i, comb}$ es la fracción mol de cada uno de los componentes de la mezcla.

$L.I.I._i$ es el límite inferior de inflamabilidad de cada uno de los componentes de la mezcla.

2.5 Modelo para nubes explosivas.

Los resultados finales de una explosión son: Ondas de presión, formación de proyectiles y radiación térmica. Las explosiones pueden ser explosiones físicas, explosiones confinadas y otras pérdidas de contención que dan lugar a explosiones.

- Explosión física: es aquella que solo se presenta la fase gaseosa, solo se forman ondas de choque o la formación de proyectiles, sin que se produzca la ignición de la mezcla.
- Explosiones Químicas: en estas el gas combustible debe formar una mezcla con el aire dentro del intervalo de inflamabilidad y que tenga un lugar de ignición. A partir de aquí puede ocurrir una explosión de nube de vapor no confinada o un incendio de evaporación súbita (flash).

Cuando se encuentran un líquido y un vapor, y si el líquido está por debajo de su temperatura de ebullición, la fase vapor interviene en la explosión; pero si el líquido se encuentra por arriba de su temperatura de ebullición, la explosión física inicial produce la despresurización súbita seguida de una evaporación masiva del líquido sobrecalentado.



- Explosiones tipo BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosión): son las explosiones en las que participa un líquido hirviendo que se incorpora rápidamente al vapor en expansión.
- Explosiones confinadas: estas ocurren cuando hay una combustión, descomposición térmica, reacción incontrolada, calentamiento extremo, sobrellenado o colisión, en recipientes de baja resistencia (edificios o silos) o en recipientes de proceso. Cuando la ruptura es provocada por el aumento de presión, debido a una explosión en su interior, la velocidad de aumento de presión es mayor que la velocidad de ruptura del recipiente, por lo que la presión efectiva de ruptura estará comprendida entre la presión a la cual se sobre-pasa la resistencia mecánica del recipiente y la presión máxima obtenida, si la explosión queda totalmente confinada.

La ruptura de un recipiente presurizado se debe a las causas siguientes:

- Falla del equipo de regulación y alivio de presión.
- Defectos de diseño o de construcción.
- Reducción del espesor de pared debido a corrosión, erosión o ataque químico.
- Reducción de la resistencia por calentamiento o sobre-enfriamiento.

Durante la ruptura se libera la energía almacenada, lo que da lugar a la formación de la onda de choque y acelera la velocidad de los fragmentos del recipiente.

El modelo de evaluación de daños provocados por la explosión de una nube de gas o vapor inflamable involucra el cálculo para determinar un potencial explosivo aproximado de sustancias empleadas en la industria. Dentro de las sustancias que se contemplan en el modelo como factibles de formar nubes explosivas se tienen:

- a) Gases contenidos a una presión de 500 psi ó más
- b) Gases mantenidos en estado líquido por efecto de alta presión.
- c) Gases mantenidos en estado líquido por efecto de baja temperatura.



- d) Líquidos combustibles o inflamables mantenidos a una temperatura superior a la de su punto de ebullición y que se encuentran en estado líquido por efecto de presión (se excluyen las sustancias cuya viscosidad sea mayor a 1×10^6 centipoises o que posean puntos de fusión mayores a 100°C).

Existen una serie de suposiciones inherentes al modelo que le permiten efectuar las estimaciones y predicciones de daños provocados por la explosión de la nube, destacando las siguientes:

- La fuga de material (almacenado o en proceso) es instantánea, excluyéndose escapes paulatinos de gas a menos que se trate de fugas en tuberías de gran capacidad
- El material fugado se vaporiza en forma instantánea formándose inmediatamente la nube; la vaporización y formación de la nube se efectúa de acuerdo con las propiedades termodinámicas del gas o líquido antes de producirse la fuga.
- Se asume una nube de forma cilíndrica cuya altura corresponde a su eje vertical. Se supone que la nube cilíndrica no es distorsionada por el viento ni por estructuras o edificios cercanos.
- La composición de la nube es uniforme y su concentración corresponde a la media aritmética de los límites superior y corresponde a la media aritmética de los límites superior e inferior de explosividad del material.
- El calor de combustión del material se transforma a un equivalente en peso de trinitrotolueno (TNT) (calor de combustión del TNT = 1830 Btu /lb).
- La temperatura del aire ambiente se considera constante e igual a 21.1°C (70°F).



- Se considera que una nube originada en el interior de un edificio, formará una nube de las mismas dimensiones que una originada en el exterior del mismo

Una vez que se produce la explosión, se generan una serie de ondas expansivas circulares, de tal forma que las ondas de mayor presión están situadas formando una circunferencia cercana al centro de la nube y las de menor presión se sitúan en circunferencias de diámetro mayores. El objetivo del modelo es entonces determinar la magnitud de los diámetros asociados a la sobrepresión de las ondas y los daños producidos en instalaciones.

La metodología de funcionamiento del modelo involucra varios pasos que son:

- i. Cálculo del peso de material en el sistema.
 - ii. Cálculo del peso de material en la nube.
 - iii. Cálculo del diámetro de la nube formada.
 - iv. Cálculo de la energía desprendida por la explosión.
 - v. Determinación del diámetro de las ondas expansivas.
 - vi. Determinación de los daños ocasionados.
-
- i. Cálculo del Peso de Material en el Sistema (W_g ó W_l)

Si el material en el proceso es un gas mantenido a 500 psi de presión o más, el peso de material se estima a partir de la ley de los gases:



$$W_g = \frac{P}{RT} MV_g \quad (1)$$

donde:

W_g = Peso del gas en el proceso (lb)

V_g = Volumen del gas en el proceso (ft^3) a condiciones normales (0°C y 1 atm)

Se deberá tomar en cuenta su factor de compresibilidad.

M = Peso molecular del gas (lb/lb-mol)

R = Constante de los gases ($\text{atm. ft}^3 / \text{lb-mol } ^\circ\text{K}$)

P = Presión (atm).

T = Temperatura ($^\circ\text{K}$).

Si el material en el proceso se encuentra en estado líquido, el peso de material se calcula con su volumen y densidad:

$$W_l = 8.34R_oV_l \quad (2)$$

donde:

W_l = Peso del líquido en el proceso (lb)

R_o = Densidad del líquido en el proceso (g/ml) a temperatura del proceso (T_p)

V_l = Volumen del líquido en el proceso (gal)

ii. Cálculo del Peso de Material en la Nube (W).

El peso de material en la nube se estima de acuerdo a las características del material en el proceso:



Para un gas mantenido a 500 psi o más de presión, el peso de material en la nube se asume igual al peso de material en el proceso:

$$W = W_g \quad (3)$$

donde W está dado en libras.

Para los gases licuados por efecto de presión o temperatura, al producirse la fuga se considera que todo el material pasa a la fase gaseosa:

$$W = W_l \quad (4)$$

Para líquidos con un punto de ebullición inferior o igual a la temperatura ambiente (considerada de 21.1°C) se asume que se produce una vaporización total del 100% del material en el proceso, de donde:

$$W = W_l \quad (5)$$

Si el líquido posee un punto de ebullición superior a 21.1°C, la cantidad vaporizada se calcula con:

$$W = W_l \cdot \frac{\overline{C_p}(t_p - T_{eb})}{\dot{U}H_v} \quad (6)$$

donde:

T_p = temperatura del líquido en el proceso (°C)

T_{eb} = temperatura de ebullición del líquido (°C)

$\overline{C_p}$ = media geométrica de los calores específicos del líquido (cal/g°C) a diferentes temperaturas entre T_{eb} y T_p .

$\dot{U}H_v$ = calor de vaporización del líquido (cal/g) a la temperatura de ebullición T_{eb} .



iii. Cálculo del Diámetro de la Nube Formada (D).

Como se mencionó anteriormente se asume que la nube es de forma cilíndrica, cuyo diámetro se calcula con la siguiente expresión:

$$D = 22.181 \left(\frac{W}{hMF} \right)^{1/2} \quad (7)$$

donde:

D = Diámetro de la nube formada (ft).

h = altura de la nube formada (ft).

M = peso molecular del material.

W = peso de material en la nube

El parámetro F corresponde a la fracción de la nube representada por gas o vapor, si la nube en su totalidad se encuentra a una concentración explosiva media. F se determina con:

$$F = \frac{LIE + LSE}{2 * 100} \quad (8)$$

donde:

LIE = Límite inferior de explosividad del material (%)

LSE = Límite superior de explosividad del material (%)

iv. Cálculo de la Energía desprendida por la Explosión (Ed)



Se asume que la energía desprendida por la explosión de la nube se expresa por su equivalente en toneladas de TNT.

La ecuación representativa es:

$$E_d = \frac{W \dot{U}_{Hc} E}{4.03 \times 10^6} \quad (9)$$

donde:

E_d = energía generada expresada en peso de TNT, que produce una fuerza equivalente a la explosividad de la nube (Ton TNT).

\dot{U}_{Hc} = calor de combustión del material (Btu/lb) 4.03×10^6 = calor de combustión del TNT (Btu/ton).

E = factor de explosividad.

W = peso de material en la nube.

El factor E es adimensional y determina la fracción del calor de combustión que sirve para producir las ondas de sobrepresión. Para muchos materiales el valor de E se encuentra dentro del rango 0.01 a 0.1. Para las nubes explosivas aquí consideradas se emplean los valores:

$E = 0.02$ cuando el escenario se considera de DMP (Diámetro Máximo Probable)

$E = 0.10$ cuando el escenario se considera de DMC (Diámetro Máximo Catastrófico)

v. Determinación del Diámetro de las Ondas Expansivas (Doe)

Las ondas expansivas (o de sobrepresión) consideradas se expresan en unidades de presión y van desde 0.5 psi hasta 30 psi.

La determinación de los diámetros de los círculos de sobrepresión se efectúa a través de funciones del tipo:



$$Doe = z(Ed)^{1/3} \quad (10)$$

donde:

Doe = diámetro de la onda expansiva (ft)

Ed = energía desprendida por la explosión (ton TNT)

Z = distancia escalada para la sobrepresión considerada (ft/ton), para el rango empleado en esta tesis se tiene que los valores de Z son^(11 y 12):

PRESIÓN	Z (ft/Ton.)
0.5	1291.011
1.0	8000.013
2.0	485.007
3.0	400.013
5.0	292.011
7.0	240.007
10.0	1999.998
20.0	190.994
30.0	120.003

vi. Determinación de los Daños Ocasionados

A fin de determinar los daños ocasionados por la nube explosiva se emplea la información de los efectos de diversos valores de sobrepresión sobre instalaciones y equipos en refinerías y plantas químicas reportados en la tabla de evaluación de daños por explosiones que se encuentra en la pagina 100 de esta tesis. A estos daños se deben adicionar posibles incendios y explosiones subsecuentes^(11 y 18).



CAPITULO III
TRABAJO DE CAMPO





CAPITULO III

TRABAJO DE CAMPO

3.1 Descripción de una planta hidrodesulfuradora.

3.1.1 Descripción del proceso.

La hidrodesulfuración es un proceso de refinación catalítica que utiliza un catalizador selectivo, en combinación con una corriente de gas rica en hidrógeno, para descomponer los compuestos de azufre, oxígeno, nitrógeno, cloruros y compuestos metálicos, así como para saturar las olefinas presentes en las gasolinas. Los metales se eliminan por fijación de los mismos sobre la superficie del catalizador. También se elimina agua obteniéndose un producto seco y libre de impurezas. Todas estas mejoras en las gasolinas se logran con poca pérdida del producto, ya que se produce gas y LPG.

Para llevar a cabo lo anterior, la carga se mezcla con una corriente de gas rica en hidrógeno proveniente de la planta reformadora, vaporizándose en el tren de precalentamiento y en el calentador a fuego directo antes de entrar al reactor.

La hidrogenación se lleva a cabo a través de un lecho fijo de catalizador cuyos principios activos son Co-Mo.

Las reacciones que se efectúan son las siguientes:

- Saturación de olefinas con producción de parafinas y naftenos.
- Hidrogenación de los compuestos de azufre con producción de parafinas y H_2S .
- Hidrogenación de los compuestos de nitrógeno con producción de parafinas y amoníaco.
- Eliminación de oxígeno con producción de hidrocarburos y agua.

Las tres primeras reacciones son altamente exotérmicas. La hidrogenación se lleva a cabo en un reactor catalítico a una temperatura de $300^{\circ}C$ aproximadamente y bajo una presión de 28 a 30 Kg/cm^2 .



El efluente del reactor se enfría y se condensa.

La separación de fases se produce en el separador de productos del reactor, del cual, el gas rico en hidrógeno se recircula hacia la carga líquida y el excedente se envía a la sección de estabilización y fraccionamiento. De esta sección se obtendrán como productos las cuatro corrientes siguientes:

- gas amargo
- butanos
- nafta hidrotratada
- gasolina desisohexanizada.

3.1.2 Flexibilidad del proceso.

La unidad tiene un factor de servicio de 92% y puede operar al 60% de la capacidad de diseño.

3.1.3 Química del proceso.

Reacciones típicas de hidrodesulfuración.

Las cargas de gasolina contienen cantidades variables de compuestos contaminantes, que de no ser eliminados disminuirán la capacidad del catalizador para alcanzar el grado de mejoramiento deseado en la carga.

En esta unidad los compuestos contaminantes de la carga se descomponen para formar hidrocarburos puros y compuestos que pueden ser fácilmente eliminables del producto.

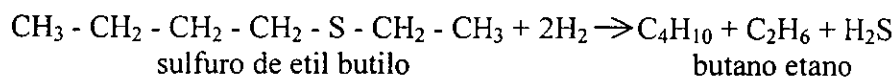
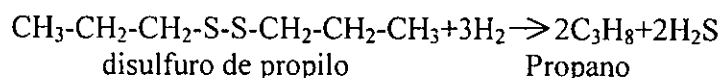
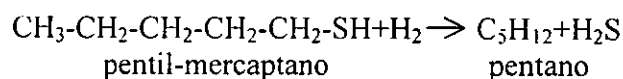
Las siguientes son algunas reacciones típicas que ilustran la manera en que se descomponen los contaminantes y la forma en que se saturan las olefinas.



Reacciones de hidrodesulfuración.

El azufre se encuentra en la alimentación especialmente como mercaptanos, sulfuros, disulfuros, polisulfuros y tiofenos.

Los primeros componentes son predominantes de las gasolinas directas. Son fácilmente convertidos a sulfuro de hidrógeno por reacciones tales como:

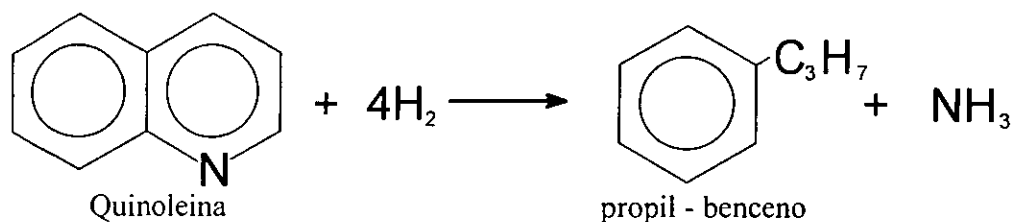


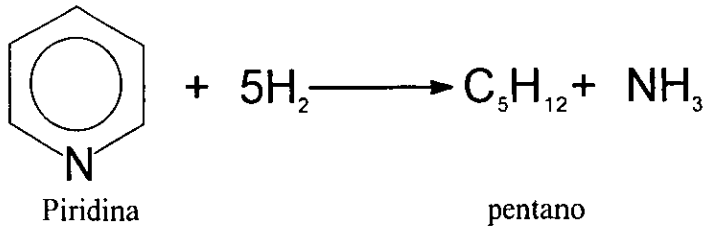
Generalmente se ha estimado que un contenido residual < 0.5 ppm de azufre es adecuado para conservar una buena actividad del catalizador de reformación. Los tiofenos son los más difíciles de eliminar.

Reacciones de hidrodesnitrificación.

En productos del petróleo, el nitrógeno se encuentra junto con el azufre. Esencialmente se encuentra en compuestos heterocíclicos siendo por ello más difícil la hidrodesnitrificación que la hidrodesulfuración. Debido a que estos componentes inhiben la muy importante función ácida del catalizador de reformación, deben eliminarse completamente.

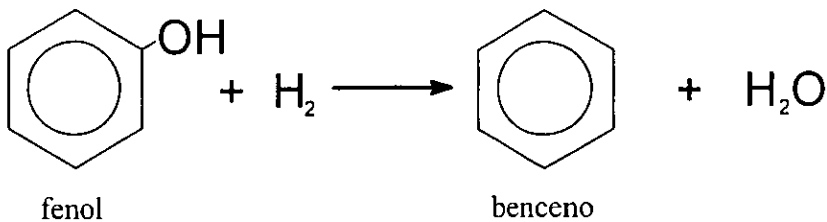
Las reacciones típicas para la eliminación de nitrógeno son las siguientes:





Reacciones de descomposición de compuestos oxigenados.

El oxígeno se encuentra disuelto o contenido en compuestos heterocíclicos de azufre o nitrógeno o en forma de peróxido o compuestos fenólicos. Estos compuestos se transforman en agua e hidrocarburos.



Eliminación de arsénico y compuestos metálicos.

El platino de los catalizadores de reformación tiene una fuerte afinidad por estos metales y los catalizadores resultan completamente desactivados por ellos, por lo tanto es imprescindible eliminarlos en el proceso de hidrodesulfuración previo al de reformación.

Durante la desulfuración de los compuestos metálicos (arsénico, plomo, cobre o níquel) se descomponen de manera similar a los mencionados anteriormente, también con formación de hidrocarburos puros. La diferencia aquí es que los metales contaminantes se depositan sobre el catalizador y se unen a los compuestos metálicos usados en la manufactura del catalizador.

El máximo contenido permisible de arsénico, plomo y otros compuestos metálicos no debe ser mayor de 1 ppb (una parte por billón) para fines de reformación.

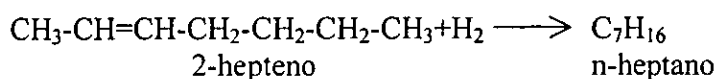


Saturación de olefinas.

Los compuestos olefinicos son compuestos insaturados con deficiencia en átomos de hidrógeno. Esta deficiencia los hace relativamente reactivos.

Bajo las condiciones de operación del proceso de reformación, las olefinas pueden producir depósitos importantes de carbón sobre el catalizador y en los tubos del horno. Las olefinas se convierten a parafinas en el reactor de hidrodesulfuración.

Los efectos térmicos de las reacciones de hidrotreatmento son generalmente exotérmicos; sin embargo solamente la saturación de olefinas y la descomposición de compuestos nitrogenados producen grandes cantidades de calor.



Otras reacciones.

Todas las reacciones que ocurren en el proceso de hidrodesulfuración consumen hidrógeno según quedó indicado anteriormente. En cortes procedentes de desintegración, las olefinas son los mayores consumidores de hidrógeno debido a sus altas concentraciones. Por la misma razón los compuestos de azufre también consumen cantidades apreciables de hidrógeno.

Los compuestos de silicio (componentes de aditivos antiespumantes) también pueden retenerse sobre el catalizador cuando su presencia es esporádica.

Los cloruros son muy dañinos para los catalizadores constituidos por platino sobre base de alúmina cuando su contenido es considerable. Estos compuestos se desdoblan con eliminación de ácido clorhídrico en la estabilizadora.



3.1.4 Variables del proceso.

Las principales variables de operación que afectan las reacciones de hidrot ratamiento son las siguientes:

- Temperatura
- Presión
- Espacio-velocidad
- Relación molecular hidrógeno/hidrocarburos

Temperatura.

Incrementando la temperatura se aumentan las velocidades de reacción con hidrógeno. Sin embargo, también se incrementa el depósito de carbón sobre el catalizador. Por lo tanto, es necesario encontrar un balance entre la vida de servicio del catalizador y la realización de una hidrogenación completa. De hecho debe fijarse la temperatura mínima que permita un adecuado hidrot ratamiento de la carga. Esta temperatura se encuentra en el rango de 290 a 315°C para catalizador nuevo y deberá aumentarse progresivamente hasta 320°C a lo largo del tiempo para compensar la pérdida de actividad por envejecimiento.

Presión.

La presión se mantiene normalmente al máximo nivel permisible, compatible con la presión de diseño del equipo. La presión tiene un efecto favorable al limitar el depósito de carbón (por incremento de la presión parcial de hidrógeno) y favorece la hidrogenación de los compuestos de azufre y nitrógeno.

Espacio-velocidad.

El espacio velocidad es el volumen por hora de líquido dividido entre el volumen de catalizador y es una indicación de la severidad de la operación; mientras más pequeña sea la relación mayor será la severidad. Un espacio velocidad bajo mejora las reacciones. Como



el volumen de catalizador es fijo, el espacio velocidad puede variar solamente por cambios en la velocidad de alimentación de la carga. Un decremento de la velocidad de la alimentación permitirá una reducción de temperatura en el reactor; un incremento en el flujo de alimentación requerirá un incremento en la temperatura para obtener la misma calidad de producto.

Relación molar hidrógeno / hidrocarburos.

Esta relación se define por el número de moles de hidrógeno dividido entre el número de moles de hidrocarburos. Mientras mayor sea esta relación, menor será el depósito de carbón; de aquí que una relación alta de hidrógeno mejora las reacciones de hidrogenación. De la cantidad total de hidrógeno introducida a la sección de reacción, se consume una pequeña parte y es la requerida para las reacciones de hidrogenación, la mayor cantidad pasa a través del reactor sin cambio y permite una presión parcial de hidrógeno alta.

