

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA PETROLERA



PROYECTO DE GRADO

**“ANALISIS Y PREVENCION DE RIESGOS EN EL ALMACENAJE
DE HIDROCARBUROS, APLICANDO EL METODO HAZOP”**

POSTULANTE: UNIV. TICONA CONDORI ALEJANDRA MARY

TUTOR: MSc. ING. MONTESINOS MONTESINOS MARCO A.

LA PAZ – BOLIVIA

2021



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer primeramente a Dios, por permitirme finalizar esta etapa de mi vida, y darme la sabiduría para culminar de manera exitoso el presente trabajo.

Al plantel Docente de la carrera de Ingeniería Petrolera de la Universidad Mayor de San Andrés, especialmente a mi asesor Msc. Ing. Marco Antonio Montesinos Montesinos por las enseñanzas brindadas y todo su apoyo, en el desarrollo del presente trabajo.

A mis padres y a toda mi familia por el apoyo que me ha dado en todo momento y a todos mis amigos que durante el transcurso de mis estudios me apoyaron de manera incondicional.

Gracias

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a Dios y a mis padres Javier y Verónica, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mí de más familia que me brindo incondicionalmente todo el apoyo.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA	II
LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE TABLAS.....	VII
RESUMEN EJECUTIVO.....	VIII
1. GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3.1. Identificación del problema	3
1.3.2. Formulación del problema.....	5
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. Objetivo General.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos	5
1.5. JUSTIFICACIÓN	6
1.6. ALCANCE.....	6
1.6.1. Alcance temático.	6
1.6.2. Alcance geográfico.....	7
2. METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	8
2.1. INTRODUCCIÓN	8
2.2. RIESGOS.....	8
2.2.1. Definición.....	8
2.2.2. Clasificación de riesgos	9
2.2.3. Riesgos físicos	9
2.2.4. Riesgos químicos.....	9
2.2.5. Riesgos biológicos.....	10
2.2.6. Riesgos ergonómicos.....	10
2.2.7. Riesgos psicosociales.	11
2.2.8. Riesgos Mecánicos	11

2.3.	MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.....	11
2.3.1.	Métodos cualitativos.....	11
2.3.2.	Métodos comparativos.....	17
2.3.3.	Métodos generalizados	20
2.3.4.	Métodos cuantitativos.....	27
2.3.5.	Métodos semicualitativos - índices de riesgos	28
2.4.	MATRIZ DE RIESGOS	33
2.5.	CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD.....	34
2.6.	DETERMINACIÓN DE CONSECUENCIAS Y SEVERIDAD	34
2.7.	FRECUENCIA/ SEVERIDAD.....	37
2.7.1.	Frecuencia.....	37
2.7.2.	Severidad	38
3.	METODOLOGIA HAZOP	39
3.1.	INTRODUCCIÓN	39
3.1.1.	Riesgo potencial y problemas de operación.	42
3.1.2.	Desviaciones del intento del diseño.....	42
3.2.	CONCEPTOS BÁSICOS	43
3.2.1.	Palabras clave	44
3.3.	PALABRAS PRIMARIAS	44
3.3.1.	Palabras secundarias.....	46
3.4.	METODOLOGÍA DEL ESTUDIO HAZOP.....	48
3.5.	TRABAJO DE PREPARACIÓN DEL ANÁLISIS HAZOP	51
3.5.1.	Recolección de datos	52
3.5.2.	Comprensión del tema	52
3.5.3.	Subdividir la planta y planear la secuencia	53
3.5.4.	Marcar los planos.....	54
3.5.5.	Seleccionar una lista de palabras claves adecuadas.....	55
3.5.6.	Preparación de la agenda de trabajo y encabezados de la tabla.....	56
3.5.7.	Preparación del calendario de actividades.....	56
3.5.8.	Selección del grupo de trabajo.....	57
3.6.	ANÁLISIS HAZOP	57
3.7.	EL REPORTE.....	60