3.2 Descripción del Flujo.

La planta se divide en dos secciones que son:

- Sección de reacción.
- Sección de estabilización y fraccionamiento.

3.2.1 Sección de reacción.

La alimentación a la planta, proveniente de límites de batería se recibe en el acumulador de carga FA-401. El acumulador opera a una presión de 2.8 Kg/cm^2 y la temperatura de la carga es 38°C .

De este tanque la carga es tomada por las bombas GA-401/R para alimentar el reactor DC-401. En la descarga de estas bombas, el flujo se divide para alimentar corrientes iguales a los dos bancos de precalentamiento de carga.



Los dos flujos de carga ya mezclados con hidrógeno de recirculación, pasan por la coraza del primer banco de precalentadores EA-415 A/B y enseguida también por el lado de la coraza del segundo banco de precalentadores EA-402 A/D, los cuales utilizan el efluente del reactor para precalentar la carga de 43 a 280°C.

En estas condiciones la carga totalmente vaporizada entra a los cuatro serpentines del calentador a fuego directo BA-401 con objeto de suministrar el calor requerido para el proceso hasta alcanzar la temperatura necesaria en el reactor que es de aproximadamente 290°C.

La mezcla de nafta e hidrógeno que sale del calentador BA-401 a 290°C y 28.3 Kg/cm² entra al reactor DC-401 en donde se llevan a cabo todas las reacciones descritas en la química del proceso y sale del mismo a 295°C.

El H₂ requerido para la hidrodesulfuración, es proporcionado por la planta reformadora de naftas,

Habiendo pasado por el reactor la mezcla de hidrocarburos e hidrógeno, el efluente de éste sigue por el lado de los tubos de todos los cambiadores del tren de precalentamiento de carga, y por el lado de la coraza del banco de enfriadores EA-404 A/D hasta llegar al separador de productos del reactor FA-402. De esta manera el efluente del reactor se ha enfriado desde 295°C hasta 43°C.

La fase gaseosa del separador (hidrógeno) se recircula nuevamente hacia la carga con el compresor GB-401. La fase líquida se envía a la sección de fraccionamiento a control de nivel en el separador de productos del reactor FA-402.

Según se describe en la química del proceso los compuestos de nitrógeno se eliminan con formación de amoníaco; este amoníaco a su vez, se combina con los compuestos de azufre de la carga dando lugar a la formación de sales de amonio y azufre que cristalizan a bajas temperaturas corriente abajo del efluente del reactor. Esta cristalización se produce principalmente en las partes más frías del tren de precalentamiento de carga provocando la



formación de grandes depósitos de sales en los tubos, lo que disminuye considerablemente la eficiencia de transmisión de calor.

Para evitar esta situación, periódicamente se inyecta agua de lavado corriente abajo de los precalentadores EA-415 A/B y EA-403 A/B por el lado de los tubos, y al condensador EA-404 A/D lado concha.

3.2.2 Sección de estabilización y fraccionamiento.

La fase líquida proveniente del separador de productos del reactor a 43°C y 22.8 Kg/cm^2 se envía a fraccionamiento después de haberse precalentado en el cambiador EA-405 contra la carga a la planta reformadora y en el EA-403 A/B contra el efluente del reactor. Después de este precalentamiento la carga a la sección de fraccionamiento se recibe en el primer separador de carga a la desbutanizadora el FA-404 con una temperatura de 131°C . La función de este separador es reducir sustancialmente el contenido de hidrógeno e hidrocarburos ligeros en la carga a la torre desbutanizadora DA-401. Este separador opera a 7 Kg/cm^2 y a control de nivel de éste, la fase líquida se envía con las bombas GA-408/R a la torre, la fase de vapor se enfría en el condensador EA-406 y se recibe a 38°C en el segundo separador de carga a la torre desbutanizadora FA-405. Este segundo separador que opera a 6.3 Kg/cm^2 tiene por objeto recuperar los hidrocarburos de la fase de vapor del primer separador y dejar en libertad el gas amargo que a control de presión se envía a límites de batería. La fase líquida a control de nivel se bombea con las bombas GA-409/R hacia la torre desbutanizadora juntándose antes con la corriente líquida proveniente del primer separador y entrando al plato No. 15 de la torre DA-401. Ahora con las modificaciones que se le hicieron a la planta hay la opción de trabajar con o sin estos equipos FA-404 y FA-405 enviando la carga directamente a la torre desbutanizadora DA-401. El calor requerido para su operación es suministrado a los fondos de la torre, por tres serpentines colocados en la zona de convección del calentador BA-501 de la planta reformadora, por el hervidor de ajuste EA-506 de la estabilizadora DA-501 de la misma reformadora y por el hervidor de fondos BA-402 de esta planta.

Para el efecto, con las bombas GA-404/RT se envía una corriente de fondos de la DA-401 hacia la planta reformadora en donde esta corriente se divide a su vez en otras cuatro:



tres a control de flujo, que entran a sendos serpentines en el calentador BA-501 y una cuarta, que intercambia calor en el EA-506 contra la circulación de fondos de la torre DA-501. La corriente que se calienta en los tres serpentines del calentador BA-501 incrementa su temperatura en ellos de 215°C a 223°C, siendo esta última la temperatura a la cual entra a los tres serpentines del calentador BA-402 de esta planta; la cuarta corriente que se calienta en el EA-506, incrementa su temperatura en éste de 215 a 223°C.

Las tres corrientes que provienen del calentador BA-501, reciben ahora calor de vaporización en el calentador BA-402 de esta planta.

De esta manera las cuatro corrientes calentadas según lo descrito anteriormente se unen para entrar a los fondos de la torre desbutanizadora. DA-402.

Los domos de la torre desbutanizadora DA-401 a 96°C se condensan en los cambiadores EA-407 A/B y se reciben ya fríos a 72°C en el acumulador de reflujo FA-406 que opera a 16.5 Kg/cm². El cual mediante control de presión envía hidrocarburos ligeros y H₂S hacia límite de batería. La fase líquida se envía como reflujo al plato No. 1 de la torre mediante las bombas GA-402/R y GA-403/R.

El exceso de reflujo, a control de nivel del acumulador se envía al límite de batería a 38°C con las bombas GA-403/R después de haberse enfriado contra agua en el enfriador EA-410.

Los fondos de la torre desbutanizadora DA-401, a 223°C se envían por diferencia de presión y a control de nivel hacia la torre deshexanizadora DA-402 después de haberse enfriado en el hervidor de fondos EA-412 de la propia torre deshexanizadora hasta una temperatura de 136°C. La carga se alimenta al plato No. 24 con 45% de vaporización.

La torre que cuenta con 32 platos del tipo de válvulas, tiene por función separar el isohexano y más ligeros de la carga que se alimenta a la planta reformadora y que debe estar constituida por hexano y más pesados.



Las condiciones de operación de la torre son: 80°C y 2.0 Kg/cm² en el domo y 155°C y 2.2 Kg/cm² en el fondo. El calor requerido para el funcionamiento de la torre es suministrado a los fondos de la misma en el hervidor de fondos EA-412 que recibe calor de la propia carga y por el hervidor de ajuste EA-409 A/B que usa vapor como medio de calentamiento.

La torre cuenta con el tanque de balance FA-408, cuyo objetivo es el de poder enviar la carga a la reformadora aun en el caso de que se encuentre fuera de operación la torre deshexanizadora. Para tal efecto, este tanque tiene las líneas y los bloqueos necesarios, tanto en la fase líquida como en la fase gaseosa para que sirva como acumulador de fondos para la torre.

La carga a la planta reformadora se toma de este tanque se envía hacia ella con las bombas GA-405/RT después de haberse enfriado contra el efluente del separador de productos del reactor hasta una temperatura de 93°C. El excedente de hexano y más pesados se envía a control de nivel de este tanque a límite de batería con las bombas GA-406/R después de haberse enfriado en el cambiador EA-411 hasta una temperatura de 38°C.

Los domos de la torre deshexanizadora a 80°C se enfrían en los condensadores EA-408 A/D y se reciben en el acumulador de reflujo FA-407 a una temperatura de 67°C. Este acumulador que opera a 1.8 Kg/cm², que a control de presión desvía los domos de la torre directamente hacia el acumulador de reflujo sin pasar por los condensadores, cuando la presión tiende a bajar.

El reflujo a la torre se toma de este tanque con las bombas GA-407 A,B,C y se inyecta al plato No.1 de la misma a control de flujo y de temperatura. El exceso de reflujo se envía a control de nivel del acumulador con las mismas bombas hacia la planta de Isomerización o almacenamiento después de haberse enfriado en el enfriador de isohexanos EA-413 hasta una temperatura de 38°C.



Debido a la presencia de gas amargo (H_2S) en los domos de la torre DA-401 se requiere una inyección continua de inhibidor de corrosión para neutralizar la actividad corrosiva que pueda causar en el sistema.

Para llevar a cabo lo anterior se requiere inyectar el inhibidor en dos puntos; el primero se localiza en la línea de salida de gases de la torre DA-401 hacia el condensador EA-407 A/B y el segundo corriente arriba en la salida de gases del FA-404 hacia el EA-406. Esta inyección se realiza tomando la solución de inhibidor del tanque FB-401 con la bomba GA-410 A/C.

3.3 Realización del Análisis de riesgos.

3.3.1 Metodología empleada.

La metodología que se utilizó para realizar el análisis de riesgos a la planta hidrodesulfuradora fue la siguiente:

- Formación del equipo multidisciplinario, así como la hora y lugar de las sesiones HazOp.
- Actualización de y verificación en la planta de los DFP's y DTI's.
- La revisión histórica de accidentes o incidentes.
- Selección y delimitación de nodos dentro del circuito que se ha seleccionado para el estudio HazOp.
- Aplicar el estudio HazOp a cada nodo seleccionado.
- Formación del análisis de árbol de fallas (FTA).
- Formación del análisis de consecuencias.

En la planta hidrodesulfuradora se seleccionó un circuito de flujo para el análisis HazOp, este fue seleccionado debido al registro de incidentes que se tiene en la planta y en la experiencia del personal de operación, este se seleccionó por ser el más dinámico. El circuito que se seleccionó fue el de carga.



3.3.2 Descripción del circuito de carga.

La alimentación a la planta esta constituida por las naftas amargas de los tanques de trasiego TV-72 y TV-73, a través de la línea 14"-P4097-A2A, la nafta directa de las plantas primarias, a través de la línea 8"-P4000-A2A y la nafta de la planta HDD mediante una línea de cuatro pulgadas; con una capacidad total de procesamiento de 28,500 BPD.

Las gasolinas provenientes de HDD y directa de las plantas primarias se insertan a la descarga de bombas GA-412/R (a través de la línea 8"-P4038-A2A), estas son bombas de succión de tanques, para pasar al filtro de carga FG-401A/B, a la salida de los filtros de carga se tienen las válvulas de relevo PSV-429 y PSV-430, posteriormente a través de la línea 8"-P4023-A2A, se reciben en el acumulador de carga FA-401 a control de nivel con el LIC-401 en base a la alimentación de naftas, con la válvula LV-401. La cantidad de nafta recibida queda registrada en el control distribuido por el FI-401, sobre la alimentación de gasolinas no se tiene medición propia de la planta, la cantidad correspondiente queda en el registro de la planta de la que sé esta recibiendo. El acumulador FA-401 opera a una presión de 2.8 Kg/cm² y la temperatura de carga es la ambiente (38°C).

La presión en el acumulador se controla con el PIC-401 que en rango dividido acciona por una parte la válvula PV-401A que admite gas combustible cuando la presión tiende a bajar y por otra, acciona la válvula PV-401B que envía el exceso de presión a desfogue.

De este tanque la carga es tomada por las bombas GA-401/R para alimentar al reactor DC-401. En la descarga de estas bombas el flujo se divide en dos partes para alimentar dos corrientes iguales a los dos bancos de precalentamiento de carga. Esta división de flujo se realiza mediante los controladores FIC-403 y 404.

A cada uno de estos flujos y posteriormente sus respectivas válvulas de control se unen sendas corrientes de H₂ que se regulan manualmente con válvulas de globo y con los indicadores de flujo FI-422 y FI-423. El H₂ se recibe del compresor de recirculación GB-401 a través de la línea 4"-P4026-B12A.



Los dos flujos de carga, ya mezclados con H₂ de reposición, se hacen uno solo y pasan por la coraza del primer banco de precalentadores EA-415A/B, el flujo de vuelve a dividir para pasar a la coraza del segundo banco de precalentadores EA-402A/B y EA-402C/D. El incremento total de temperatura a través de los 2 bancos es de 240 °C, o sea con una temperatura de 280 °C a la salida del EA-402. En ambos precalentadores la carga se calienta contra el efluente del reactor.

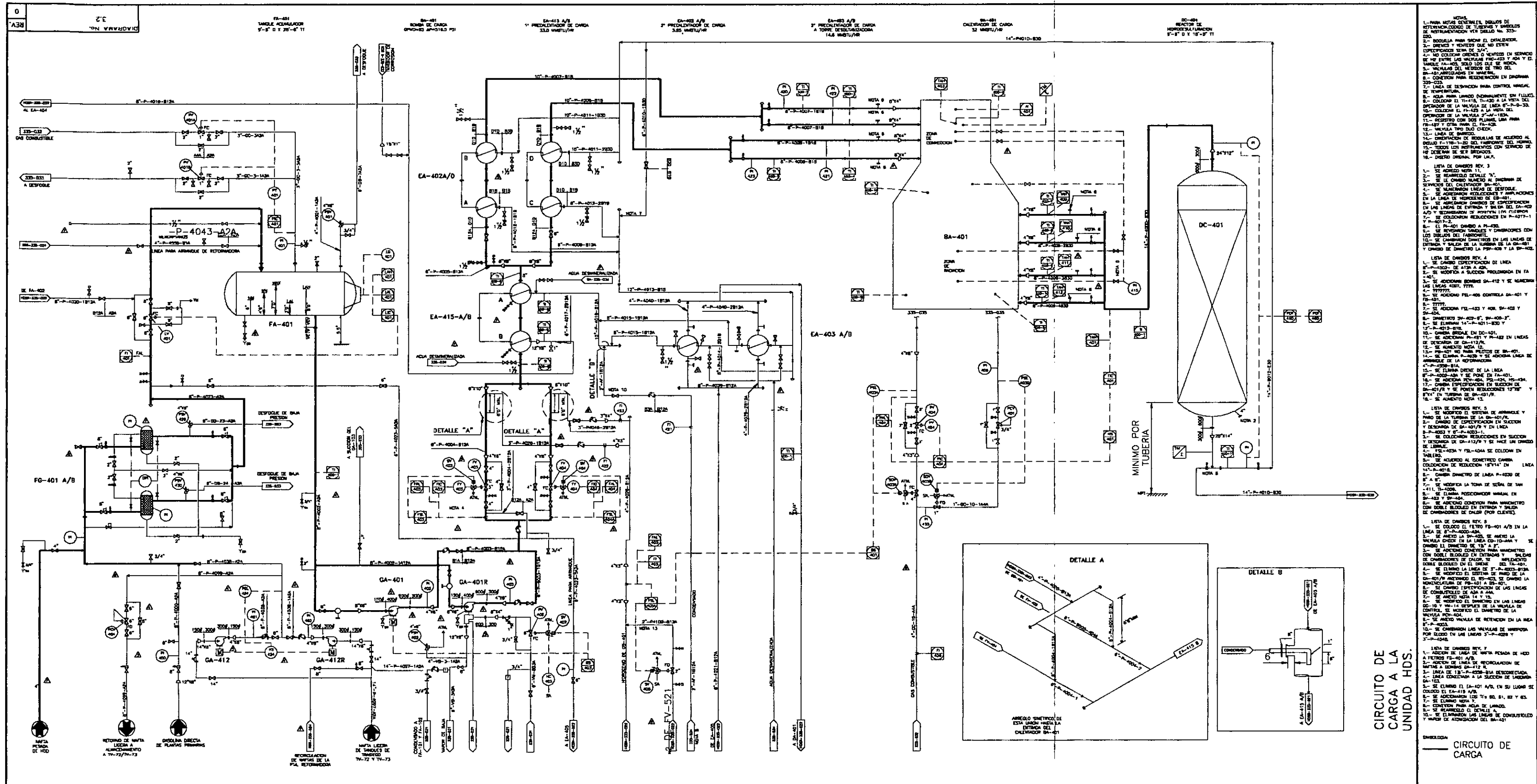
En estas condiciones la carga totalmente vaporizada entra a los cuatro serpentines del calentador de fuego directo BA-401 de donde sale a 290°C con una presión de 28.3 Kg/cm². A la entrada y salida de cada serpentín del calentador se tienen manómetros de campo e indicadores de temperatura con indicación en pantallas del SCD. Esta instrumentación permite detectar directamente anomalías de temperatura o flujo en cada serpentín. El control de temperatura a la salida del calentador, se lleva a cabo con TIC-401, la señal de este instrumento es dirigida por el selector manual HS-401 hacia la válvula PCV-401 de control de presión de gas combustible para control de temperatura, esto mediante el PIC-404.

Finalmente la salida de los cuatro serpentines del BA-401 se unen a la línea 14"-P4000-B3D para entrar al reactor de hidrodesulfuración DC-401.

3.3.3 Registro HazOp.

En el registro de las sesiones HazOp se presentan los resultados del análisis: causas de las desviaciones, consecuencias de las desviaciones, su frecuencia y gravedad, su índice de riesgo, las protecciones que cuenta el circuito y las recomendaciones correspondientes para mitigar o eliminar dichas desviaciones.

Los niveles de frecuencia y gravedad empleados en estas sesiones HazOp fueron los que se mostraron en las tablas 2.1 y 2.2, estos fueron determinados por la experiencia del personal que opera la planta, con estos niveles se puede determinar el índice de riesgo, con ayuda de la figura 2.4. Con este índice se clasificó las recomendaciones con la ayuda de la tabla 2.3.



- NOTAS:**
- 1.- PARA NOTAS GENERALES, DISEÑOS DE INSTRUMENTACIÓN DE TUBERÍAS Y ESQUEMAS DE INSTRUMENTACIÓN VER DISEÑO NO. 333-022.
 - 2.- BUBBLER PARA SACHO EL DESTALZADOR.
 - 3.- DRENAJES Y VENTILACIONES QUE NO ESTÉN ESPECIFICADAS SON DE 3/4".
 - 4.- NO COLOCAR CORREAS O VENTILACIONES EN SERVICIO DE NO ENTRE LAS VÁLVULAS FV-403 Y 404 Y EL TANQUE FA-401, SOLO LOS QUE SE MUEVAN.
 - 5.- VÁLVULAS DEL MEDIDOR DE TRÍPO DEL B-401, ARREGLOS EN MANEJO.
 - 6.- CONEXIÓN PARA REGENERACIÓN EN DIAGRAMA 333-023.
 - 7.- LÍNEA DE DESHUMIDIFICACIÓN PARA CONTROL MANUAL DE TEMPERATURA.
 - 8.- AGUA PARA LAVADO (NORMALMENTE SIN FILTRO).
 - 9.- COLOCAR EL T-416, T-430 A LA VISTA DEL OPERADOR DE LA VÁLVULA DE LÍNEA FV-403-30.
 - 10.- COLOCAR EL FV-423 A LA VISTA DEL OPERADOR DE LA VÁLVULA FV-403-100A.
 - 11.- PRESETO CON DOS FILTROS, LÍNEA PARA FV-427 Y OTRO PARA EL FV-428.
 - 12.- VÁLVULA TIPO BELL & HOWELL.
 - 13.- LÍNEA DE BARRIDO.
 - 14.- DRENAJES DE BUBBLERS DE ACUERDO AL DISEÑO F-139-1-30 DEL FABRICANTE DEL HORNO.
 - 15.- TODOS LOS INSTRUMENTOS CON SERVICIO DE HE DEBE SER DE BELL & HOWELL.
 - 16.- DISEÑO ORIGINAL POR L.A.P.
- LISTA DE CAMBIOS REV. 3**
- 1.- SE AÑADIÓ NOTA 11.
 - 2.- SE REARREGLO DETALLE "A".
 - 3.- SE LE CAMBIO NÚMERO AL DIAGRAMA DE SERVICIO DEL CALENTADOR (B-401).
 - 4.- SE AÑADIERON LÍNEAS DE DESFOQUE.
 - 5.- SE AÑADIERON ACEROS Y AMPLIFICACIONES EN LA LÍNEA DE HORNO DE CO-401.
 - 6.- SE AÑADIERON DRENAJES DE COMPRESIÓN EN LAS LÍNEAS DE ENTRADA Y SALIDA DEL GA-402 A/D Y SE CAMBIARON DE 1/2" A 3/4" EN FV-401-2.
 - 7.- SE COLOCARON REDUCCIONES EN FV-401-2 Y FV-401-3.
 - 8.- SE REVISARON DIBUJOS A FV-403.
 - 9.- SE REVISARON TANQUES Y DRENAJES CON LOS DISEÑOS DEL FABRICANTE.
 - 10.- SE CAMBIARON DIÁMETROS EN LAS LÍNEAS DE ENTRADA Y SALIDA DE LA TURBINA DE LA GA-401 Y CAMBIO DE DIÁMETRO LA FV-403 Y LA SP-402.
- LISTA DE CAMBIOS REV. 4**
- 1.- SE CAMBIO ESPECIFICACIÓN DE LÍNEA FV-403-2 DE 1/2" A 3/4".
 - 2.- SE MODIFICÓ LA SUCCIÓN PRECALENTADA EN FA-401.
 - 3.- SE AÑADIERON BOMBAS GA-412 Y SE CAMBIARON LAS LÍNEAS ACER. YITE.
 - 4.- SE REVISARON.
 - 5.- SE AÑADIÓ FV-405 CONTROLA BA-401 Y FV-401.
 - 6.- SE REVISARON.
 - 7.- SE AÑADIÓ FV-403 Y 408, SP-403 Y SP-404.
 - 8.- DIÁMETROS SP-402-8", SP-403-3".
 - 9.- SE ELIMINARON FV-401-100 Y FV-401-100 Y FV-401-100.
 - 10.- CAMBIO BUBBLER EN DC-401.
 - 11.- SE AÑADIERON FV-401 Y FV-402 EN LÍNEAS DE DRENAJE DE CH-412/A.
 - 12.- SE AUMENTÓ NOTA 12.
 - 13.- FV-401 NO PUEDE SER FILTRO DE SP-401.
 - 14.- SE ELIMINARON FV-403 Y SE AÑADIÓ LÍNEA DE DRENAJE DE LA REFORMADORA.
 - 15.- SE ELIMINARON DRENAJES DE LA LÍNEA FV-403-100A Y SE PUSO EN FA-401.
 - 16.- SE AÑADIÓ FV-404, FV-404A, FV-404B, FV-404C.
 - 17.- SE CAMBIÓ ESPECIFICACIÓN EN SECCIÓN DE BA-401/FY Y SE PUSO REDUCCIONES 1/2" EN TURBINA DE GA-401/FY.
 - 18.- SE AUMENTÓ NOTA 13.
- LISTA DE CAMBIOS REV. 5**
- 1.- SE MODIFICÓ EL SISTEMA DE ARRANQUE Y PARO DE LA TURBINA DE LA GA-401/FY.
 - 2.- CAMBIO DE ESPECIFICACIÓN EN SECCIÓN Y DRENAJE DE GA-401/FY Y EN LÍNEA DE DRENAJE DE SP-403 Y SP-404.
 - 3.- SE COLOCARON REDUCCIONES EN SUCCIÓN Y RECORRIDA DE GA-412/FY Y SE HICE UN DRENAJE DE LÍNEA.
 - 4.- FV-403A Y FV-404A SE COLOCARON EN VÁLVULA.
 - 5.- SE ACUERDO AL DISEÑO DE CÁMERA COLOCACIÓN DE REDUCCIÓN 1 1/2" EN LÍNEA FV-403-100A.
 - 6.- CAMBIO DIÁMETRO DE LÍNEA FV-403 DE 1/2" A 3/4".
 - 7.- SE MODIFICÓ LA TONA DE SEÑAL DE TAN FV-411, T-408A.
 - 8.- SE CAMBIO POSICIONADOR MANUAL EN SP-403 Y SP-404.
 - 9.- SE AÑADIÓ CONEXIÓN PARA MANOMETRO CON DOBLE BLOQUEO EN ENTRADA Y SALIDA DE CÁMERA DE CALOR (POR CLIENTE).
- LISTA DE CAMBIOS REV. 6**
- 1.- SE COLOCÓ EL FETRO FV-401 A/D EN LA LÍNEA DE FV-403-100A.
 - 2.- SE AÑADIÓ LA SP-402, SE AÑADIÓ LA VÁLVULA CHECK EN LA LÍNEA CO-10-100A Y SE CAMBIO EL DIÁMETRO DE 1 1/2" A 2".
 - 3.- SE AÑADIÓ CONEXIÓN PARA MANOMETRO CON DOBLE BLOQUEO EN ENTRADAS Y SALIDAS DE CÁMERA DE CALOR, SE IMPLEMENTÓ DOBLE BLOQUEO EN EL SISTEMA DEL FA-401.
 - 4.- SE ELIMINÓ LA LÍNEA DE FV-403-100A.
 - 5.- SE MODIFICÓ EL SISTEMA DE PARO DE LA GA-401/FY AÑADIENDO EL SP-403, SE CAMBIO LA MONOCULATURA DE FV-401 A SP-401.
 - 6.- SE CAMBIO ESPECIFICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE COMBUSTIBLE DE AGUA A 1/2".
 - 7.- SE AÑADIÓ LÍNEA DE 1 1/2".
 - 8.- SE MODIFICÓ EL DIÁMETRO EN LAS LÍNEAS CO-10 Y SP-14 DESPUÉS DE LA VÁLVULA DE CONTROL, SE MODIFICÓ EL DIÁMETRO DE LA VÁLVULA FV-404.
 - 9.- SE AÑADIÓ VÁLVULA DE RETENCIÓN EN LA LÍNEA FV-403.
 - 10.- SE CAMBIARON LAS VÁLVULAS DE INSERCIÓN POR BLOQUEO EN LAS LÍNEAS FV-403B Y FV-404B.
- LISTA DE CAMBIOS REV. 7**
- 1.- AÑADIR EN LÍNEA DE MANTA PESADA DE H2O A FETRO FV-401 A/D.
 - 2.- AÑADIR EN LÍNEA DE RECORRIDA DE MANTA A BOMBAS GA-412.
 - 3.- LÍNEA DE 1 1/2" FV-403B-BLA RECONECTADA.
 - 4.- LÍNEA CONECTADA A LA SUCCIÓN DE LABORATORIO GA-101.
 - 5.- SE ELIMINÓ EL GA-401 A/D, EN SU LUGAR SE COLOCÓ EL GA-419 A/B.
 - 6.- SE AÑADIERON LOS T-5, B-1, B-2 Y B-3.
 - 7.- SE ELIMINÓ NOTA 7.
 - 8.- SE CAMBIARON PARA AGUA DE LAVADO.
 - 9.- SE REARREGLO EL DETALLE "A".
 - 10.- SE ELIMINARON LAS LÍNEAS DE COMBUSTIBLE Y VAPOR DE ATONIZACIÓN DEL BA-401.

CIRCUITO DE CARGA A LA UNIDAD HDS.

CIRCUITO DE CARGA

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
0		PLANTA REFORMADORA DE MANTAS SECCIÓN DE COMPRESIÓN.			
1		PLANTA REFORMADORA DE MANTAS SECCIÓN DE COMPRESIÓN.			
2		REVISIÓN DE DISEÑO DE CALENTADOR Y SERVICIO AL GA-401.			
3		DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE REFRIGERACIÓN Y AGUA ARRANQUE.			
4		DISEÑO DE DESFOQUE.			
5		DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLE, AIRE DE PLANTA, GAS MORTO.			
6		DISTRIBUCIÓN DE VAPOR COMBUSTIBLE DE ALTA PRESIÓN.			
7		DISTRIBUCIÓN DE VAPOR COMBUSTIBLE DE ALTA PRESIÓN.			

UNAM FO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA CANTILLANES, L. LAB. 212

DISEÑO DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PARA REFORMADORA DE MANTAS SECCIÓN DE PRECALENTAMIENTO Y REACCIÓN

SECTOR 3

CAP. UNIDAD 30.500 BPD SECCIÓN/ÁREA: HDS

DIAGRAMA No. 3.2 REV. 7



Tabla 3.1. Registro HazOp.

	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS						Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000	
	Nodo: 1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401									
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas			
Desviación::	Menos Flujo		LOI:			LOS:		LSI		LSS:
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clas
1. Válvulas semiabiertas.	1. Bajo nivel en el tanque. 2. Engazamiento de la bomba GA-412.	3	2	6	1. Programa de capacitación al personal.	2	2	4	1. Continuar cumpliendo con el programa de capacitación personalizada.	B
2. Fuga en cualquier parte del nodo.	1. Contaminación ambiental. 2. Incendio.	2	3	6	1. Programa de calibración de líneas (Calibración de espesores).	2	3	6	1. Continuar cumpliendo con el programa de calibración de líneas. 2. Seguir aplicando los procedimientos de cambio de empaque y de espárragos.	B

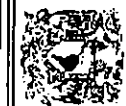


Tabla 3.1. Registro HazOp.

	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS						Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000		
	Nodo: 1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación::	Menos Flujo			LOI:			LOS:			LSI	LSS:
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase	
3. Falla en posición de abierto la válvula PCV-404.	1. Se voltea la cúpula del tanque TV-73. 2. Contaminación ambiental. 3. Incendio.	2	3	6	1. Programa de mantenimiento preventivo a válvulas.	2	3	6	1. Continuar cumpliendo con el programas de mantenimiento preventivo de válvulas de control.	B	
4. Que exista un mal alineamiento por la línea de gasolina directa de plantas primarias o de nafta pesada de HDD.	1. No hay riesgo.	1	1	1		1	1	1		C	



Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000				
	Nodo: 1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401										
Diagramas: HDS						Producto: Naftas					
Desviación:: Menos Flujo		LOI:			LOS:			LSI		LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase	
5. Baja eficiencia de la bomba.	1. No hay riesgo.	1	1	1		1	1	1		C	
6. Obstrucción parcial de los filtros.	1. No hay riesgos	1	1	1		1	1	1		C	

Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000				
	Nodo: 1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación:: Menos Flujo		LOI:			LOS:			LSI		LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase	
7. PSV's calzadas.	1. El acumulador de desfogue FA-104 se llena. 2. Ruptura de la línea de desfogue de baja presión. 3. Contaminación e incendio.	3	3	7	1. Programa de calibración y prueba de las PSV. 2. Filtros FG-401. 3. Alarma por alto nivel en el FA-104.	2	3	6	1. Instalar arranque y paro automático de las bombas GA-103, cuando se requiera de acuerdo al nivel del tanque FA-104. 2. Continuar con el programa de calibración y prueba de las PSV's.	B	
8. Mal alineamiento en la línea que viene de la planta reformadora.	1. Contaminación de los tanques de producto.	3	2	6	1. Procedimiento de arranque de las líneas. 2. Programa de capacitación y adiestramiento.	2	1	2	1. No hay recomendaciones.	C	





Tabla 3.1. Registro HazOp.


		Compañía:			Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS			Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000		
Nodo: 1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401										
Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación::		No Flujo			LOI:		LOS:		LSI	LSS:
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase
1. La válvula VI esté cerrada.	1. Baja el nivel del FA-401. 2. Daño a la bomba.	5	2	8	1. Alarma por bajo flujo hacia el FA-401. 2. Confirmación de flujo en el cambio de tanques.	4	2	7	1. Elaborar, difundir y aplicar procedimiento de operación para cambio de tanque de carga.	B
2. Los tanques TV-72 y TV-73 no tienen nivel para la succión.	1. Baja el nivel del FA-401. 2. Daño a la bomba.	3	2	6	1. Procedimientos de operación. 2. Instrumentos de control de nivel en el tanque TV-72 y TV-73.	2	2	4	1. Tener indicación del nivel del tanque con alarma de alto y bajo nivel en el control distribuido.	B



Tabla 3.1. Registro HazOp.

	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000				
	Nodo: 1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación::	No Flujo		LOI:			LOS:		LSI		LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación		Clase
3. Falla mecánica de la bomba GA-412.	1. Baja el nivel del FA-401.	4	2	7	1. Programa de mantenimiento preventivo y predictivo a bombas. 2. Bomba de relevo GA-412R. 3. Protección térmica al motor de la bomba.	3	2	6	1. Solicitar instrumentos para medición de vibraciones. 2. Implantar el procedimiento de rutinas operacionales a equipos criticos. 3. Tener el refaccionamiento adecuado.		B
4. Obstrucción en la succión (pichancha) de la bomba de carga GA-412.	1. Baja el nivel del FA-401. 2. Daño a la bomba.	5	2	8	1. No hay protecciones.	5	1	5	1. Tener un indicador de presión diferencial antes y después de la pichancha.		B

Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000				
	Nodo: 1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación::	No Flujo	LOI:			LOS:			LSI		LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación		Clase
5. Que la válvula check esté colocada al revés.	1. Baja el nivel del FA-401. 2. Daño a la bomba. 3. Fugas por el sello de la bomba.	3	3	7	1. Procedimiento de cambio y/o mantenimiento de las válvulas check.	2	3	6	1. Rotular el sentido del flujo sobre la tubería.		B
6. Cualquiera de las válvulas de paso a los filtros FG-401 AB esté cerrada.	1. Baja el nivel del FA-401. 2. Daño a la bomba. 3. Fugas por el sello de la bomba. 4. Contaminación e incendio.	4	3	8	1. Procedimientos de operación. 2. Programas de capacitación y adiestramiento.	3	3	7	1. Hacer un procedimiento de operación para operar los filtros de carga, que contenga la técnica HAD.		B



Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:				Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000			
	Nodo: 1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401											
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas					
Desviación::		No Flujo			LOI:			LOS:		LSI		LSS:
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación		Clase	
7. Obstrucción total de los filtros FG-401AB.	1. Baja el nivel del FA-401. 2. Daño a la bomba. 3. Fugas por el sello de la bomba. 4. Contaminación e incendio.	5	3	9	1. Se tiene filtro de relevo. 2. Se tiene un medidor de presión diferencial, antes y después de los filtros.	2	2	4	1. No hay recomendaciones.		B	
8. Cualquier válvula después de los filtros hacia el FA-401 esté cerrada.	1. Baja el nivel del FA-401. 2. Daño a la bomba. 3. Fugas por el sello de la bomba. 4. Contaminación e incendio.	3	2	6	1. Procedimiento de operación. 2. Programas de capacitación y adiestramiento.	2	1	2	1. No hay recomendaciones.		C	



Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:				Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000		
	Nodo: 1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación::	No Flujo	LOI:			LOS:			LSI		LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase	
9. La LV-401 falle en posición de cerrado.	1. Baja el nivel del FA-401. 2. Daño a la bomba. 3. Fugas por el sello de la bomba. 4. Contaminación e incendio.	4	2	7	1. Programa de mantenimiento preventivo. 2. Se tiene una válvula para controlar el flujo.	2	2	4	1. Continuar cumpliendo con el mantenimiento preventivo a válvulas de control.	B	
1. Alineación de las válvulas en la línea que viene del FA-402.	1. Alto nivel en el tanque FA-401. 2. Sobrepresión del tanque FA-401.	3	2	6	1. Se tiene la PSV-401. 2. Se tiene alarma por alto nivel. 3. Se tiene el control de presión PIC-401.	2	2	4	1. Seguir cumpliendo con los programas de adiestramiento al personal nuevo.	B	





Tabla 3.1. Registro HazOp.

	Compañía:				Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000			
	Nodo: 2. Del tanque FA-401 al reactor de hidrosulfuración											
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas					
Desviación::	Baja Temperatura			LOI:			LOS:			LSI		LSS:
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación		Clase	
1. Se abre la válvula del directo a la entrada de los cambiadores EA-402 A/D lado tubos.	1. Fugas por las bridas de la unión coraza con el carrete de los cambiadores. 2. Ruptura de los serpentines del calentador. 3. Explosión.	3	3	7	1. Procedimientos de operación.	2	2	4	1. Candadear en posición de cerrado el directo de los cambiadores EA-402 A/D. 2. Retirar la línea del directo lado tubos.		B	

Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:				Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000			
	Nodo: 2. Del tanque FA-401 al reactor de hidrodesulfuración											
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas					
Desviación::		No Flujo			LOI:			LOS:		LSI		LSS:
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación		Clase	
1. Que el tanque FA-401 tenga bajo nivel.	1. Como en nodo 4 desviación bajo nivel en el tanque FA-401.	1	1	1		1	1	1			C	
2. Que la válvula de succión de compuerta esté cerrada.	1. Como en nodo 4 desviación alto nivel en el tanque FA-401.	1	1	1		1	1	1			C	
3. Que falle la bomba GA-401.	1. Como en nodo 4 desviación alto nivel en el tanque FA-401.	1	1	1		1	1	1			C	





Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:				Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000			
	Nodo: 2. Del tanque FA-401 al reactor de hidrosulfuración											
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas					
Desviación::	No Flujo				LOI:			LOS:		LSI		LSS:
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación		Clase	
4 Que la válvula check después de la bomba GA-401 esté invertida.	1. Alta temperatura en los tubos del BA-401. Le queda circulando hidrógeno. Ruptura de los tubos y explosión. 2. Aumento de presión en el tanque FA-401.	3	3	7	1. Programa de mantenimiento predictivo y preventivo. 2. Programa de rotación de bombas. 3. Checks (2) en la descarga de la bomba.	2	2	4	1. Marcar el sentido de flujo sobre las líneas.		B	



Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000				
	Nodo: 2. Del tanque FA-401 al reactor de hidrodesulfuración										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación::	No Flujo		LOI:			LOS:		LSI		LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación		Clase
	3. Si falla el check de la descarga de la bomba, el hidrógeno puede represionar el tanque FA-401, con la consecuente ruptura. 4. Daño a los sellos de la bomba GA-401				4. Válvula FV-403 y 404 cierran cuando se detecta bajo flujo. 5. La PIC-401 y la PSV-401						

Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:			Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS			Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000				
	Nodo: 2. Del tanque FA-401 al reactor de hidrodesulfuración										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación:: No Flujo		LOI:			LOS:			LSI		LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase	
5. Que las válvulas entre la bomba GA-401 y los cambiadores EA-415 esté cerrada.	1. Alta temperatura en los tubos del BA-401. Le queda circulando hidrógeno. Ruptura de los tubos y explosión. 2. Aumento de presión en el tanque FA-401.	3	3	7	1. Programa de mantenimiento predictivo y preventivo. 2. Programa de rotación de bombas. 3. Checks (2) en la descarga de la bomba. 4. Válvula FV-403 y 404 cierran cuando se detecta bajo flujo. 5. La PIC-401 y la PSV-401.	1	1	1	1. Estudiar la posible instalación de un disparo por alta temperatura en el calentador BA-401, a la salida de cada uno de los 4 serpentines. 2. En los paros institucionales incluir el mantenimiento preventivo y/o correctivo de todas las válvulas checks.	C	



Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS			Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000				
	Nodo: 2. Del tanque FA-401 al reactor de hidrodeshulfuración									
	Diagramas: HDS					Producto: Naftas				
Desviación:: No Flujo		LOI:			LOS:			LSI		LSS:
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase
	<p>3. Si falla el check de la descarga de la bomba, el hidrógeno puede represionar el tanque FA-401, con la consecuente ruptura.</p> <p>4. Daño a los sellos de la bomba GA-401</p>				<p>6. Programa de mantenimiento predictivo y preventivo.</p> <p>7. Programa de rotación de 0bombas.</p> <p>8. Checks (2) en la descarga de la bomba.</p> <p>9. Válvula FV-403 y 404 cierran cuando se detecta bajo flujo.</p> <p>10. Programa de capacitación y adiestramiento al personal de nuevo ingreso.</p>					





Tabla 3.1. Registro HazOp.

	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS			Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000				
	Nodo: 2. Del tanque FA-401 al reactor de hidrodesulfuración									
	Diagramas: HDS				Producto: Naftas					
Desviación::	No Flujo	LOI:			LOS:			LSI	LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase
					11. Programa de simulacros operacionales.					
6. Que las válvulas FV-403 y 404 fallen en posición de cerrado.	1. Alta temperatura en los tubos del BA-401. Le queda circulando hidrógeno. Ruptura de los tubos y explosión. 2. Aumento de presión en el tanque FA-401.	2	3	6	1. Programa de mantenimiento preventivo a las válvulas automáticas. 2. Secadores de aire de instrumentos.	2	3	6	1. Instalación de secadores de aire de instrumentos en el LB de la planta.	B



Compañía: **Area/proceso:** HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS **Fecha:** 25 Y 31 de Julio del 2000

Nodo: 2. Del tanque FA-401 al reactor de hidrosulfuración

Diagramas: HDS **Producto:** Naftas

Desviación:: No Flujo **LOI:** **LOS:** **LSI:** **LSS:**

Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase
	3. Si falla el check de la descarga de la bomba, el hidrógeno puede represionar el tanque FA-401, con la consecuente ruptura. 4. Daño a los sellos de la bomba GA-401									
7. Que las válvulas a la salida de los EA-402 A/D, de globo, estén cerradas.	1. Alta temperatura en los tubos del BA-401. Le queda circulando hidrógeno. Ruptura de los tubos y explosión.	2	2	4	1. Procedimientos de operación. 2. Programa de capacitación personalizada.	1	1	1	1. Instalar placas de orificio en las salida de los EA-402 B y D y que la indicación de flujo llegue al SCD.	C



Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:				Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000		
	Nodo: 2. Del tanque FA-401 al reactor de hidrodesulfuración										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación::	No Flujo				LOI:		LOS:		LSI		LSS:
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación		Clase
	2. Aumento de presión en el tanque FA-401 3. Si falla el check de la descarga de la bomba, el hidrógeno puede represionar el tanque FA-401, con la consecuente ruptura. 4. Daño a los sellos de la bomba GA-401 5. Fugas en los intercambiadores de calor EA-402 A/D.										





Tabla 3.1. Registro HazOp.

	Compañía:				Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000		
	Nodo: 2. Del tanque FA-401 al reactor de hidrosulfuración										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación:: No Flujo		LOI:			LOS:			LSI		LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase	
8. Ruptura en cualquier punto de la línea.	1. Fuga e incendio.	2	3	6	1. Permiso de tránsito vehicular dentro de la planta. 2. Programa de medición de espesores.	2	2	4	1. Seguir cumpliendo con el programa de medición de espesores. 2. Durante los paros institucionales realizar un barrido de ultrasonido en los circuitos de mas alto riesgo.	B	

Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:				Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000		
	Nodo: 3. Pre calentador de Carga BA-401										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación:: Alta Presión		LOI:			LOS:			LSI		LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase	
1. Baja relación de hidrógeno a hidrocarburo. (Se debe de mantener una relación de 11.3 m3 de H2 por barril de carga).	1. Formación de carbón en el interior de los serpentines.	3	3	7	1. Instrumento que indica la relación de H2/HC en el SCD. 2. Procedimientos de operación y el SCD.	2	2	4	1. Configurar alarma por baja relación de H2/HC.	B	
2. Nafta mas pesada.	1. Vaporización pobre del flujo de la alimentación al calentador BA-401. 2. Formación de carbón en el interior de los serpentines.	3	3	7	1. Control de calidad por parte del laboratorio.	2	3	6	1. Asegurar la calidad de la carga enviada de las plantas primarias a Hidros II.	B	





Tabla 3.1. Registro HazOp.