3.8.	ARCHIVO DE ACCIONES.....	61
4.	APLICACIÓN PRÁCTICA.....	63
4.1.	LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS SAN JOSÉ DE CHIQUITOS	63
4.2.	DESCRIPCION DEL AREA DE ALMACENAMIENTO	64
4.2.1.	Área de tanques	64
4.2.2.	Tanques.....	64
4.2.3.	Sistemas de seguridad industrial de tanques de combustibles líquidos.....	66
4.3.	ENFOQUE DEL ANÁLISIS.....	67
4.4.	REGISTRO DE LOS DATOS DEL PROYECTO.....	67
4.4.1.	Nombre de la Instalación.....	68
4.4.2.	Características del terreno	68
4.4.3.	Los productos que se almacena	68
4.5.	CREACIÓN DE NODOS.....	68
4.6.	PARÁMETROS.....	69
4.7.	INTENCIÓN DEL PARÁMETRO	70
4.8.	COMBINACIONES	71
4.9.	CATEGORIA DE CAUSAS	73
4.10.	CATEGORIA DE CONSECUENCIAS	74
4.11.	CATEGORIA DE SALVAGUARDAS.....	75
4.12.	CATEGORIA DE RECOMENDACIONES.....	76
4.13.	NODOS	77
4.13.1.	Nodo 1. Manifold de distribución, ingreso a tanques.....	77
4.13.2.	Nodo 2. Almacenamiento de productos	82
4.13.3.	Nodo 3. Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas	89
4.14.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	95
4.15.	REPORTE	96
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
5.1.	CONCLUSIONES.....	98
5.2.	RECOMENDACIONES.....	100
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Metodología general para el análisis de riesgos empleando What if?.....	12
Figura 2.2. Metodología general para el análisis de riesgos empleando HAZOP.....	14
Figura 2.3. Diagrama de Ishikawa.....	16
Figura 2.4. Proceso del Análisis Preliminar de Riesgo.....	19
Figura 2.5. Árbol de Fallos.....	21
Figura 2.6. Símbolos Árbol de Fallas.....	22
Figura 2.7. Árbol de Sucesos- lanzamiento de moneda.....	23
Figura 2.8 Ejemplo-Árbol de Sucesos.....	24
Figura 2.9 Proceso para el análisis de modo de falla y efecto.....	25
Figura 2.10 Metodología para la determinación del índice Dow para fuego y explosión.....	30
Figura 2.11. Procedimiento de cálculo.....	31
Figura 2.12 Metodología general para el índice de Mond.....	32
Figura 3.1. Procedimiento de HAZOP.....	41
Figura 4.1. Ubicación de la planta de almacenamiento de hidrocarburos san Jose de Chiquitos.....	63
Figura 4.2. Diagrama de la planta de almacenamiento de hidrocarburos san Jose de Chiquitos.....	64
Figura 4.3 Diagrama Nodo 1. Manifold de distribución, ingreso a tanques.....	77
Figura 4.4. Diagrama Nodo 2. Almacenamiento de productos.....	82
Figura 4.5. Diagrama Nodo 3. Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas.....	91

•

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Formulario de trabajo para análisis FMECA.....	27
Tabla 2.2. Matriz del Riesgo.....	33
Tabla 2.3. Condición del Riesgo.....	34
Tabla 2.4. Escala de severidad para desviaciones al intento de diseño en equipos.....	35
Tabla 2.5. Probabilidad del Riesgo.....	36
Tabla 2.6. Frecuencia.....	37
Tabla 2.7. Severidad.....	38
Tabla 3.1 Guías estándar.....	46
Tabla 3.2 Guías auxiliares para procedimientos.....	47
Tabla 3.3 Guías para procedimientos.....	47
Tabla 3.4 Formato de Hoja de Trabajo.....	48
Tabla 4.1 Tanques de almacenamiento.....	65
Tabla 4.2 Nodos.....	68
Tabla 4.3 Parámetros para cada nodo.....	69
Tabla 4.4 Categorías de causas.....	73
Tabla 4.5 Categorías de consecuencias.....	74
Tabla 4.6 Categorías de salvaguardas.....	75
Tabla 4.7 Categorías de recomendaciones.....	76
Tabla 4.8. Nodo 1- Presión.....	80
Tabla 4.9. Nodo 1-Mantenimiento.....	81
Tabla 4.10 Nodo 2- Presión.....	85
Tabla 4.11 Nodo 2-Mantenimiento.....	86
Tabla 4.12 Nodo 2-Prueba.....	87
Tabla 4.13 Nodo 2-Alivio.....	99
Tabla 4.14 Nodo 3-Flujo.....	92
Tabla 4.15 Nodo 3- Presión.....	93
Tabla 4.16 Nodo 3-Mantenimiento.....	94
Tabla 4.17 Valoración del Riesgo.....	95

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente proyecto de grado se analizará el proceso crítico de almacenamiento de hidrocarburos en la planta de almacenamiento de hidrocarburos líquidos San José de Chiquitos, con el fin de identificar y mitigar los riesgos presentes en él, con base en la metodología HAZOP.