	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000				
	Nodo: 3. Pre calentador de Carga BA-401										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación::	Alta Presión		LOI:			LOS:			LSI		LSS:
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación		Clase
3. Carbonización en el lado de los tubos.		1	1	1		1	1	1			C



Tabla 3.1. Registro HazOp.

	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS						Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000	
	Nodo: 3. Pre calentador de Carga BA-401									
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas			
Desviación::	Alta Temperatura		LOI:			LOS:		LSI		LSS:
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase
1. No flujo por el lado de proceso.	1. Como en desviación no flujo, nodo 2.	1	1	1		1	1	1		C
2. Más flujo de combustible.	1. Acumulación de carbón por dentro de los tubos. 2. Fragilización y ruptura de alguno de los tubos. 3. Incendio.	2	3	6	1. Programa de mantenimiento a válvulas automáticas. 2. Alarma por alta temperatura TAH-409 a 412. 3. Alarma por alta presión PAL-404	2	2	4	1. Seguir cumpliendo con los programas de mantenimiento de válvulas automáticas y prueba de protecciones.	B

Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000				
	Nodo: 3. Pre calentador de Carga BA-401										
	Diagramas: HDS					Producto: Naftas					
Desviación:: Alta Temperatura		LOI:			LOS:			LSI		LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase	
3. Que se tenga un bajo flujo de naftas y/o hidrógeno.	1. Acumulación de carbón por dentro de los tubos. 2. Fragilización y ruptura de alguno de los tubos. 3. Incendio. 2. Daños al calentador BA-401.	3	3	7	1. El FSL-405 manda parar al BA-401 por bajo flujo de hidrógeno.	3	2	6	1. Instalar un sistema de paro del calentador BA-401 por bajo flujo de naftas a través de cualquiera de los serpentines.	B	
4. Falsa indicación del TIC-401.	1. Acumulación de carbón por dentro de los tubos. 2. Fragilización y ruptura de alguno de los tubos. 3. Incendio.	3	3	7	1. Programa de mantenimiento preventivo a instrumentos. 2. Indicación redundante de temperatura en el SCD.	2	2	4	1. Continuar con los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos.	B	





Tabla 3.1. Registro HazOp.


		Compañía:			Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000	
Nodo: 4. Tanque Acumulador FA-401										
Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación::		Presión de Vacío			LOI:	LOS:		LSI	LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase
1. Vaciado del tanque FA-401, teniendo todas las válvulas de venteo cerradas y la válvula automática PV-401-A cerrada.	1. Colapso del tanque FA-401. 2. Paro de planta.	3	2	6	1. No hay.	3	2	6	1. Hacer un procedimiento de operación del tanque FA-401.	B
2. Que durante el vaporizado se quede vapor dentro del tanque sin que se deje un venteo o no se inyecte gas.	1. Colapso del tanque FA-401. 2. Paro de planta.	3	2	6	1. No hay.	3	2	6	1. Hacer un procedimiento de vaporizado de tanques.	B



Tabla 3.1. Registro HazOp.


		Compañía:			Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS			Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000		
		Nodo: 4. Tanque Acumulador FA-401								
Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación:: Alto Nivel		LOI:			LOS:		LSI		LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase
1. Falla de la bomba GA-401.	1. Alta temperatura en los tubos del BA-401. Le queda circulando hidrógeno. Ruptura de los tubos y explosión. 2. Aumento de presión en el tanque FA-401.	3	3	7	1. Programa de mantenimiento predictivo y preventivo. 2. Programa de rotación de bombas. 3. Checks (2) en la descarga de la bomba. 4. Válvula FV-403 y 404 cierran cuando se detecta bajo flujo.	2	3	6	1. Estudiar la posible instalación de un disparo por alta temperatura en el calentador BA-401, a la salida de cada uno de los 4 serpentines. 2. En los paros institucionales incluir el mantenimiento preventivo y/o correctivo de todas las válvulas checks.	B

Tabla 3.1. Registro HazOp.

Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000				
	Nodo: 4. Tanque Acumulador FA-401										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación::	Alto Nivel		LOI:			LOS:			LSI		LSS:
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase	
	3. Si falla el check de la descarga de la bomba, el hidrógeno puede represionar el tanque FA-401, con la consecuente ruptura.				5. La PIC-401 y la PSV-401.						
2. Válvula de succión de la bomba cerrada.	1. Alta temperatura en los tubos del BA-401. Le queda circulando hidrógeno. Ruptura de los tubos y explosión.	2	3	6	1. Programa de mantenimiento predictivo y preventivo. 2. Programa de rotación de bombas. 3. Checks (2) en la descarga de la bomba.	2	3	6	1. Proveer de DTI's y DFP's actualizados y autorizados al personal de operación, tal como lo recomiendan las compañías reaseguradoras. 2. Incluir los DTI's y DFP's actualizados y autorizados en el programa de capacitación personalizada. 3. Rotular las válvulas y líneas de proceso.	B	





Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000				
	Nodo: 4. Tanque Acumulador FA-401										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación:: Alto Nivel		LOI:			LOS:			LSI		LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase	
	2. Aumento de presión en el tanque FA-401. 3. Daños a la bomba GA-401				4. Válvula FV-403 y 404 cierran cuando se detecta bajo flujo. 5. Programa de capacitación y adiestramiento al personal de nuevo ingreso. 6. Programa de simulacros operacionales.						



Tabla 3.1. Registro HazOp.

	Compañía:				Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000		
	Nodo: 4. Tanque Acumulador FA-401										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación:: Alto Nivel		LOI:			LOS:			LSI		LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase	
3. Falsa indicación del LIC-401.	1. Aumento de presión en el tanque FA-401. 2. Arrastre de gasolina al cabezal de desfogue.	3	3	7	1. Programa de mantenimiento predictivo y preventivo a los instrumentos. 2. Alarma por alto nivel LAH-401. 3. El sistema de control de presión de rango dividido PIC-401.	2	2	4	1. Instalar un sistema de arranque automático de la bomba GA-103, por alto nivel de líquido en el acumulador de desfogues FA-104.	B	



Tabla 3.1. Registro HazOp.

	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000				
	Nodo: 4. Tanque Acumulador FA-401										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación::	Alto Nivel			LOI:			LOS:		LSI		LSS:
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase	
4. Obstrucción en la línea del tanque FA-401 a la bomba GA-401. (Las cascarillas son formadas por la humedad en la corriente de gasolina de la planta primaria)	1. Alta temperatura en los tubos del BA-401. Le queda circulando hidrógeno. Ruptura de los tubos y explosión. 2. Aumento de presión en el tanque FA-401. 3. Daños a la bomba GA-401.	2	3	6	1. Línea de succión ubicada a 30 cm del fondo del tanque FA-401. 2. Filtros FG-401 A/B	2	2	4	1.Reemplazar los actuales filtros FG-401 A/B por filtros coalescedores en la línea de carga al FA-401.	B	



Tabla 3.1. Registro HazOp.

	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000				
	Nodo: 4. Tanque Acumulador FA-401										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación::	Alto Nivel		LOI:			LOS:		LSI		LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación		Clase
5. La válvula LV-401 se queda calzada en posición de abierto.	1. Alto nivel en el tanque FA-401. 2. Sobrepresión del tanque FA-401.	3	2	6		2	2	4	1. Seguir cumpliendo con los programas de adiestramiento al personal nuevo.		B
6. Que la línea proveniente del FA-402, de 6" esté alineada.	1. Alto nivel en el tanque FA-401. 2. Sobrepresión del tanque FA-401.	3	2	6		2	2	4	1. Seguir cumpliendo con los programas de adiestramiento al personal nuevo.		B

Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:				Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000		
	Nodo: 4. Tanque Acumulador FA-401										
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas				
Desviación:: Bajo Nivel		LOI:			LOS:			LSI		LSS:	
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase	
1. Falla el LIC-401.	1. Cavitación y daños a la bomba GA-401. 2. Falta de carga al BA-401, provocando sobrecalentamiento en los serpentines. 3. Alta temperatura en los tubos del BA-401. Le queda circulando hidrógeno. Ruptura de los tubos y explosión.	3	3	7	1. Programa de mantenimiento predictivo y preventivo a instrumentos. 2. Protecciones del calentador BA-401. 3. Alarma por bajo flujo FAL-403 y FAL-404.	2	2	4	1. Estudiar la posible instalación de un disparo por alta temperatura en el calentador BA-401, a la salida de cada uno de los 4 serpentines. 2. En los paros institucionales incluir el mantenimiento preventivo y/o correctivo de todas las válvulas checks. 3. Habilitar el sistema BS-403. Para que el operador pueda parar el motor o turbina desde el control distribuido.	B	



Tabla 3.1. Registro HazOp.


	Compañía:				Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000			
	Nodo: 4. Tanque Acumulador FA-401											
	Diagramas: HDS						Producto: Naftas					
Desviación::	Bajo Nivel				LOI:			LOS:		LSI		LSS:
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación		Clase	
	4. Aumento de presión en el tanque FA-401 5. Si falla el check de la descarga de la bomba, el hidrógeno puede represionar el tanque FA-401, con la consecuente ruptura.											
2. Obstrucción en la línea de carga al tanque FA-401.	1. Idem al nodo 1 desviación No flujo causa 1.	5	2	8	1. Idem al nodo 1 desviación No flujo causa 1.	4	2	7	1. Idem al nodo 1 desviación No flujo causa 1.		B	



Tabla 3.1. Registro HazOp.

	Compañía:		Area/proceso: HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS				Fecha: 25 Y 31 de Julio del 2000			
	Nodo: 4. Tanque Acumulador FA-401									
	Diagramas: HDS					Producto: Naftas				
Desviación:: Bajo Nivel		LOI:			LOS:			LSI		LSS:
Causa	Consecuencias	F	G	R	Protección	FP	GP	RP	Recomendación	Clase
3. Falla la bomba GA-412.	1. Idem al nodo 1 desviación No flujo causa 3.	4	2	7	1. Idem al nodo 1 desviación No flujo causa 3.	3	2	6	1. Idem al nodo 1 desviación No flujo causa 3.	B
4. Mal alineamiento y división de flujo en las líneas conectadas en la carga.	1. Idem al nodo 1 desviación Menos flujo causa 4.	1	1	1	1. Idem al nodo 1 desviación Menos flujo causa 4.	1	1	1	1. Idem al nodo 1 desviación Menos flujo causa 4.	C
5. Falla de la instrumentación en la línea de carga.	1. Idem al nodo 1 desviación Menos flujo causa 4.	2	3	6	1. Idem al nodo 1 desviación Menos flujo causa 4.	2	3	6	1. Idem al nodo 1 desviación Menos flujo causa 4.	B





3.3.4 Resultados del Análisis de Árbol de Fallas (FTA).

Para el árbol de fallas se seleccionó como escenario (evento culminante) incendio en la bomba GA-404 de la zona de estabilización de la planta hidrodesulfuradora de naftas, debido a su alta probabilidad de ocurrencia, el cual se muestra en el diagrama de análisis de árbol de fallas incendio de la bomba GA-401. El incendio de la bomba GA-404 puede ser catastrófico ya que está ubicada frente a la torre DA-401, ésta puede sobrepresionarse por el calentamiento externo y puede provocar su ruptura, ocasionando serios daños al personal y a las instalaciones de planta Hidrodesulfuradora de naftas. Además se vería afectada el calentador BA-402, al no recibir flujo de la bomba GA-404. Esto se puede observar en el diagrama 3.3 (Diagrama Análisis de Árbol de Fallas).

De acuerdo al análisis HazOp que se habrá realizado, para el incendio de la GA-404, se tiene un nivel de frecuencia de 4 y utilizando la tabla 2.1 se obtiene el valor de la frecuencia, este valor es sin considerar las protecciones. Para el cálculo de la probabilidad de falla se tiene la siguiente ecuación:

$$P=1-e^{(-f \times t)}$$

En donde "P" es la probabilidad, f es la frecuencia y "t" es el tiempo. Substituyendo los valores de frecuencia y del tiempo la probabilidad será:

$$P=1-e^{(-(1 \text{ falla/año}) \times 1 \text{ año})}=0.63$$

Es decir que la probabilidad de ocurrencia es de 0.63 en un año.

Cuando se consideran las protecciones, se reduce la frecuencia y la gravedad. Se tiene entonces una frecuencia de 3 (hasta una vez en cinco años), es decir 0.2 fallas por año, la probabilidad entonces es:

$$P=1-e^{(-(0.2 \text{ falla/año}) \times 1 \text{ año})}=0.18$$



Considerando las protecciones de la bomba, se reduce la probabilidad de falla de 0.63 a 0.18 por año; la probabilidad de fallo es baja por lo que el riesgo es aceptable, ya que con todas las protecciones que la bomba posee se opera de manera segura, y de llegar a ocurrir el evento, la gravedad se disminuye con el sistema contra incendio de la planta y así evitar un incendio.

3.3.5 Resultados del Análisis de Consecuencias.

Para el análisis de consecuencia se seleccionaron los siguientes escenarios:

- Explosión de una nube de vapor no confinada por la fuga de la bomba GA-404: Este supone que el contenido de gasolina, que proviene de los fondos de la torre desbutanizadora DA-401, fuga por el sello de la bomba GA-404, formando una nube de vapor no confinada debido a que la gasolina se encuentra a una temperatura mayor que la de ebullición y a una presión mayor que la del ambiente. Para este escenario se consideró que se fugaba distintos porcentajes del volumen total contenido en la torre.
- Explosión por sobre presión de la torre desbutanizadora DA-401: debido al calentamiento por el incendio de la bomba GA-404.

Tabla 3.2. Datos Requeridos para el Análisis de Consecuencias.

Escenario	Parámetros de Operación	Propiedades Físicas de las Substancias Involucradas
1. Incendio y explosión de la nube de gasolina no confinada en la bomba GA-404.	<p align="center">BOMBA</p> <p>Operación</p> <p>$P_{suc} = 22 \text{ kg/cm}^2$ $P_{desc} = 32 \text{ kg/cm}^2$ $T = 477 \text{ }^\circ\text{F} (215 \text{ }^\circ\text{C})$ Diám. Succión = 16 in Diám. descarga = 12 in $F = 64782 \text{ lb/hr} (29384.6 \text{ Kg/hr})$</p> <p>Area de emisión por sello $A_e = 0.4044 \text{ plg}^2$</p>	<p>Gasolina</p> <p>$P_v (\text{mmHg}) \approx$ $T_{eb.} \approx 144 \text{ }^\circ\text{F} (62 \text{ }^\circ\text{C})$ Peso M. = 113.17 $S_g = 0.7173$ $\rho = 0.495 \text{ gr/Cm}^3$ $\rho_{rel} = 0.7173$ LIE (%) = 1 LSE (%) = 9 $\Delta H_{comb} = 16903.06 \text{ Btu/lb}$</p>

**Tabla 3.2. Datos Requeridos para el Análisis de Consecuencias.**

Escenario	Parámetros de Operación	Propiedades Físicas de las Substancias Involucradas
	<p style="text-align: center;">CONDICIONES AMBIENTALES</p> <p>$T_{amb} = 77\text{ °F (25 °C)}$ $Vel. viento = 6\text{ m/s}$</p>	

3.3.5.1. Resultados

La duración de la descarga puede ser cambiada según la respuesta para mitigar la fuga, para este caso se considero que la respuesta será de 5 minutos, ya que antes de la bomba se cuenta con una válvula motorizada, por lo tanto los resultados que se graficaran serán los de un 3% de material fugado o sea 82.2 gal de gasolina (ver diagrama 3.4 y 3.5).

La nube explosiva se calculara para distintos volúmenes de fuga:

- i. Volumen total 2687 gal con un tiempo de respuesta 163.4 minutos.
- ii. 50 % del volumen total 1343.5 con un tiempo de respuesta 82 minutos.
- iii. 25% del volumen total 671.75 con un tiempo de respuesta 40.86 minutos.
- iv. 3% del volumen total 82.2 con un tiempo de respuesta 5 minutos.

- i. Volumen fugado (gal): 2687.000

WL) Peso del Material Líquido Fugado:	11092.742 lb
Cp) Capacidad Calorífica Media:	0.128 Cal/g°C
W) Peso del Material Vaporizado:	2881.756 lb
V) Fracción de Material en la Nube:	0.050 %
D) Diámetro de la Nube:	158.354 ft
Ed) Energía Desprendida [DMP]:	0.243552 Ton. de TNT
Ed) Energía Desprendida [DMC]:	1.217762 Ton. de TNT

**Tabla 3.3. Diámetros de Ondas Explosivas a Volumen Total de Material Fugado**

PRESION (psi)	DMP (m)	DMC (m)
0.5	245.738	420.206
1.0	152.278	260.391
2.0	92.318	157.862
3.0	76.139	130.195
5.0	55.581	95.043
7.0	45.683	78.117
10.0	38.069	65.098
20.0	30.646	52.404
30.0	22.842	39.059

ii. Volumen fugado (gal): 1343.500

WL) Peso del Material Líquido Fugado :	5546.371 lb
Cp) Capacidad Calorífica Media :	0.128 Cal/g°C
W) Peso del Material Vaporizado:	1440.878 lb
V) Fracción de Material en la Nube:	0.050 %
D) Diámetro de la Nube:	111.973 ft
Ed) Energía Desprendida [DMP]:	0.121776 Ton. de TNT
Ed) Energía Desprendida [DMC]:	0.608881 Ton. de TNT

**Tabla 3.4. Diámetros de Ondas Explosivas a 50% del Volumen Total de Material Fugado**

PRESION (psi)	DMP (m)	DMC (m)
0.5	195.042	333.518
1.0	120.863	206.672
2.0	73.273	125.295
3.0	60.431	103.336
5.0	44.115	75.435
7.0	36.259	62.002
10.0	30.216	51.668
20.0	24.324	41.593
30.0	18.129	31.001

iii. Volumen fugado (gal): 671.75

WL) Peso del Material Líquido Fugado :	2773.186 lb
Cp) Capacidad Calorífica Media :	0.128 Cal/g°C
W) Peso del Material Vaporizado:	5.822 lb
V) Fracción de Material en la Nube:	0.050 %
D) Diámetro de la Nube:	79.177 ft
Ed) Energía Desprendida [DMP]:	0.060888 Ton. de TNT
Ed) Energía Desprendida [DMC]:	0.304441 Ton. de TNT

**Tabla 3.5. Diámetros de Ondas Explosivas a 25% del Volumen Total de Material****Fugado**

PRESION (psi)	DMP (m)	DMC (m)
0.5	154.805	264.713
1.0	95.929	164.036
2.0	58.157	99.447
3.0	47.964	82.018
5.0	35.014	59.873
7.0	28.779	49.211
10.0	23.982	41.009
20.0	19.306	33.012
30.0	14.389	24.605

iv. Volumen del Proceso (gal) : 82.533

WL) Peso del Material Líquido Fugado :	339.346 lb
Cp) Capacidad Calorífica Media :	0.128 Cal/g°C
W) Peso del Material Vaporizado:	0.715 lb
V) Fracción de Material en la Nube:	0.060 %
D) Diámetro de la Nube:	2.273 ft
Ed) Energía Desprendida [DMP]:	0.000060 Ton. de TNT
Ed) Energía Desprendida [DMC]:	0.000302 Ton. de TNT

**Tabla 3.6. Diámetros de Ondas Explosivas a 3% del Volumen Total de Material****Fugado**

PRESION (psi)	DMP (m)	DMC (m)
0.5	76.855	131.421
1.0	47.625	81.438
2.0	28.873	49.372
3.0	23.813	40.719
5.0	17.383	29.725
7.0	14.288	24.431
10.0	11.906	20.360
20.0	9.585	16.389
30.0	7.144	12.216

Tabla 3.7. Evaluación de Daños por Explosiones de una Fuga por Sellos de la Bomba GA-404.^(11 y 18)

PRESION (psi)	REFINERIAS	PLANTAS
0.5	<ul style="list-style-type: none"> • Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de fierro): deformación de la estructura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuarto de control (techo metálico): ruptura de ventanas y medidores. • Cuarto de control (techo de concreto): ruptura de ventanas y medidores. • Torre de enfriamiento: fallas de mamparas.



Tabla 3.7. Evaluación de Daños por Explosiones de una Fuga por Sellos de la Bomba GA-404. ^(11 y 18)

PRESION (psi)	REFINERIAS	PLANTAS
1.0	<ul style="list-style-type: none">• Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de fierro): deformación de la estructura.	<ul style="list-style-type: none">• Cuarto de control (techo metálico): conectores dañados por colapso del techo.• Cuarto de control (techo de concreto): conectores dañados por colapso del techo.• Tanque de almacenamiento (techo cónico): colapso del techo.
2.0		<ul style="list-style-type: none">• Calentador: fractura de ladrillos.• Reactor químico: ruptura de ventanas y medidores.• Filtros: falla de paredes de concreto.