El presente estudio para la propuesta del plan de comunicación está distribuido de la siguiente manera:

En el primer **CAPÍTULO (I)** se describen las generalidades como ser antecedentes, planteamiento del problema, objetivos, justificación y alcance.

El segundo **CAPÍTULO (II)** se lleva a cabo una explicación de los riesgos existentes y las diferentes metodologías para analizarlos y así poder entender el cómo y el porqué de los accidentes laborales.

El tercer **CAPÍTULO (III)** se realiza la explicación del método HAZOP, utilizado para llevar a cabo la tesis, sus ventajas, desventajas y la forma de aplicación.

El cuarto **CAPÍTULO (IV)** se efectúa la aplicación práctica, donde se realiza el análisis HAZOP del área de almacenamiento de hidrocarburos líquidos de la planta San José de Chiquitos.

PALABRAS CLAVE: HAZOP, almacenamiento, riesgos, peligros, seguridad de procesos.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

¿Por qué hay tanta preocupación por la seguridad de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos? La preocupación tiene que ver con el potencial de la industria de accidentes que podrían suceder, por ejemplo, en la tragedia de Bhopal, India, donde, al no tomarse las medidas de precaución apropiadas, el agua a presión que se utilizaba en el proceso entrara en contacto con el gas almacenado dando lugar a una reacción exotérmica que provocó la apertura de las válvulas de seguridad liberando un gas tóxico ocasionando envenenamiento con isocianato de metilo a más de 500.000 personas y varias miles perdieron la vida. Esto hace que se perciban los accidentes con pérdidas de vidas como la mayor tragedia presente en una planta química. El gran potencial de pérdidas de vidas da la percepción de que la industria química es insegura.

Por consiguiente, las regulaciones del Estado en la mayoría de los países han llevado a las industrias a hacer sus operaciones más seguras, mediante estrategias de minimización de riesgos en cada una de las operaciones de sus plantas; esto con el fin de evitar que ocurran accidentes que afecten al ambiente, las personas y la economía de la empresa y, en caso de que ocurran, que las consecuencias sean mínimas.

Es por esto que, desde pequeñas hasta grandes industrias, han llevado a cabo al menos una de estas metodologías en sus procesos y han asimilado dentro de sus políticas internas y su desarrollo diario la cultura de la seguridad y de prevención de incidentes. Tanto se han realizado estas metodologías de manera periódica que ya resulta ser una costumbre dentro de los trabajadores de las industrias prevenir entre ellos mismos incidentes, realizando de

manera segura la operación teniendo en cuenta los parámetros bajo los cuales debe operar la planta, realizando sus actividades de manera cautelosa con el fin de evitar accidentes propios, actuando de manera eficiente y eficaz ante una condición insegura y mitigarla, entre otros.

El almacenamiento de hidrocarburos se define como un proceso crítico por la naturaleza y los peligros que representa trabajar con ellos. En este trabajo se estudia el almacenamiento de hidrocarburos y los riesgos que este proceso implica para la empresa, el ambiente y sus trabajadores, aplicando la metodología HAZOP como estrategia para mitigar tales riesgos haciendo más seguro este proceso. Por esto, fue necesario identificar las corrientes asociadas al proceso, diagramas de procesos, hojas de datos de seguridad del hidrocarburo, instrumentos asociados al tanque de almacenamiento y equipos menores circundantes para la recolección de datos.

Para el desarrollo de la metodología HAZOP fue pertinente identificar las variables críticas implicadas y de qué manera estas podrían representar un riesgo en su operación, estableciendo con qué frecuencia podían alterarse estas variables, a causa de qué, las posibles consecuencias de estas alteraciones y qué recomendaciones se dan para cada una de ellas.