Tabla 3.7. Evaluación de Daños por Explosiones de una Fuga por Sellos de la Bomba GA-404. ^(11 y 18)

PRESION (psi)	REFINERIAS	PLANTAS
3.0	<ul style="list-style-type: none"> • Edificio de mantenimiento: deformación de la estructura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tanque de almacenamiento (techo cónico): el equipo se levanta (50% llenado). • Cubículo de instrumentos: líneas de fuerza dañadas, controles dañados. • Regenerador: el equipo se mueve y las tuberías se rompen. • Tanque de almacenamiento (techo flotante): el equipo se levanta (50%).
5.0	<ul style="list-style-type: none"> • Torre de regeneración: deformación de la columna. • Edificio de mantenimiento: derrumbe de muros de tabique, deformación de la estructura. • Tuberías: derrumbe de la estructura y rompimiento de líneas. • Tanque de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos ó medio llenos, dependiendo de su capacidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Calentador: unidad destruida. • Regenerador: marcos colapsados. • Motor eléctrico: daño por proyección de partículas. • Ventilador: carcaza y caja dañadas.



Tabla 3.7. Evaluación de Daños por Explosiones de una Fuga por Sellos de la Bomba GA-404. ^(11 y 18)

PRESION (psi)	REFINERIAS	PLANTAS
7.0	<ul style="list-style-type: none"> • Torre rectangular (estructura de concreto): derrumbe de la estructura y la torre. • Torre de vacío octagonal (estructura de concreto): fractura de la estructura. • Torre fraccionadora (montada sobre pedestal de concreto: caída de la torre. • Torre de regeneración derrumbe de la estructura y la torre. • Torre de vacío octagonal (estructura de concreto): fractura de la estructura.. • Torre de vacío octagonal (estructura de acero): caída de la torre. • Tanque de almacenamiento esférico: deformación de la estructura en tanques llenos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reactor catalítico: partes internas dañadas. • Columna fraccionadora: unidad destruida.



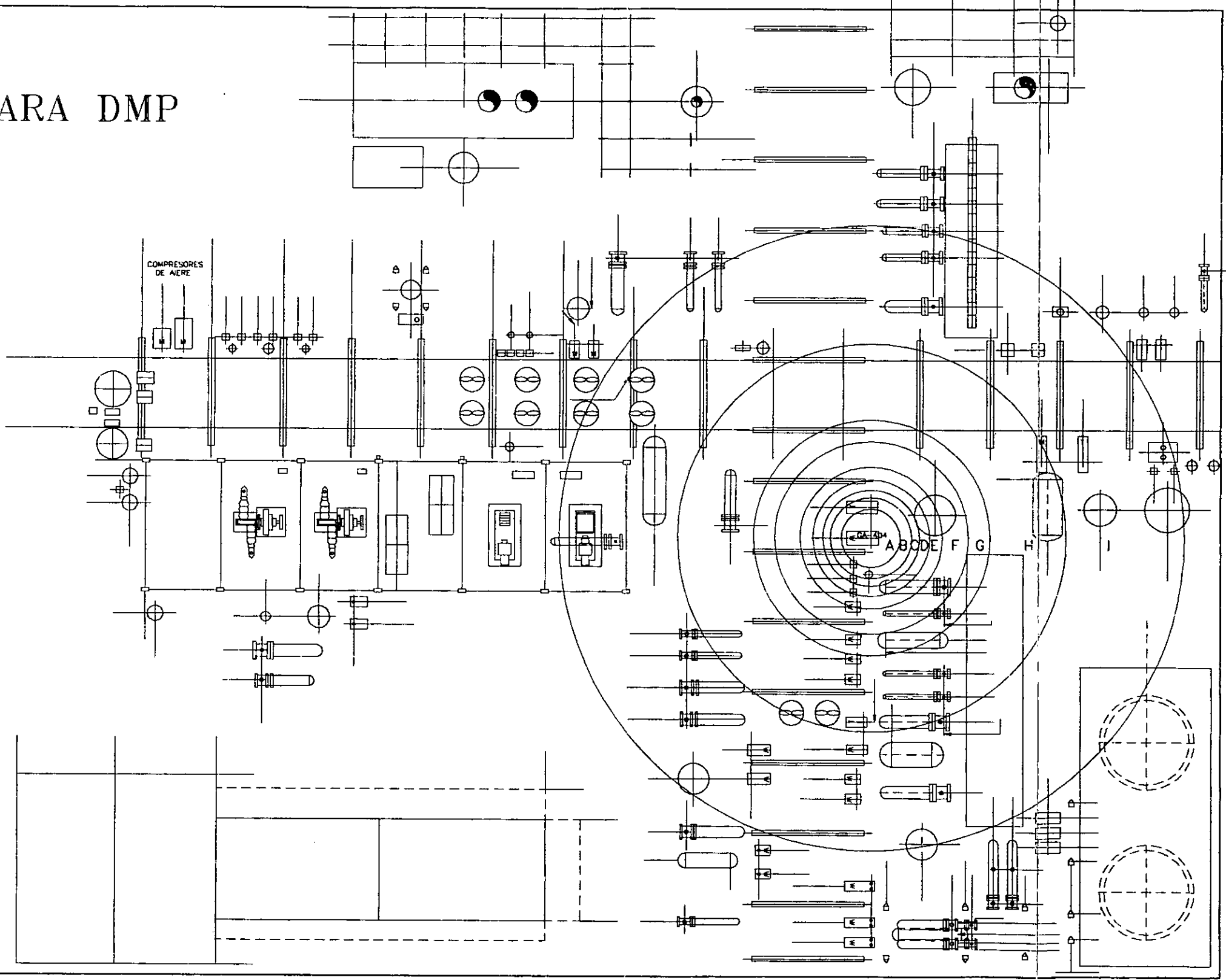
Tabla 3.7. Evaluación de Daños por Explosiones de una Fuga por Sellos de la Bomba GA-404. ^(11 y 18)

PRESION (psi)	REFINERIAS	PLANTAS
10.0	<ul style="list-style-type: none"> • Cuarto de control (construcción de concreto) y estructura de fierro): derrumbe de estructura de fierro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuarto de control (techo de concreto): unidad destruida. • Transformador eléctrico: unidad destruida. • Ventilador: unidad destruida. • Regulador de gas: controles dañados, carcaza y caja dañadas. • Columna de extracción: la unidad se mueve de sus cimientos.
20.0		<ul style="list-style-type: none"> • Tanque de almacenamiento (techo flotante): colapso del techo.
30.0		<ul style="list-style-type: none"> • Motor eléctrico: la unidad se mueve de sus cimientos. • Turbina de vapor: la unidad se mueve de sus cimientos.

PARA DMP

NOTAS
1.- MASA DESCARGADA ES DE 359.348 kg
2.- ENERGÍA DESPRENSADA ES DE 0.007451 Ton. DE TNT.

ZONA	ANCHO (m)
A	30.0
B	20.0
C	10.0
D	7.0
E	3.8
F	3.0
G	2.0
H	1.8
I	0.5

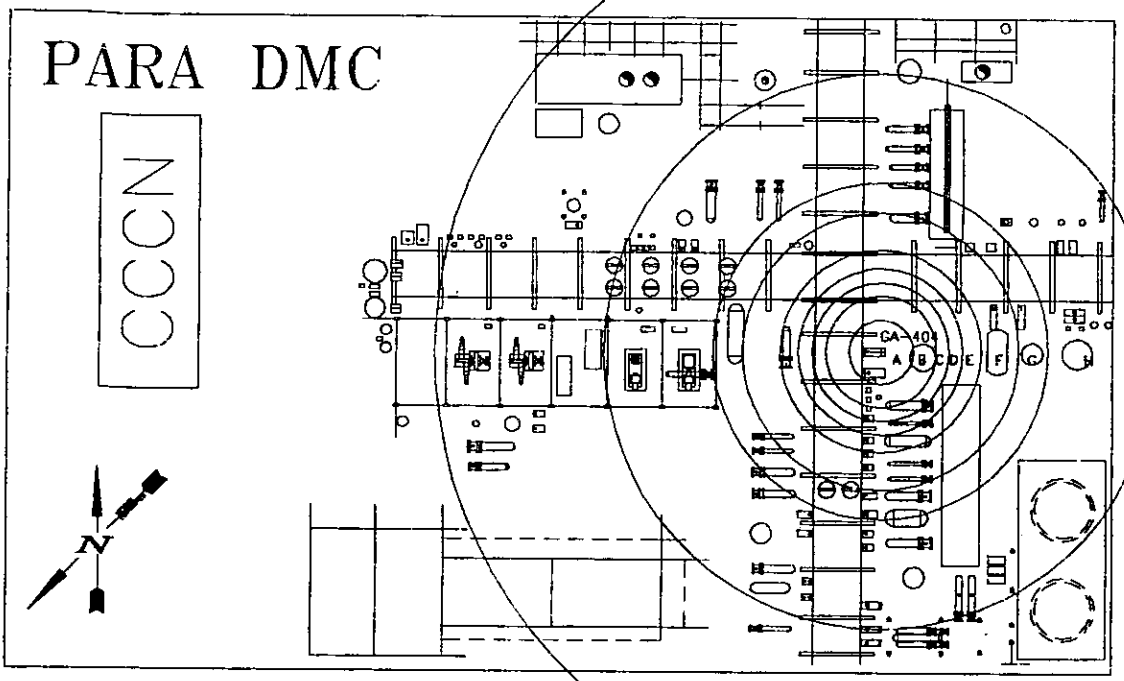


UNAM FO	
FECHA	1980
PROYECTO	ANÁLISIS DE RIESGOS EN LA PLANTA
ELABORADO POR	REV. 2
REVISADO POR	REV. 1
APROBADO POR	REV. 0

ANÁLISIS DE RIESGOS EN LA PLANTA
HIDROESULFURADORA DE NAFTAS

UNAM UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA ORGANICA E. LAB. 212

ONDAS DE SOBREPRESIÓN, PARA DMP, POR
FUCA Y EXPLOSIÓN DE LA BOMBA GA-404
SECTOR 3B



PARA DMC

CCCN

NOTAS
1.- MASA DESCARGADA ES DE 339.340 kg
2.- ENERGIA DESPRENSADA ES DE 0.037253 ton. DE TNT.

ZONA	SOBRE PRESION (kgf)
A	35.0
B	20.0
C	10.0
D	7.0
E	5.0
F	3.0
G	2.0
H	1.0
I	0.5

MTBE

U-6

U-9

U-14

HF



CAPITULO IV
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES





CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Recomendaciones del Análisis HazOp.

Las recomendaciones que a continuación se presentan, son el resultado del análisis HazOp, las cuales están clasificadas según su prioridad con la que deben de ser ejecutadas.

Tabla 4.1. Lista Jerarquizada de Recomendaciones HazOp.

Recomendaciones	Desviación	Causa	Clase	Nodo
1. Hacer un procedimiento de operación para operar los filtros de carga, que contenga la técnica	No Flujo	6. Cualquiera de las válvulas de paso a los filtros FG-401 AB esté cerrada.	B	1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401
2. Elaborar, difundir y aplicar procedimiento de operación para cambio de tanque de carga.	Bajo Nivel	2. Obstrucción en la línea de carga al tanque FA-401.	B	4. Tanque acumulador FA-401
3. Elaborar, difundir y aplicar procedimiento de operación para cambio de tanque de carga.	No Flujo	1. La válvula V1 esté cerrada.	B	1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401
4. Proveer de DTI's y DFP's actualizados y autorizados al personal de operación, tal como lo recomiendan las	Alto nivel	2. Válvula de succión de la bomba cerrada.	B	4. Tanque acumulador FA-401



Tabla 4.1. Lista Jerarquizada de Recomendaciones HazOp.

Recomendaciones	Desviación	Causa	Clase	Nodo
<p>5. Estudiar la posible instalación de un disparo por alta temperatura en el calentador BA-401, a la salida de cada uno de los 4 serpentines.</p> <p>6. En los paros institucionales incluir el mantenimiento preventivo y/o correctivo de todas las válvulas checks.</p>	<p>Alto nivel</p>	<p>1. Falla de la bomba GA-401.</p>	<p>B</p>	<p>4. Tanque acumulador FA-401</p>
<p>7. Solicitar instrumentos para medición de vibraciones.</p> <p>8. Implantar el procedimiento de rutinas operacionales a equipos críticos.</p> <p>9. Tener el refaccionamiento adecuado.</p>	<p>Bajo Nivel</p>	<p>3. Falla la bomba GA-412.</p>	<p>B</p>	<p>4. Tanque acumulador FA-401</p>



Tabla 4.1. Lista Jerarquizada de Recomendaciones HazOp.

Recomendaciones	Desviación	Causa	Clase	Nodo
10. Hacer un procedimiento de operación del tanque FA-401.	Presión de vacío	1. Vaciado del tanque FA-401, teniendo todas las válvulas de venteo cerradas	B	4. Tanque acumulador FA-401
11. Hacer un procedimiento de vaporizado de tanques.	Presión de vacío	2. Que durante el vaporizado se quede vapor dentro del tanque sin que	B	4. Tanque acumulador FA-401
12. Rotular el sentido del flujo sobre la tubería.	No Flujo	5. Que la válvula check esté colocada al revés.	B	1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401
13. Instalación de secadores de aire de instrumentos en el LB de la planta.	No-flujo	6. Que las válvulas FV-403 y 404 fallen en posición de cerrado.	B	2. Del tanque FA-401 al reactor de hidrodesulfuración DC-401
14. Solicitar instrumentos para medición de vibraciones.	No Flujo	3. Falla mecánica de la bomba GA-412.	B	1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401
15. Instalar un sistema de paro del calentador BA-401 por bajo flujo de naftas a través de cualquiera de los	Alta temperatura	3. Que se tenga un bajo flujo de naftas y/o hidrógeno.	B	3. Pre calentador de carga BA-401



Tabla 4.1. Lista Jerarquizada de Recomendaciones HazOp.

Recomendaciones	Desviación	Causa	Clase	Nodo
16. Instalar arranque y paro automático de las bombas GA-103, cuando se requiera de acuerdo al nivel del	Menos Flujo	7. PSV's calzadas.	B	1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401
17. Continuar cumpliendo con el programa de mantenimiento preventivo de válvulas	Menos Flujo	3. Falla en posición de abierto la válvula PCV-404.	B	1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401
18. Continuar cumpliendo con el programa de calibración de líneas.	Menos Flujo	2. Fuga en cualquier parte del nodo.	B	1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401
19. Asegurar la calidad de la carga enviada de las plantas primarias a Hidros .	Alta presión	2. Nafta más pesada.	B	3. Precalentador de carga BA-401
20. Tener un indicador de presión diferencial antes y después de la pichancha.	No Flujo	4. Obstrucción en la succión (pichancha) de la bomba de carga GA-412.	B	1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401
21. Seguir cumpliendo con los programas de adiestramiento al personal nuevo.	Alto nivel	6. Que la línea proveniente del FA-402, de 6" esté alineada.	B	4. Tanque acumulador FA-401



Tabla 4.1. Lista Jerarquizada de Recomendaciones HazOp.

Recomendaciones	Desviación	Causa	Clase	Nodo
22. Instalar un sistema de arranque automático de la bomba GA-103, por alto nivel de líquido en el acumulador de desfogues FA-104.	Alto nivel	3. Falsa indicación del LIC-401.	B	4. Tanque acumulador FA-401
23. Continuar cumpliendo con el mantenimiento preventivo a válvulas de control.	No Flujo	9. La LV-401 falle en posición de cerrado.	B	1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401
24. Seguir cumpliendo con los programas de adiestramiento al personal nuevo.	Más Flujo	1. Alineación de las válvulas en la línea que viene del FA-402.	B	1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401
25. Tener indicación del nivel del tanque con alarma de alto y bajo nivel en el control distribuido.	No Flujo	2. Los tanques TV-72 y TV-73 no tienen nivel para la succión.	B	1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401



Tabla 4.1. Lista Jerarquizada de Recomendaciones HazOp.

Recomendaciones	Desviación	Causa	Clase	Nodo
26. Seguir cumpliendo con el programa de medición de espesores. 27. Durante los paros institucionales realizar un barrido de ultrasonido en los circuitos de mas alto riesgo.	No-flujo	8. Ruptura en cualquier punto de la línea.	B	2. Del tanque FA-401 al reactor de hidrodesulfuración DC-401
28. Seguir cumpliendo con los programas de adiestramiento al personal nuevo.	Alto nivel	5. La válvula LV-401 se queda calzada en posición de abierto.	B	4. Tanque acumulador FA-401
29. Configurar alarma por baja relación de H ₂ /HC.	Alta presión	1. Baja relación de hidrógeno a hidrocarburo. (Se debe de mantener una relación de 11.3 m ³ de H ₂ por	B	3. Pre calentador de carga BA-401
30. Idem a la causa 1 de la desviación alto nivel nodo 4. 31. Habilitar el sistema BS-403. Para que el operador pueda parar el motor o turbina desde el control distribuido.	Bajo Nivel	1. Falla el LIC-401.	B	4. Tanque acumulador FA-401



Tabla 4.1. Lista Jerarquizada de Recomendaciones HazOp.

Recomendaciones	Desviación	Causa	Clase	Nodo
32. Candadear en posición de cerrado el directo de los cambiadores EA-402 A/D.	Baja temperatura	1. Se abre la válvula del directo a la entrada de los cambiadores EA-402 A/D lado tubos.	B	2. Del tanque FA-401 al reactor de hidrosulfuración DC-401
33. Retirar la línea del directo lado tubos.				
34. Marcar el sentido de flujo sobre las líneas.	No-flujo	4 Que la válvula check después de la bomba GA-401 esté invertida.	B	2. Del tanque FA-401 al reactor de hidrosulfuración DC-401
35. Continuar cumpliendo con el programa de capacitación personalizada.	Menos Flujo	1. Válvulas semiabiertas.	B	1. De los tanques de carga TV-72 y TV-73 al FA-401
36. Continuar con los programas de mantenimiento preventivo a instrumentos.	Alta temperatura	4. Falsa indicación del TIC-401.	B	3. Precalentador de carga BA-401



Tabla 4.1. Lista Jerarquizada de Recomendaciones HazOp.

Recomendaciones	Desviación	Causa	Clase	Nodo
37. Reemplazar los actuales filtros FG-401 A/B por filtros coalescedores en la línea de carga al FA-401.	Alto nivel	4. Obstrucción en la línea del tanque FA-401 a la bomba GA-401. (Las cascarillas son formadas por la humedad en la corriente de gasolina de la planta primaria)	B	4. Tanque acumulador FA-401
38. Seguir cumpliendo con los programas de mantenimiento de válvulas automáticas y prueba de protecciones.	Alta temperatura	2. Más flujo de combustible.	B	3. Precalentador de carga BA-401



Tabla 4.1. Lista Jerarquizada de Recomendaciones HazOp.

Recomendaciones	Desviación	Causa	Clase	Nodo
39. Idem a las recomendaciones del nodo 4, desviación alto nivel en el FA-401.	No-flujo	5. Que las válvulas entre la bomba GA-401 y los cambiadores EA-415 esté cerrada.	C	2. Del tanque FA-401 al reactor de hidrodesulfuración DC-401
40. Instalar placas de orificio en las salida de los EA-402 B y D y que la indicación de flujo llegue al SCD.	No-flujo	7. Que las válvulas a la salida de los EA-402 A/D, de globo, estén cerradas.	C	2. Del tanque FA-401 al reactor de hidrodesulfuración DC-401.



4.2. Recomendaciones del Análisis de Árbol de Fallas.

A continuación se presenta las recomendaciones resultantes del análisis de árbol de fallas, también se presenta la causa de la cual se genera dichas recomendaciones, y el diagrama de análisis de árbol de fallas con recomendaciones incluidas.

Tabla 4.2. Recomendaciones del Análisis de Árbol de Fallas.

	CAUSA	RECOMENDACIONES
1	Sobrecalentamiento de la bomba.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mantener el nivel de aceite de lubricación, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y asegurar el buen funcionamiento del sistema de lubricación por niebla. 2. Dar mantenimiento al sistema de lubricación de acuerdo a programa. 3. Continuar con el mantenimiento predictivo de acuerdo a programa. 4. Continuar con el programa de rotación de equipos. 5. Continuar con el patrullaje operacional
2	Cables descubiertos por piso.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Continuar con el mantenimiento predictivo de acuerdo a programa. 2. Asegurar la cantidad y la calidad de refaccionamiento. 3. Continuar con el patrullaje operacional.
3	Falla de mantenimiento predictivo (termografía).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Asegurar el cumplimiento total del mantenimiento predictivo.
4	No hay protección para sobrecarga eléctrica.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar protección para sobrecarga eléctrica.

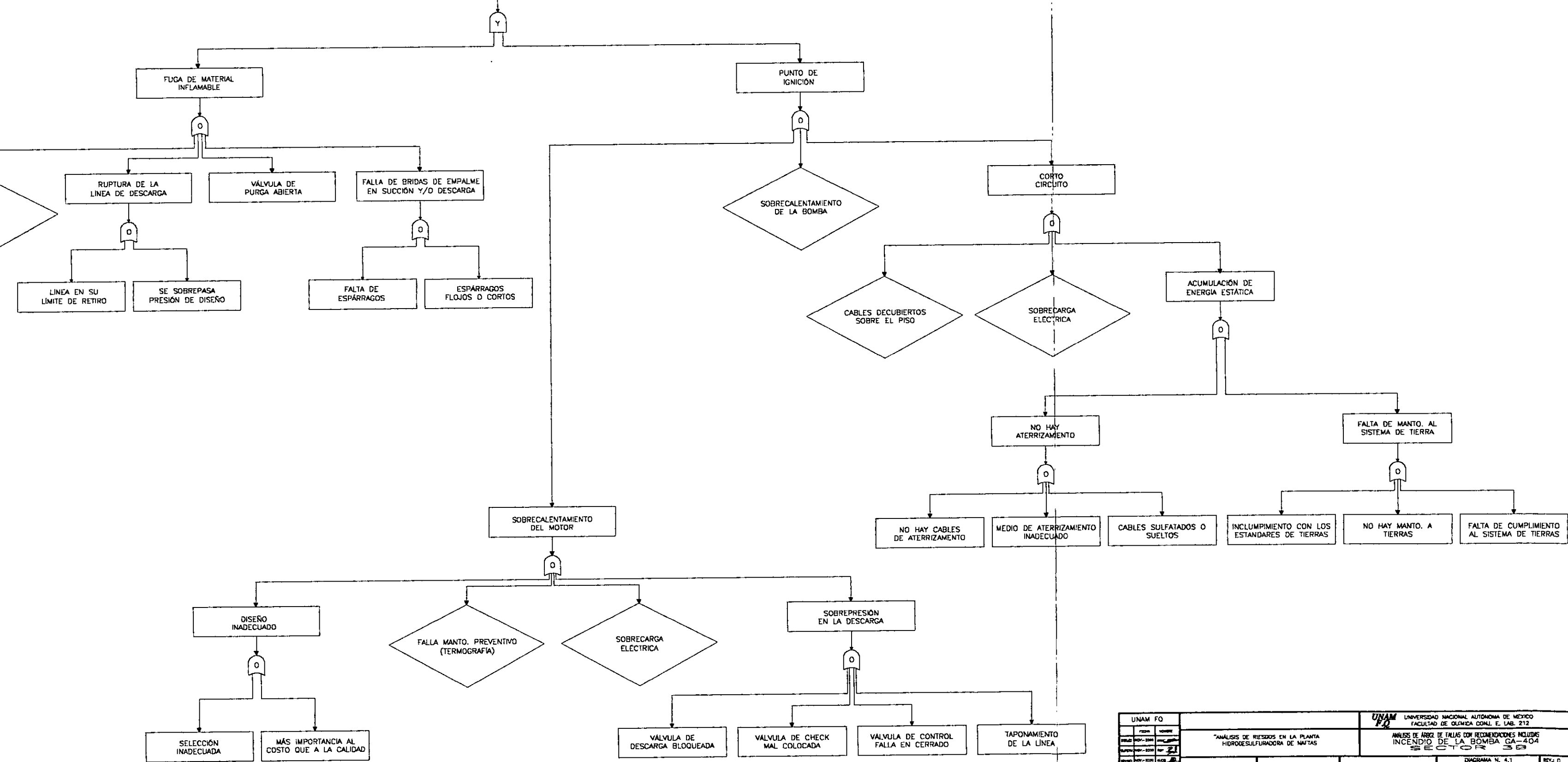


Tabla 4.2. Recomendaciones del Análisis de Árbol de Fallas.

	CAUSA	RECOMENDACIONES
5	Falla de mantenimiento de protección (antichispas).	1. Asegurar el mantenimiento de protección (antichispas).
6	Válvula de purga abierta.	1. Asegurar el procedimiento de operación y mantenimiento. 2. Continuar con el patrullaje operacional.
7	Daño al sello.	1. Verificar la adecuada instalación de la bomba. 2. Verificar que el sello sea adecuado y su instalación correcta. 3. Instalar doble sello. 4. Verificar la alineación de la flecha. 5. Verificar la rotación del motor.

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL EVENTO CULMINANTE ES DE 0.18 EN UN AÑO

INCENDIO DE LA BOMBA CA-404





4.3. Recomendaciones para el Análisis de Consecuencias.

Ya que se tomó el mismo escenario que se tomó para el análisis de árbol de fallas se pueden considerar las mismas recomendaciones más las siguientes:

- Comunicar a todo el personal de la planta, los riesgos de incendio y explosión de una nube de vapor no confinada, de una fuga de gasolina por sellos de la bomba GA-404.
- Elaborar un plan de emergencia y de evacuación.
- Realizar simulacros, para reducir o mitigar los riesgos por radiación y por las ondas de presión.



4.4. Conclusiones.

4.4.1 Conclusiones del Análisis de Riesgos HazOp.

Del análisis de riesgos HazOp se puede concluir que aunque no se obtuvieron recomendaciones de clase "A", no por eso las recomendaciones de tipo "B" y "C" no tienen importancia para ser ejecutadas a la brevedad posible. De estas recomendaciones se obtuvieron 33 recomendaciones de clase "B" y 13 recomendaciones de clase "C".

Las recomendaciones de tipo "B" son a las que se les debe dar mayor peso, ya que al ejecutar una recomendación de clase "B" pudiera mitigarse una de clase "C", aunque esto no sucede siempre.

Las recomendaciones de clase "C" aunque son muy pocas deben tomarse en cuenta para, ya que forman parte de la solución para reducir o mitigar los riesgos en la planta.

4.4.2. Conclusiones del Análisis de Árbol de Fallas.

Del análisis de árbol de fallas se ve que con las recomendaciones incluidas la probabilidad de ocurrencia no se mitiga por completo, pero si se reduce bastante, de una probabilidad de ocurrencia de 0.63 a una probabilidad de ocurrencia de 0.18, casi 4 veces.

Para reducirla más o mitigarla por completo habría que efectuar un nuevo análisis de riesgos.

4.4.2. Conclusiones del Análisis de Consecuencias.

El análisis de consecuencias nos muestra con claridad la importancia de un análisis de riesgos, ya que si llegase a ocurrir el evento no deseado, puede tener severas pérdidas tanto humanas como materiales.

Este nos permite elaborar planes de contingencia para poder prevenir dicho evento, y así estar preparado por si llegase a ocurrir sean menos los daños ocasionados.

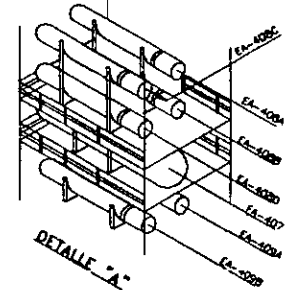
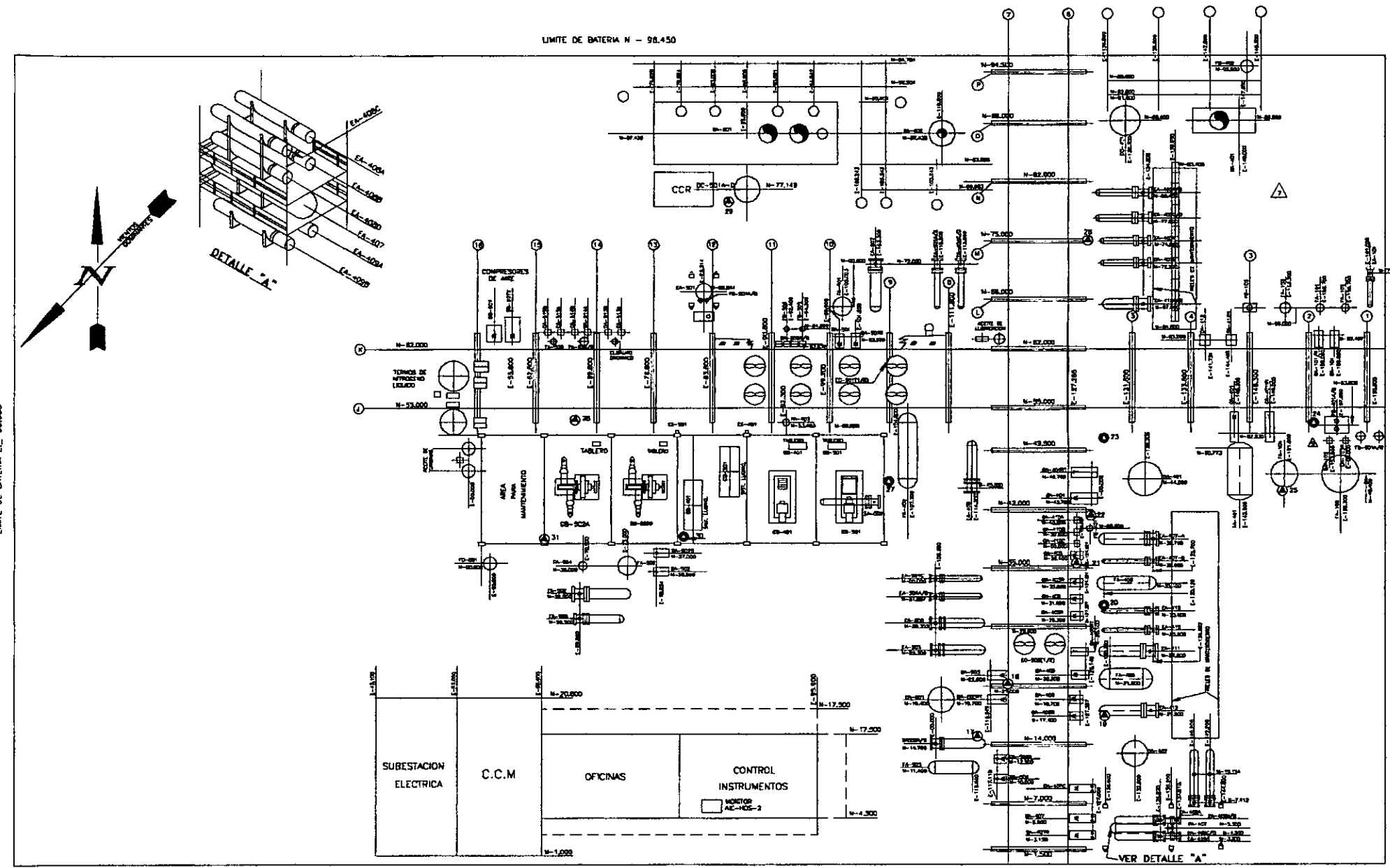


APENDICES



**APENDICE A****Tabla 1. Relación del Potencial de Pérdida.**

Probabilidad	Frecuencia probable
10^0	Inminente (puede ocurrir en cualquier momento)
10^{-1}	Muy probable (ha ocurrido o puede ocurrir varias veces al año)
10^{-3}	Probable (ha ocurrido o puede ocurrir en un año)
10^{-5}	Poco probable (no se ha presentado en 5 años)
10^{-7}	Improbable (no se ha presentado en 10 años)
10^{-9}	No se ve probabilidad de que ocurra



LIMITE DE BATERIA E - 00.000

LIMITE DE BATERIA E - 163.000

LISTA DE EQUIPOS PLANTA HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS

- BA-401 OLEATORIO DE CARGA
- BA-402 OLEATORIO DE FONDOS DE TORRE DESULFURADORA
- DA-401 TORRE DESULFURADORA
- DA-402 TORRE DESULFURADORA
- DA-403 REACTOR DE HIDRODESULFURACION
- EA-413 A B PRIMER PRECALENTADOR DE CARGA
- EA-402 A D SELENIO PRECALENTADOR DE CARGA
- EA-403 A D SELENIO PRECALENTADOR DE CARGA A TORRE DESULFURADORA
- EA-404 A D EMPHADOR DE PRODUCTO DESULFURADO
- EA-405 A D PRIMER PRECALENTADOR DE CARGA A TORRE DESULFURADORA
- EA-407 AB CONDENSADOR TORRE DESULFURADORA
- DA-408 A D CONDENSADOR TORRE DESULFURADORA
- EA-409 A B REFINADOR DE ALIETE DE FONDOS TORRE DESULFURADORA
- EA-410 EMPHADOR DE BOMBO DESULFURADORA
- EA-411 EMPHADOR DE FONDOS DESULFURADORA
- EA-412 EMPHADOR DE FONDOS DESULFURADORA
- EA-413 EMPHADOR DE BOMBOS DESULFURADORA
- EA-401 TANQUE ACUMULADOR
- FA-402 TANQUE SEPARADOR DE PRODUCTO DESULFURADO
- FA-403 TANQUE SEPARADOR COMPRESOR DE RECICLACION
- FA-404 TANQUE SEPARADOR DE FONDOS TORRE DESULFURADORA
- FA-405 TANQUE DE BALANCE
- BA-401/R BOMBA DE CARGA
- GA-402/R BOMBA DE PRODUCTO DE FONDOS DESULFURADORA
- BA-404/R/R BOMBA DE FONDOS DE TORRE DESULFURADORA
- GA-405/R/R BOMBA DE ALIMENTACION A PLANTA REFORMADORA
- DA-406/R BOMBA DE FONDOS DE TORRE DESULFURADORA
- BA-407/R BOMBA DE REFINADO TORRE DESULFURADORA
- GA-408/R BOMBA PRIMARIA DE ALIMENTACION A DESULFURADORA
- GA-409/R BOMBA SECUNDARIA DE ALIMENTACION A DESULFURADORA
- GA-410/R COMPRESOR DE RECICLACION DE HIDROGENO
- FA-402 TANQUE DE APORTE RECICLACION Y SECUNDARIO
- GA-410 BOMBA DE INYECCION DE BOMBOS DE CORROSION
- GA-412/R TANQUE REFINADOR DE CORROSION
- GA-412/R BOMBA DE TRAZADO
- GA-411/R(v) BOMBA DE LUBRICACION DEL COMPRESOR GA-401
- EA-414 A/B(v) REFINADOR DE ACEITE DE LUBRICACION
- EA-415 A/B(v) REFINADOR PARA PLANTA
- GA-403 TANQUE DE HIDROGENO
- GA-413/R BOMBA DE RECICLACION

LISTA DE EQUIPOS CONTRATO

- EA-101 CONDENSADOR DE VAPOR
- FA-101 1er SEPARADOR DE CONDENSADO CONTINUADO
- FA-102 2do SEPARADOR DE CONDENSADO
- FA-103 SEPARADOR DE GAS CONDENSABLE
- FA-104 TANQUE DE DESTOQUE BAJA PRESION
- FA-105 TANQUE DE DESTOQUE ALTA PRESION
- GA-101/R BOMBA PRIMARIA DE CONDENSADO
- GA-102/R BOMBA DE DESTOQUE

EQUIPO	COORDENADAS BOO SUCCION		COORDENADAS BOO DESCARGA	
	N	E	N	E
DA-301R	83.771	101.680	83.831	101.800
DA-301	83.771	99.200	83.831	98.300
DA-302	37.000	78.372	37.000	78.574
DA-302R	35.800	78.372	35.000	78.574
DA-303	22.277	118.245	22.828	118.245
DA-303R	18.197	118.245	18.828	118.245
DA-304	10.000	117.029	10.000	117.188
DA-304R	12.300	117.029	12.300	117.188
DA-401	53.208	144.854	52.532	145.708
DA-401R	53.208	148.884	52.532	142.408
DA-402	84.300	127.878	83.120	127.387
DA-402R	31.600	127.878	31.420	127.387
DA-403	33.600	127.588	33.420	127.390
DA-403R	38.400	127.588	38.220	127.390
DA-404	43.800	128.000	43.227	128.000
DA-404R	48.800	128.000	48.283	128.000
DA-405	22.300	128.349	22.271	128.148
DA-405R	25.100	128.349	24.871	128.148
DA-408	18.700	127.533	18.254	127.387
DA-408R	17.400	127.533	17.254	127.387
DA-407	5.804	128.078	5.790	128.078
DA-407R	3.334	128.078	3.540	128.078
DA-410A	33.200	128.257	38.300	128.257
DA-410B	40.800	128.257	40.800	128.257
DA-410C				
DA-308	82.300	82.400	82.300	82.400
DA-308R	82.300	84.300	82.300	84.300
DA-101	83.828	158.800	83.487	158.808
DA-101R	83.828	155.000	83.487	155.108
DA-102A	18.000	148.488	18.305	148.354
DA-102B	14.805	148.488	14.305	148.354
DA-102C	12.805	148.488	12.305	148.354
DA-103	48.800	153.181	48.800	153.882
DA-412	83.898	141.478	83.800	142.050
DA-412R	83.898	144.180	83.800	144.780

LISTA DE EQUIPOS PLANTA REFORMADORA DE NAFTAS

- BA-301 OLEATORIO DE REFORMACION
- DA-301 TORRE ESTABILIZADORA
- DC-301 A D REACTORES DE REFORMACION
- EA-301 PRIMER PRECALENTADOR DE CARGA
- EA-302 EMPHADOR DE ALTA PRESION
- EA-303 PRECALENTADOR CARGA ESTABILIZADORA
- EA-304 A B SELENIO PRECALENTADOR FONDOS ESTABILIZADORA
- EA-305 A B CONDENSADOR ESTABILIZADORA
- EA-306 REFINADOR DE ALIETE
- EA-307 EMPHADOR ETILATE REACTOR
- EA-308 EMPHADOR SUCCION SEGADA ETAPA GS-302 A B
- EA-309(v) CONDENSADOR DE SUPERFICIE
- EC-301(1/R) PRIMER EMPHADOR ETILATE REACTOR
- EC-302(1/R) PRIMER EMPHADOR DE REFORMADO A TANQUES
- FA-301 SEPARADOR DE BAJA PRESION
- FA-302 SEPARADOR PRODUCTOS DE INFORMACION
- FA-303 ACUMULADOR DE RETILLO ESTABILIZADORA
- FA-304 TANQUE SUCCION SEGADA ETAPA GS-302 A B
- FA-305 TANQUE INYECCION CONDENSADO
- FA-308 TANQUE INYECCION CLORURO
- GA-301 BOMBA DE SEPARADOR DE BAJA PRESION
- GA-301/R BOMBA DE SEPARADOR DE BAJA PRESION RELEVO
- GA-302 BOMBA DE ALIMENTACION ESTABILIZADORA
- GA-302/R BOMBA DE ALIMENTACION ESTABILIZADORA RELEVO
- GA-303 BOMBA DE FONDOS ESTABILIZADORA
- GA-303/R BOMBA DE FONDOS ESTABILIZADORA RELEVO TURBINA
- GA-304 BOMBA DE FONDOS ESTABILIZADORA
- GA-304/R BOMBA DE FONDOS ESTABILIZADORA RELEVO
- GA-305/R BOMBA DE FONDOS ESTABILIZADORA RELEVO
- GA-306/R BOMBA DE CONDENSADOR DE SUPERFICIE
- GA-307/R(v) BOMBA DE CONDENSADOR DE SUPERFICIE RELEVO
- GA-308 A B BOMBA DE INYECCION CLORURO Y CONDENSADO
- GS-301 COMPRESOR DE RECICLACION
- GS-302 A B COMPRESORES DE HIDROGENO PRODUCIDO
- GA-302 A B REINTERCONDENSADOR Y POSTCONDENSADOR AL EA-300
- EA-311 A B(v) EMPHADORES DE ACEITE DE LUBRICACION GS-301
- EA-312 A B(v) EMPHADORES DE ACEITE DE LUBRICACION GS-302/AB
- EA-301 EYECTOR PARA PURGA
- EA-302 A B(v) EYECTOR DE PRIMERA ETAPA DE CONDENSADOR DE SUPERFICIE
- EA-303 A B(v) EYECTOR DE SEGUNDA ETAPA DE CONDENSADOR DE SUPERFICIE
- GA-308 A B(v) BOMBA DE ACEITE DE LUBRICACION DE GS-301
- GA-307/R(v) BOMBA DE ACEITE DE LUBRICACION DE GS-301
- GA-308 A B(v) BOMBA DE ACEITE DE LUBRICACION DE GS-302 A/B

LISTA DE EQUIPOS CONTRATO FG-335

- EA-413 A/B PRECALENTADOR DE CARGA
- EA-402 C/D REFINADOR DE ALIETE FONDOS TORRE DA-402
- EA-304C SELENIO EMPHADOR DE REFORMADO A TANQUES
- FD-301 TANQUE DE CLORO
- FD-401 A/B FILTRO DE CARGA A LA BS-1
- FD-301A/B FILTRO DE CARGA A LA BS-1
- FD-103 FILTRO DE GAS CONDENSABLE
- GA-103/R BOMBA DE DESTOQUE
- GS-307 COMPRESOR DE AIRE DE AJUSTOS
- GS-307R COMPRESOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS
- GA-313A/B BOMBA DE CLORO ORGANICO
- GA-313A/B BOMBA DE NITROGENO LIQUIDO

LISTA DE DETECTORES

- 17. AE-EA-303 HC ALARMA SONORA Y VISIBLE.
- 18. AT-EA-303 HC
- 19. AT-EA-412 HC
- 20. AT-EA-413 HOS
- 21. AT-EA-403 HC
- 22. AT-EA-404 HC
- 23. AT-EA-408 HC
- 24. AT-FD-401 HOS
- 25. AT-EA-104 HC
- 26. AT-EA-403 HC
- 27. AT-EA-402 HOS
- 28. AT-FV-521 HC
- 29. AT-DC-301 HC
- 30. AT-DC-302 HOS ALARMA SONORA Y VISIBLE.
- 31. AT-GS-302 HC

SIMBOLOGIA DE DETECTORES

- DETECTORES DE AC. SULFURICO
- ⊙ DETECTORES DE HIDROCARBUROS

REVISIONES:

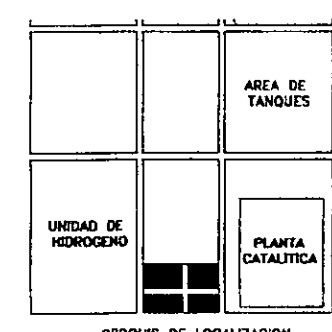
LISTA DE CAMBIOS REV. 5
1.- SE AÑADIO FB-403
2.- SE AÑADIO GA-413/R

LISTA DE CAMBIOS REV. 6
1.- SE AÑADIO A01A/B
2.- SE CORRIJIERON COORDENADAS DE GA-413/R

LISTA DE CAMBIOS REV. 9

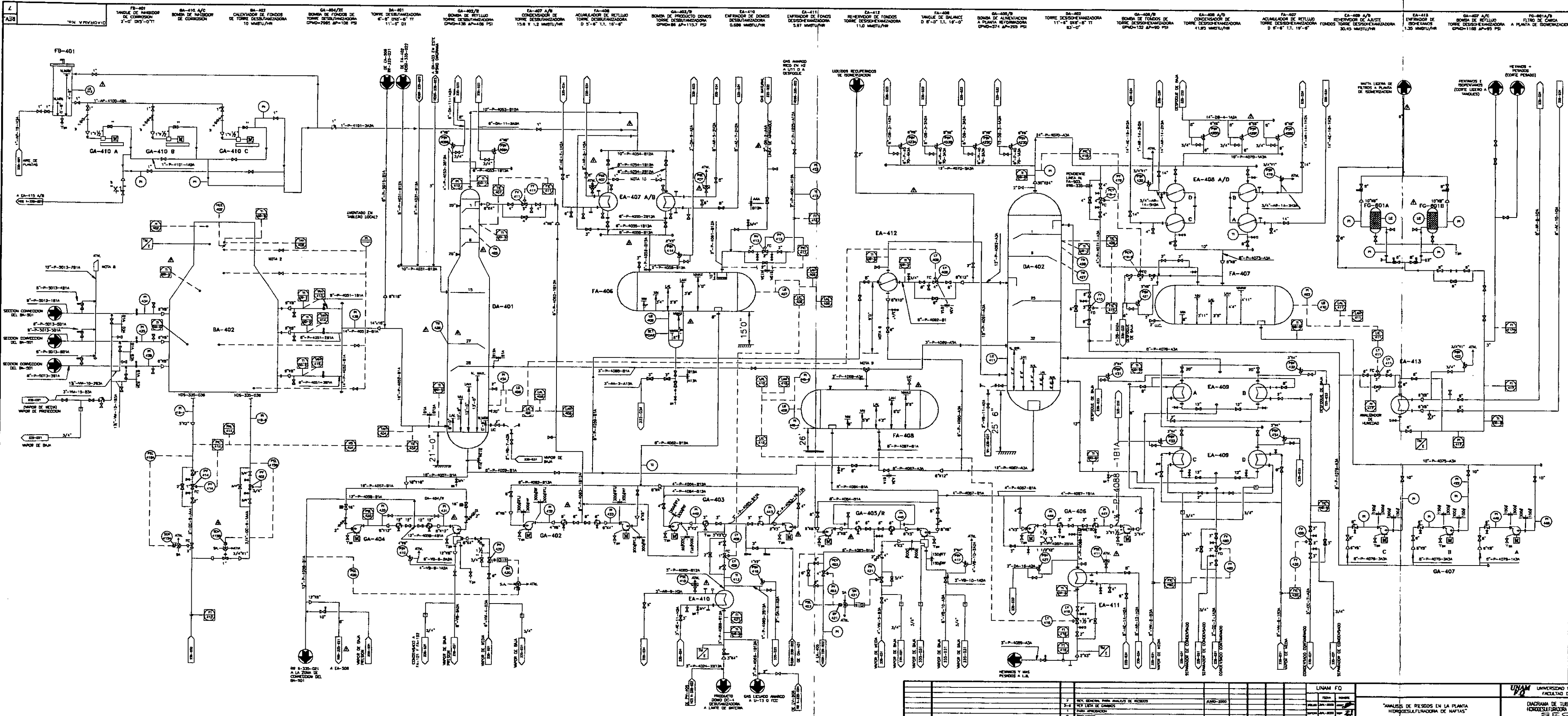
1.- SE ELIMINARON LOS EQUIPOS SIGUIENTES:
-LOS ALIMENTADORES FA-405 Y FA-404
-LAS BOMBAS GA-409/R, GA-409/R, Y GA-102A/B/C.
-EL INTERCAMBIADOR EA-408 Y EL EA-102
-SE ELIMINO LOS EA-401A/D
-SE ELIMINO EL FA-101, GA-413/R

2.- SE AGREGARON LOS EQUIPOS SIGUIENTES:
-LOS CAMBIADORES EA-409C/D, LOS EA-413A/B Y EL EA-304C
-LOS EA-304A/B
-SE AGREGARON LOS FILTROS FD-401 A/B, FD-103 Y LOS FD-301A/B
-SE AGREGARON LOS COMPRESORES GS-307 Y GS-307R
-SE AGREGARON EL SISTEMA DE NITROGENO LIQUIDO
-SE AGREGA EL COP



VERTICE	COORDENADAS DE LA PLANTA			
	N	E	N	E
A	142.833	872.500	00.000	000.000
B	527.300	872.500	04.250	000.000
C	527.300	839.500	04.410	183.000
D	142.833	839.500	00.000	183.000

UNAM FO		UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		FACULTAD DE QUIMICA COAL. E. LAB. 212	
ANALISIS DE RESGOS EN LA PLANTA HIDRODESULFURADORA DE NAFTAS		PLANO DE LOCALIZACION GENERAL		SECTOR 3B	
NUM. DIBUJOS DE REFERENCIA		REV. DESCRIPCION		SECCION/AREA: HOS - RR	
9 REVISION GENERAL PARA ANALISIS DE RESGOS		NOV-2000		REV. 9	



UNAM FO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA CONAL E. LAB. 212

DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN UNIDAD
HIDRODESLEIANTADORA DE NATAS
SECTOR 3B

DAF. LINDAS 28,300 BPS SECCION/AREA: HDS

REV. 7

UNAM FO

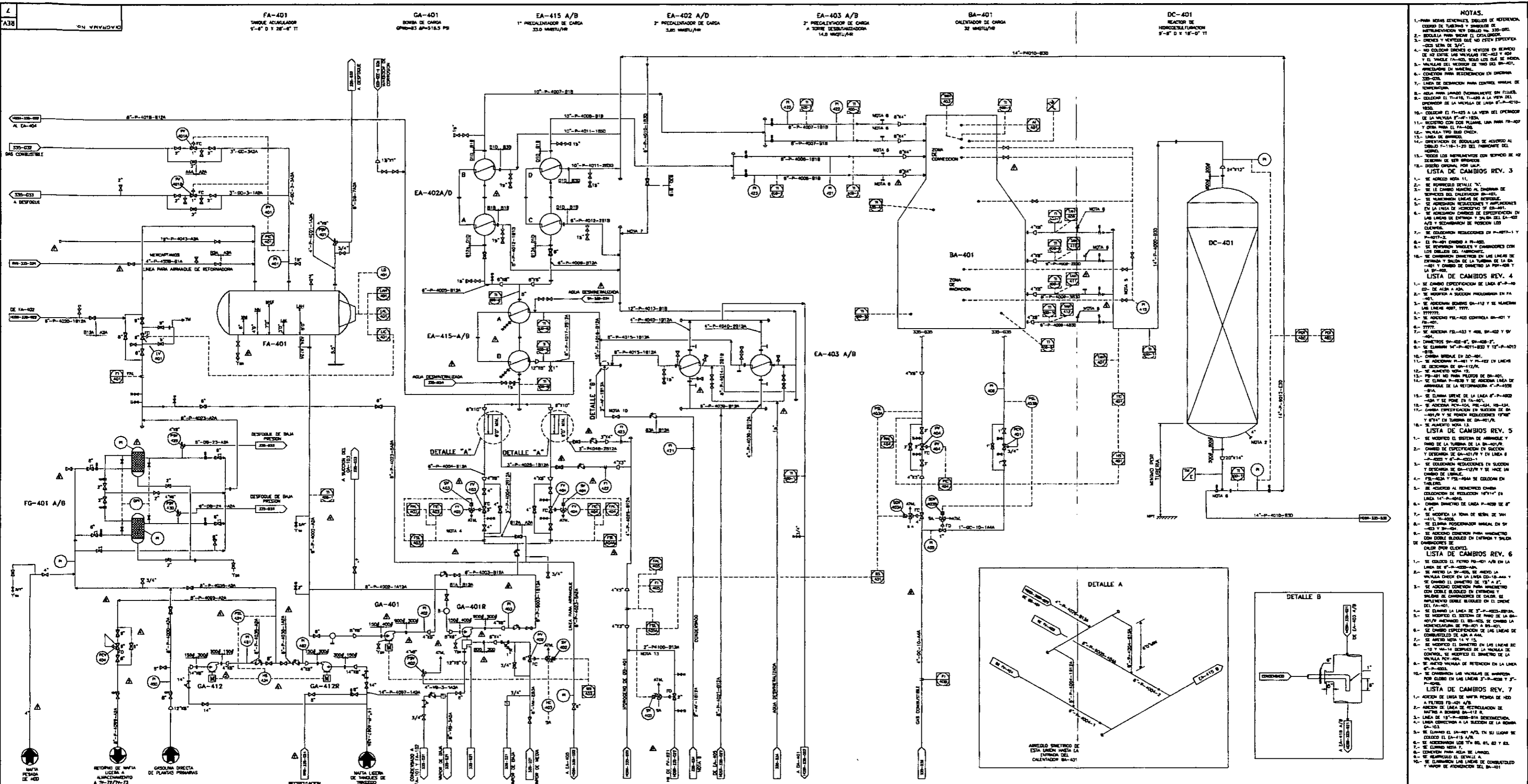
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA CONAL E. LAB. 212

DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN UNIDAD
HIDRODESLEIANTADORA DE NATAS
SECTOR 3B

DAF. LINDAS 28,300 BPS SECCION/AREA: HDS

REV. 7

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORADO POR	REVISADO POR
1	REV. GENERAL PARA ANALISIS DE REQUERIMIENTOS	ABR-2000		
2	REV. LISTA DE COMPONENTES			
3	PARA APROBACION			
4	PRELIMINAR	FEV-1971		



NOTAS.

- 1.- PARA NOTAS ESTABLECER DISEÑO DE RETENCIÓN...
- 2.- DISEÑO PARA BOMBAS DE CARGA...
- 3.- DISEÑO Y VERIFICAR QUE NO EXISTA ESPERTEZA...
- 4.- NO EXISTEN BOMBAS O VENTILADORES EN SERVICIO...
- 5.- MANTENER EL NIVEL DEL TANQUE DE AGUA...
- 6.- CONEXIÓN PARA RECONSTRUCCIÓN EN DISTRIBUCIÓN...
- 7.- LÍNEA DE DESAGÜE PARA CONTROLAR NIVEL DE TEMPERATURA...
- 8.- AGUA PARA LAVAR NORMALMENTE SIN FILTROS...
- 9.- COLECTOR EL 7-118-11-20 A LA VERA DEL OPERADOR...
- 10.- COLECTAR EL 7-118-11-20 A LA VERA DEL OPERADOR...
- 11.- RECORRIDO CON DOS FILTROS, PARA PARA 7-118-11-20...
- 12.- LÍNEA DE SERVICIO...
- 13.- OPERACIÓN DE BOMBILLAS DE AGÜERO AL DIBUJO 7-118-11-20 DEL FABRICANTE DEL MOTOR...
- 14.- TODOS LOS INSTRUMENTOS CON SERVICIO DE NO SERVICIO DE SERVICIOS...
- 15.- DISEÑO ORIGINAL POR LAF.

LISTA DE CAMBIOS REV. 3

- 1.- SE AÑADIÓ NOTA 11.
- 2.- SE MODIFICÓ DISEÑO 7-118-11-20.
- 3.- SE LE CAMBIO NÚMERO AL DISEÑO DE SERVICIO DEL CALENTADOR BA-401.
- 4.- SE MANTUVIERON LÍNEAS DE SERVICIO.
- 5.- SE AÑADIÓ RECONSTRUCCIÓN Y AMPLIACIONES EN LA LÍNEA DE AGÜERO DE 10-401.
- 6.- SE AÑADIÓ CAMBIO DE ESPECIFICACIÓN EN LAS LÍNEAS DE SERVICIO Y SALIDA DEL EA-402 A/D Y SE CAMBIO DE NIVEL DE SERVICIO LOS CALENTADORES.
- 7.- SE CAMBIO RECONSTRUCCIÓN EN P-401-1 Y P-401-2.
- 8.- EL P-401 CAMBIO A P-402.
- 9.- SE MODIFICÓ NIVEL Y CONEXIONES CON LOS DISEÑOS DEL FABRICANTE.
- 10.- SE CAMBIO DISTRIBUCIÓN EN LAS LÍNEAS DE SERVICIO Y SALIDA DE LA TURBINA DE LA BA-401 Y CAMBIO DE DIÁMETRO LA P-401-1 Y LA P-401-2.

LISTA DE CAMBIOS REV. 4

- 1.- SE CAMBIO ESPECIFICACIÓN DE LÍNEA P-401-1 DE 10" A 8".
- 2.- SE AÑADIÓ A TUBERÍA PRECALENTADOR EN PA-401.
- 3.- SE AÑADIÓ SERVICIO EN-112 Y SE MANTUVIERON LAS LÍNEAS 4017, 10077.
- 4.- SE AÑADIÓ FIL-402 CONTROLA EN-401 Y EN-402.
- 5.- SE AÑADIÓ FIL-403 CONTROLA EN-401 Y EN-402.
- 6.- SE AÑADIÓ FIL-404 CONTROLA EN-401 Y EN-402.
- 7.- SE AÑADIÓ FIL-405 CONTROLA EN-401 Y EN-402.
- 8.- SE AÑADIÓ FIL-406 CONTROLA EN-401 Y EN-402.
- 9.- SE AÑADIÓ FIL-407 CONTROLA EN-401 Y EN-402.
- 10.- SE AÑADIÓ FIL-408 CONTROLA EN-401 Y EN-402.
- 11.- SE AÑADIÓ FIL-409 CONTROLA EN-401 Y EN-402.
- 12.- SE AÑADIÓ FIL-410 CONTROLA EN-401 Y EN-402.
- 13.- SE AÑADIÓ FIL-411 CONTROLA EN-401 Y EN-402.
- 14.- SE AÑADIÓ FIL-412 CONTROLA EN-401 Y EN-402.
- 15.- SE AÑADIÓ FIL-413 CONTROLA EN-401 Y EN-402.
- 16.- SE AÑADIÓ FIL-414 CONTROLA EN-401 Y EN-402.
- 17.- SE AÑADIÓ FIL-415 CONTROLA EN-401 Y EN-402.
- 18.- SE AÑADIÓ FIL-416 CONTROLA EN-401 Y EN-402.
- 19.- SE AÑADIÓ FIL-417 CONTROLA EN-401 Y EN-402.
- 20.- SE AÑADIÓ FIL-418 CONTROLA EN-401 Y EN-402.

LISTA DE CAMBIOS REV. 5

- 1.- SE MODIFICÓ EL SISTEMA DE ARRANQUE Y FIN DE LA TURBINA DE LA BA-401/1 Y CAMBIO DE ESPECIFICACIÓN EN SUCCIÓN Y DESCARGA DE EN-401/1 EN LÍNEA 8-401-1001 Y 8-401-1002.
- 2.- SE CAMBIO ESPECIFICACIÓN EN SUCCIÓN Y DESCARGA DE EN-112/1 Y SE HIZO UN CAMBIO DE LÍNEA.
- 3.- SE CAMBIO ESPECIFICACIÓN EN SUCCIÓN Y DESCARGA DE EN-112/2 Y SE HIZO UN CAMBIO DE LÍNEA.
- 4.- FIL-401 Y FIL-402 SE COLOCAN EN TABLERO.
- 5.- SE AÑADIÓ AL RECONSTRUCCIÓN CAMBIO DE ESPECIFICACIÓN DE RECONSTRUCCIÓN 10-114" EN LÍNEA 14"-P-401-1001.
- 6.- CAMBIO DIÁMETRO DE LÍNEA P-401-1001 DE 8" A 6".
- 7.- SE MODIFICÓ LA ZONA DE SERVICIO DE 10-114" EN LÍNEA 14"-P-401-1001.
- 8.- SE CAMBIO RECONSTRUCCIÓN ORIGINAL EN SU TUBERÍA DE SERVICIO EN LÍNEA 14"-P-401-1001.
- 9.- SE AÑADIÓ CONEXIÓN PARA MANOMETRO CON DISEÑO ORIGINAL EN ENTRADA Y SALIDA DE MANOMETRO EN LÍNEA 14"-P-401-1001.

LISTA DE CAMBIOS REV. 6

- 1.- SE CAMBIO EL TUBO P-401 A/B EN LA LÍNEA DE 8"-P-401-1001.
- 2.- SE CAMBIO LA 8"-P-401, SE AÑADIÓ LA VALVULA EN LA LÍNEA 14"-P-401-1001 Y SE CAMBIO EL DIÁMETRO DE 10" A 8".
- 3.- SE AÑADIÓ CONEXIÓN PARA MANOMETRO CON DISEÑO ORIGINAL EN ENTRADA Y SALIDA DE MANOMETRO EN LÍNEA 14"-P-401-1001.
- 4.- SE CAMBIO LA LÍNEA DE 8"-P-401-1001 EN LÍNEA 14"-P-401-1001.
- 5.- SE CAMBIO LA LÍNEA DE 8"-P-401-1001 EN LÍNEA 14"-P-401-1001.
- 6.- SE CAMBIO LA LÍNEA DE 8"-P-401-1001 EN LÍNEA 14"-P-401-1001.
- 7.- SE CAMBIO LA LÍNEA DE 8"-P-401-1001 EN LÍNEA 14"-P-401-1001.
- 8.- SE CAMBIO LA LÍNEA DE 8"-P-401-1001 EN LÍNEA 14"-P-401-1001.
- 9.- SE CAMBIO LA LÍNEA DE 8"-P-401-1001 EN LÍNEA 14"-P-401-1001.
- 10.- SE CAMBIO LA LÍNEA DE 8"-P-401-1001 EN LÍNEA 14"-P-401-1001.

LISTA DE CAMBIOS REV. 7

- 1.- ADICIÓN DE LÍNEA DE SERVICIO PARA SERVICIO A FILTROS P-401 A/B.
- 2.- ADICIÓN DE LÍNEA DE RECONSTRUCCIÓN DE SERVICIO A BOMBAS EN-112 Y EN-113.
- 3.- LÍNEA DE 10"-P-401-1001 RECONSTRUCCIÓN.
- 4.- LÍNEA CONECTADA A LA SUCCIÓN DE LA BOMBA EN-113.
- 5.- SE CAMBIO EL EN-112 A/D EN SU LUGAR SE COLOCÓ EL EN-113 A/B.
- 6.- SE AÑADIÓ LÍNEA DE SERVICIO EN-112 Y EN-113.
- 7.- SE CAMBIO NOTA 7.
- 8.- CONEXIÓN PARA AGUA DE LAVAR.
- 9.- SE RECONSTRUCCIÓN EL DETALLE A.
- 10.- SE CAMBIO LAS LÍNEAS DE CONTROL Y VAPOR DE AGÜERO EN EN-401.

UNAM PQ	FECHA	REVISIÓN	DESCRIPCIÓN
UNAM PQ	1974-10-10	1	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	2	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	3	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	4	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	5	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	6	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	7	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	8	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	9	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	10	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO

UNAM PQ	FECHA	REVISIÓN	DESCRIPCIÓN
UNAM PQ	1974-10-10	1	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	2	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	3	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	4	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	5	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	6	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	7	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	8	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	9	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO
UNAM PQ	1974-10-10	10	REVISIÓN GENERAL PARA CAMBIOS DE DISEÑO

EA-404 A-D
EFUENADOR DE PRODUCTO
EFLENTE DEL REACTOR
22.23/26.73 MM STU/M

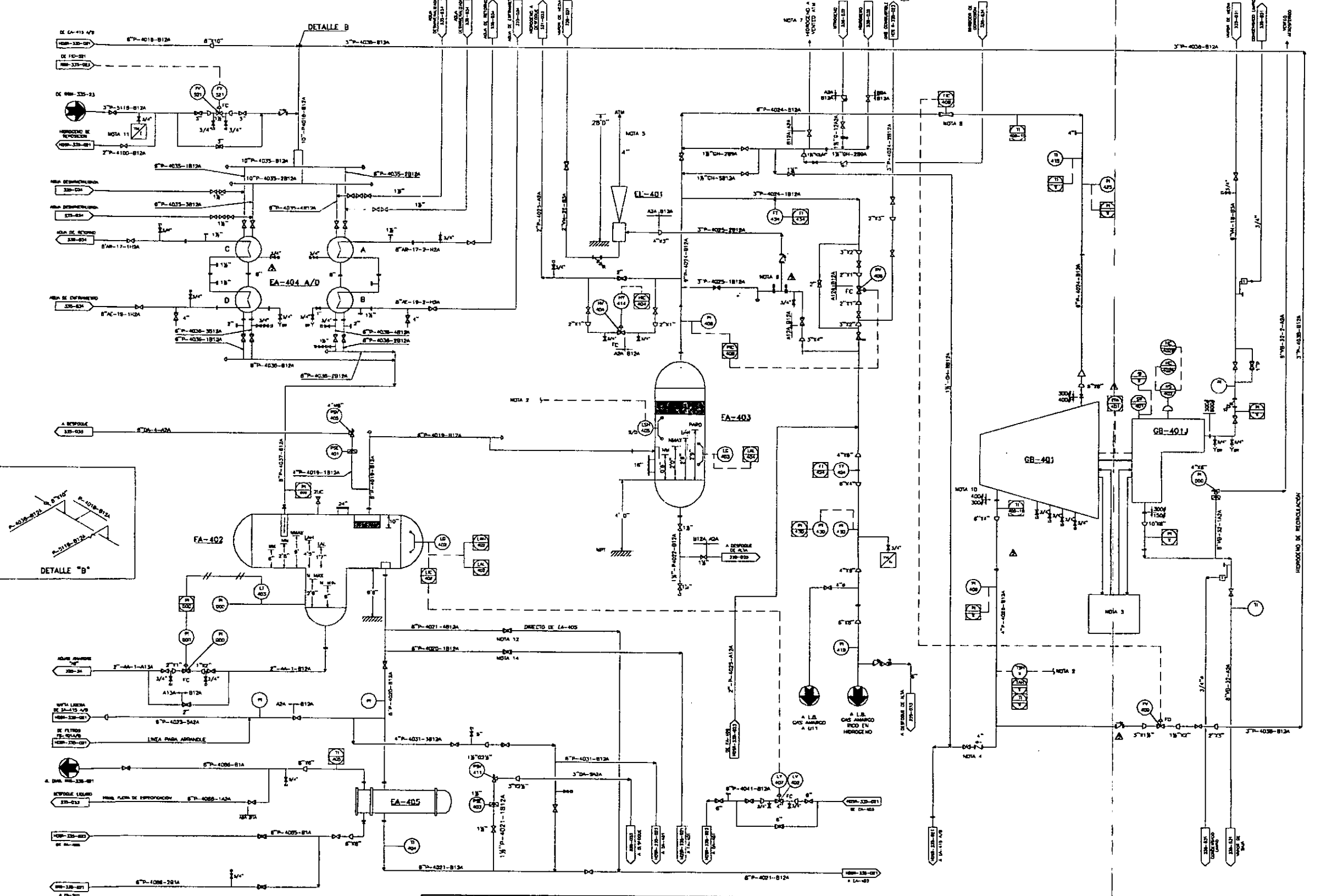
FA-402
TANQUE DE REFINADO
DE PRODUCTO
DESULFURADO
7'-0" DIA X 1'-0" TI

EA-405
PRECALENTADOR DE OLEA
A TORRE DESULFURADORA
19.40 MM STU/M

FA-403
TANQUE DE REFINADO
COMPLETO DE
RECULACION
7'-0" DIA X 7'-6" TI

EE-401
ELECTOR DE PLAMA

GB-401
COMPRESOR DE
RECULACION
DE HIDROGENO
750-8HP



- NOTAS**
1. PARA NOTAS GENERALES CONSULTAR EL INVENTARIO GENERAL DE TUBERIAS Y SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION VER BORRADOR No. 335-020
 2. SISTEMA DE PUNTO PARA EL COMPRESOR GB-401 POR ALTA TEMPERATURA OPERACIONES VIBRACION ALTA Y/O BAJA, COMO VELOCIDAD BAJA, PRESION INSUFICIENTE EN COMPRESIONES, FALTA DE ANE, ETC.
 3. PAQUETE DE SELLO Y LUBRICACION CON ALARMA DE BAJA PRESION DE ACEITE DE ARRANQUE DE BOMBAS DE RELIEVO ETC EN CASO DE LUBRICACION.
 4. VALVULA CHECK DE CONTRAPESO AUTOMATICO CON PALANCA.
 5. ORIFICIO DE 3" EN BOMBE DE VUELTA EL TUBO.
 6. DESCONECTARLO CUANDO NO ESTE EN USO.
 7. LOCALIZAR FUERA DE LA CASA DE COMPRESORES Y EN LINEAS SECUNDARIAS.
 8. TUBO BALL.
 9. BRACHES Y VENTOS QUE NO ESTEN IDENTIFICADOS DEBERAN SER 8/4".
 10. CABLE PARA SERVICIOS DEL GB-401
 11. LOCALIZAR LA VALVULA DE BLOQUEO CERCA A SV-403 (VER BORRADOR No. 335-021)
 12. LOCALIZAR LA VALVULA DE BLOQUEO DE SA FORMAS QUE SEA VISIBLE EL TI CORRESPONDIENTE.
 13. TODOS LOS INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA DEBERAN SER BUDADOS.
 14. LOCALIZAR LA VALVULA DE SA FORMAS QUE SEA VISIBLE (A-402)

- REVISION**
1. SE AÑADIAN LAS NOTAS 11, 12, 13 Y 14. SE AÑADIERON LAS LINEAS 6" P-4020-1812A, 6" P-4021-4812A, 6" P-4022-3812A, 6" P-4023-3812A, 6" P-4024-3812A, 6" P-4025-2812A.
 2. SE AÑADIO EL P-4030. LA VALVULA P-4030 PASA A SER P-4031 Y RECIBE SEÑAL DEL DIB. 1075-00023. LA P-4030 PASA A SER P-4032. LA P-4031 PASA A SER P-4033 Y EL T-4030 PASA A SER P-4034. SE AÑADIERON TOMAS DE MUESTRA EN 6" P-4035A Y 6" P-4036A.
 3. SE HICIERON CAMBIOS EN LA LINEA P-4024-1 DE ACUERDO AL ISOMETRICO SE PUSO EXPANSION DE 3" A 4" EN LA P-4025-1. SE ELIMINO LA 3" P-4025-2B12A.
 4. SE AÑADIO CONEXION PARA MANOMETRO CON DOBLE BLOQUEO EN ENTRADA Y SALIDA DE SA-404 A/2.

- REVISION**
1. SE ELIMINO EL FA-404, CA-405/A, FA-403, CA-406/A Y EL EA-405 CON SUS RESPECTIVAS LINEAS.

NUM.	REVISION	DESCRIPCION	FECHA	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
7	REVISION GENERAL PARA ANALISIS DE REVISION		JUN-2000			
3-6	VER LISTA DE CAMBIOS REV. 3 - 6					
2	MODIFICACION PARA CONSTRUCCION		AG-1974			
1	PARA APROBACION		AG-1974			
0	PRELIMINAR		JUN-1974			

UNAM UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA COM. E. LAB. 212

DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION
UNIDAD HIDROSULFURADORA DE NAFTAS
SECCION DE COMPRESION

CAP. UNIDAD: 26,500 OPD
SECCION/AREA: COMPRESION
REV. 7

SIMBOLOGIA DE VALVULAS, ACCESORIOS E INSTRUMENTACION

CLAVE:	SIMBOLOGIA DE EQUIPO EN GENERAL	CLAVE:	SIMBOLOGIA DE EQUIPO EN GENERAL	CLAVE:	SIMBOLOGIA DE EQUIPO EN GENERAL	NOTAS:
AT1	TAPON HEMBRA	AT23	BRIDA	AT43	MANGUERA FLEXIBLE	1.- CUANDO LA FIGURA O BRIDA OCHO TIENE EL CIRCULO SOLIDO EN LA PARTE SUPERIOR SIGNIFICA QUE ESTA EN OPERACION 2.-EL TAMAÑO DE LETRA PARA LA FLECHA DE ENTRADA O SALIDA SERA DENTRO ROMANS .16 Y FUERA DE LA FLECHA SERA ROMANS .18
AT2	BRIDA 6	AT24	ROTAMETRO HORIZONTAL	AT44	LIMITE DE BATERIA	
AT3	BRIDA CON PLACA CIEGA	AT25	FLECHA DE ENTRADA O SALIDA (S/NOTAS)	AT45	CORTE DE TUBERIA	
AT4	FILTRO TIPO Y C/VALVULA	AT26	ROTAMETRO VERTICAL	AT46	AISLAMIENTO O SECCION DE TUBERIA	
AT5	FILTRO TIPO Y	AT27	BRIDA DE ORIFICIO	AT47	PIEZA SPOOL	
AT6	FILTRO TIPO T	AT28	TUBO PITOT	AT48	CODO BRDADO	
AT7	MONITOR VS INCENDIO ELEVADO	AT29	TUBO PITOT	AT49	VENTED O PURGA SIN TAPON	
AT8	MONITOR VS INCENDIO	AT29	MEDIDOR DE TUBERIA	AT50	CONEXION DE MUESTREO	
AT9	HIDRANTE	AT30	MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	AT51	VALVULA DE COMPUERTA CERRADA	
AT10	FLECHA DE FLUJO	AT31	MEDIDOR MAGNETICO	AT52	TRAMPA TERMODINAMICA	
AT11	CORTE DE LINEA	AT32	DISCO DE RUPTURA PARA ALMO	AT53	SILENCIADOR	
AT12	TOMA DE MUESTRA	AT33	DISCO DE RUPTURA PARA VACIO	AT54	EYECTOR	
AT13	DRENAJE	AT34	FIGURA OCHO LINEA BLOQUEADA	AT55	FILTRO DE CARTUCHO	
AT14	BRIDA CIEGA	AT35	INDICACION DE CORRIENTE	AT56	JUNTA DE EXPANSION	
AT15	VENTURI	AT36	NUMERO DE REVISION	ADP	LINEA QUE CRUZA EL LIMITE DE BATERIAS	
AT16	JUNTA CIEGA	AT37	DRENAJE CON CORRIENTE (QUIMICO CERRADO)	AT57	CONEXION DE MUESTREO CON ENFRIADOR	
AT17	DETECTOR DE GAS	AT38	TRAMPA TERMODINAMICA			
AT18	REDUCCION CONCENTRICA	AT39	TRAMPA TERMODINAMICA CON NUMERO			
AT19	REDUCCION EXCENTRICA	AT40	CONEXION DE MUESTREO			
AT20	REDUCCION EXCENTRICA	AT41	CONEXION DE MUESTREO CON ENFRIADOR			
AT21	REDUCCION EXCENTRICA	AT42	JUNTA DE EXPANSION			
AT22	REDUCCION EXCENTRICA					

REV.	DESCRIPCION:	ELEABORO	REVISO	APROBO	FECHA
0	PARA INFORMACION	RGP	CCG	MAJCG	7/DIC-99
1	SE ANEXAN NUEVOS SIMBOLOS				8/FEB/2000
2	SE ANEXAN NUEVOS SIMBOLOS	MAGP/OLT	CEGL		2/AGO/2000

UNAM

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE QUIMICA CONJ. E. LAB. 212
 C. UNIVERSITARIA COYOACAN, MEXICO D.F.

SIMBOLOGIA PARA VALVULAS Y ACCESORIOS DE TUBERIA PARA LA ELABORACION DE TUBERIA E INSTRUMENTACION	DIAGRAMA No. DS-03-INS	REV. 1
--	-------------------------------	--------

ACOT. ESC. FECHA: 7 DE DICIEMBRE DE 1998.

SIMBOLOGIA DE BLOQUES DE NOMBRES DE VALVULAS, ACCESORIOS E INSTRUMENTACION

CLAVE:	VALVULAS	CLAVE:	VALVULAS	CLAVE:	VALVULAS	CLAVE:	INSTRUMENTACION	CLAVE:	INSTRUMENTACION	CLAVE:	NOTAS:
V1	MACHO NO LUBRICADA	V24	VAL M CON BRIDA B EN OPERACION	V47	REGULADOR - REDUCTOR DE PRESION CON TOMA DE PRESION EXTERNA	C1	TAG NUM INDIC INDICADOR DE CAMPO	D1	INSTRUMENTO CONTROLADOR EN PLANTILLA O OTRO ELEMENTO CON AJUSTE ACCESIBLE AL OPERADOR		<p>1.- EL TAMAÑO DE LETRA PARA ESTA FLECHA SERA ROMANS DE 0.18 Y SE USARA EL BLOQUE SOLO PARA DFPs.</p> <p>2.- EL TAMAÑO DE LETRA DE LAS VALVULAS ES DE .1800 ROMANS, SI NO SELEDA EL DIAMETRO A LAS VALVULAS APARECERA SOLO LA VALVULA Y NO APARECE EL TEXTO.</p> <p>3.- EL COMANDO PARA CORREGIR EL TEXTO YA INSERTADO O PARA CORREGIR LA POSICION DEL DIAMETRO ES ATTEMT, LE DAS ENTER, HASTA ATRIBUTOS.</p> <p>4.- SI EN UN BLOQUE NO SE LE DA LAS ESPECIFICACIONES, EL BLOQUE APARECE SIN ELLAS O SEA EL PUNO ESQUELETO.</p>
V2	MACHO OPERA CON ENGRANES	V25	VAL M. CON PLACA CIEGA	V48	VAL M CON BRIDA B BLOQUEADA	C2	TAG NUM INDIC INDICADOR EN CAMPO	D2	INSTRUMENTO CONTROLADOR EN PLANTILLA O OTRO ELEMENTO CON AJUSTE ACCESIBLE AL OPERADOR		
V3	MACHO	V26	VAL COMP. CON PLACA CIEGA	V49	VAL COMP. CON BRIDA B BLOQUEADA	C3	TAG NUM INDIC INDICADOR EN TABLERO O CONSOLA	D3	INSTRUMENTO CONTROLADOR EN PLANTILLA O OTRO ELEMENTO CON AJUSTE ACCESIBLE AL OPERADOR		
V4	MACHO BRIDADA	V27	VAL VENTEO C/ TAPON HEMBRA 3/4"	V50	VAL COMP. MOTORIZADA	C4	TAG NUM INDIC INDICADOR EN TABLERO O CONSOLA	D4	INTERFACE AUXILIAR AL OPERADOR POR EJEMPLO: BACKUP DE UN CONTROLADOR O UNA ESTACION MANUAL		
V5	MACHO DE COMPUERTA	V28	VAL CON TAPON MACHO	V51	VAL DE BOLO MOTORIZADA	C5	TAG NUM INDIC INSTRUMENTO EN TABLERO LOCAL	D5			
V6	MACHO DE COMPUERTA BRIDADA	V29	VAL COMP. DE DRENAJE 3/4" TU DR	V52	VAL DE MARIPOSA MOTORIZADA	C6	TAG NUM INDIC INS. DETRAS DE UN TABLERO LOCAL	D6	INTERCONEXION LOGICA COMPLEJA		
V7	MACHO DE GLOBO BRIDADA	V30	VAL COMP. TOMA DE MUESTRA 3/4" TU DR			C7	TAG NUM INDIC INSTRUMENTO MONTADO EN BACK O DETRAS DE INTERFACE DE OBTENIENDA	D7	CONTROLADOR LOGICO SECUENCIAL ACCESIBLE AL OPERADOR		
V8	CHECK	V31	VAL DE VENTEO O PURGA 3/4"			C8	TAG NUM INDIC INSTRUMENTO CON FUNCION DUAL	D8	CONTROLADOR LOGICO SECUENCIAL ACCESIBLE AL OPERADOR		
V9	DE BOLA	V32	VAL DE CONTROL DE RECIRCULACION AUTOMATICA			AD1	PI 00-000 INTEGRADOR O REGISTRO ACCESIBLE AL OPERADOR	D9	CONEXION PARA CONTROLADOR LOGICO SECUENCIAL		
V10	VALVULA DE GLOBO	V33	VAL AUTOOREHABLE			AD2	PI 00-000 INTERFACE DE ENTRADA O SALIDA	D10	FUNCION DE CONTROL AVANZADO PARA PROCESO		
V11	DE BOLA CON MANERAL	V34	VAL DE NO RETORNO			AD3	PI 00-000 INTERFACE DE ENTRADA O SALIDA	D11	CONTROLADOR LOGICO SECUENCIAL ACCESIBLE AL OPERADOR		
V12	DE MARIPOSA	V35	VAL DE CONTROL DE OPERACION MANUAL			E1	PSV 000 IDENTIFICADOR DE PSV				
V13	DE BOLA CON MANERAL VAL DE ALVINO	V36	CONTROL MARIPOSA			E2	PSE 000 DISCO DE RUPTURA				
V14	VAL DE TRES VAS BRIDADA	V37	COMBINACION DE VENTEO ALVINO			E3	TSE 000 ELEMENTO DE TEMPERATURA				
V15	VAL DE TRES VAS	V38	CONTROL DE TRES VAS								
V16	VAL DE CUATRO VAS BRIDADA	V39	CONTROL DE ANGULO								
V17	VAL DE CUATRO VAS	V40	VAL CHECK BRIDADA								
V18	DE ANGULO	V41	VAL DE AGUA								
V19	VAL SOLENOIDE	V42	REGULADOR - REDUCTOR DE PRESION CON TOMA DE PRESION INTEGRAL CORRIENTE A BAJO								
V20	VAL DE CONTROL DE COMPUERTA	V43	VAL DE GLOBO								
V21	VAL DE AGUA	V44	VAL M. CON BRIDA B BLOQUEADA								
V22	VAL CON BRIDA CIEGA	V45	VAL COMP. CON BRIDA B BLOQUEADA								
V23	VAL COMP CON BRIDA B EN OP.N	V46	REGULADOR - REDUCTOR DE PRESION CON TOMA DE PRESION INTEGRAL CORRIENTE A BAJO								

REV.	DESCRIPCION	ELEABORO	REISO	APROBO	FECHA
0	PARA INFORMACION	RCP	CCG	MJCC	7/DIC-99
1	SE ANEXAN NUEVOS SIMBOLOS				
2	SE ANEXAN NUEVOS SIMBOLOS	OLT/MAGP			2/MAYO/2000

UNAM

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA CONJ. E. LAB. 212
DESCRIPCION C. UNIVERSITARIA COYOACAN, MEXICO D.F.

SIMBOLOGIA PARA VALVULAS Y ACCESORIOS DE TUBERIA PARA LA ELABORACION DE DTI's Y DFP's MINATITLAN VER.

DIAGRAMA No. DS-03-INS



BLIBLIOGRAFÍA





BLIBLIOGRAFÍA.

1. Noll K.E., Miller T.L., "Air Monitoring Survey Design", Ann Arbor Science, Michigan, 1977.
2. O.I.E.A., "Dispersión Atmosférica en Relación con el Emplazamiento de Centrales Nucleares: Guía de Seguridad", STI/PUB/549, Viena, 1982.
3. Turner D.B., "Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates", Environmental Protection Agency, Office of Air Programs, Research Triangle Park, North Carolina, 1970.
4. Mery P., Deniau R., "Les Moyens d'Estimation de la Dispersion des Polluants `a l'Aval des Cheminées Industrielles", E.D.F., Bulletin de la Direction des Etudes et Recherches, Serie A-Nucleaire, Hydraulique, Thermique, No. 3., pp. 5-64, 1972.
5. Pasquill F., "Atmospheric Diffusion: The Dispersion of Windborne Material from Industrial and Other Sources", Ellis Horwood Lt., 2nd. Edition. New York, 1974.
6. Perkins H.C., "Air Pollution", McGraw Hill KogaLusha Ltd., Tokio, 1974.
7. Environmental Protection Agency, "Accidental Episode Manual", Office of Air Programs, Research Triangle Park, North Carolina, 1972.
8. S.E.D.U.E., "Guía Metodológica para la Evaluación del Riesgo Derivado del Uso Antagónico del Suelo", México 1985.
9. U.S. Nuclear Regulatory Commision, "Methods for Estimating Atmospheric Transport and Dispersion of Gaseous Effluents in Routine Releases from Light-Water Cooled Reactors", Regulatory Guide I.III., U.S.A., July 1977.



10. Ludwig F.L., Gasiorek L.S., Ruff R.E., "Simplification of a Gaussian Puff Model for Real-Time Minicomputer Use", *Atmos. Environ.*, Vol. II, pp. 431-436, 1977.
11. Lees F., "Loss Prevention in the Process Industries", Vols.1-2, Butterworths, London, 1985. 1-2, Butterworths, London, 1985.
12. Factory Mutual Systems, "Handbook of Industrial Loss Prevention", 2nd. Edition, McGraw Hill, New York, 1967.
13. NIOSH/OSHA, "Pocket Guide to Chemical Hazards", U.S. Dept. of Health and Human Services-U.S. Dept. of Labor, U.S.A., September 1978.
14. Perry R.H., Chilton C.H., "Chemical Engineer's Handbook", Fifth Edition, McGraw Hill KogaLusha Ltd., Tokio, 1973.
15. Reid R.C., Sherwood T.K., "Propiedades de los Gases y Líquidos: Su estimación y Correlación". Primera Edición en Español, U.T.E.H.A., 1968.
16. Crawford M., "Air Pollution Control Theory", McGraw Hill Inc, U.S.A., 1976.
17. Devenport S.A., "A Survey of Vapour Cloud Incidents", CEP, September 1977, pp. 54-62, 1977.
18. Dawson V.C.D., "Safety and Safety Codes", en *High Pressure Technology*, Vol. I, Edits. Spain I.L. Paauwe J., Marcel Dekker Inc., New York, 197782.533.
19. Santamaria Ramiro, J.M. *Análisis y Reducción de Riesgos en la Industria Química*, Fundación MAPFRE, España, 1994.
20. Taller de Análisis de Riesgos y Operabilidad. UNAM-Facultad de Química (1999).



21. Norma Oficial Mexicana 114. Sistemas para la Identificación y Comunicación de Riesgos por Sustancias Químicas en los Centros de Trabajo, 1994.
22. National Fire Protection Association (NFPA). Fire Hazards Properties of Flammable Liquids, Gases and Volatile Solids. Standard 325 M Quincy Massachusetts 1990.
23. American Institute Chemical Engineer. Curso de Análisis de Riesgos y Operabilidad HazOp. Aiche. (1998).
24. Robert C. Weast, Ph. D. Handbok of Chemistry and Physics. The Chemical Rubber Publishing CO. Forty – Seventh Edition.