1.2. ANTECEDENTES

El método HAZOP o AFO (Análisis Funcional de Operatividad) nació en 1963 en la compañía ICI (Imperial Chemical Industries), en una época en que se aplicaba en otras áreas las técnicas de análisis crítico. Estas técnicas consistían en un análisis sistematizado de un problema a través del planteamiento y respuestas a una serie de preguntas (¿cómo?, ¿cuándo?, ¿por qué?, ¿quién?, etc.). La aplicación de estas técnicas al diseño de una planta química nueva puso de manifiesto una serie de puntos débiles del diseño.

El método se formalizó posteriormente y ha sido hasta ahora ampliamente utilizado en el campo químico y petrolero como una técnica particularmente apropiada a la identificación de riesgos en una instalación industrial.

El HAZOP o AFO (Análisis Funcional de Operatividad) es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los accidentes se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto de los parámetros normales de operación. La característica principal del método es que es realizado por un equipo pluridisciplinario de trabajo.

La técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas “palabras guías”.

La planta de almacenamiento San Jose de Chiquitos está ubicada en la localidad de San Jose de Chiquitos del departamento de Santa Cruz, Provincia Chiquitos a 266 metros sobre el nivel del mar. Con una Longitud de $60^{\circ}43'51.99''$ y con una Latitud de $27^{\circ}50'y36.28''$.

La planta fue terminada de construir el año 2012 y contaba con tres tanques de almacenamiento de líquidos instalada para almacenar gasolina, diésel oil en tres tanques, dos de diésel oil y uno de gasolina, de capacidades:

Tanque 1: de 5000 Bbl para diésel oil

Tanque 2: de 3000 Bbl para diesel oil

Tanque 3: de 3000 Bbl para gasolina especial

Cuya capacidad de diésel oil no es adecuada para abastecer la demanda.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. Identificación del problema

Aproximadamente a partir de la década de los 90's, la industria petrolera inició una era de procesos más complejos. Actualmente, el crecimiento de las industrias depende de los avances tecnológicos, y a su vez estos avances se encuentran ligados a la seguridad de procesos. La seguridad de procesos es una disciplina en el marco del manejo de la integridad de los sistemas operativos y de los procesos que manejan sustancias peligrosas, donde se aplican principios de buenas prácticas de ingeniería (p.ej. diseño, mantenimiento, operación). La seguridad de procesos hace énfasis en la prevención y control de eventos con el potencial de liberar sustancias peligrosas y energía. Tales liberaciones pueden resultar en efectos tóxicos, incendios, explosiones, que pueden provocar muertes, heridos, daño a la propiedad, daño ambiental y pérdida de producción.

Se ha escogido evaluar el funcionamiento de un tanque de almacenamiento de hidrocarburos, identificado como el proceso crítico de estudio, el cual representa un entorno en el que la seguridad de procesos encuentra amplia aplicación. Es un proceso crítico por los riesgos que representa confinar hidrocarburos, lo cual se explica y amplía durante el desarrollo del trabajo.

En una planta de almacenamiento de hidrocarburos pueden estar presentes productos como la gasolina especial, diésel oil; cada uno de estos productos manifiesta riesgos inherentes que deben ser minimizados. El principal riesgo en el almacenamiento o manejo de hidrocarburos, es su explosividad. Los hidrocarburos pueden detonar principalmente si se da uno de los siguientes factores: confinamiento, calentamiento, contaminación, o fuerte impacto. Es incompatible con metales en polvo, materias orgánicas, agentes reductores fuertes y tejidos naturales.

Un accidente a nivel industrial puede generar consecuencias en tres pilares, que son el humano, el ambiental y el económico, afectando a cada uno de manera diferente. En una refinería, un accidente por fuga de hidrocarburos puede tener implicaciones ambientales y humanas leves.

1.3.2. Formulación del problema

¿Qué variables técnicas, operativas, conceptuales, se deben tener en cuenta para analizar mediante la técnica HAZOP, un tanque de almacenamiento de hidrocarburos con el fin de establecer estrategias de minimización de riesgos y operabilidad?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Analizar los riesgos de operabilidad de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos de la planta de almacenamiento San Jose de Chiquitos, teniendo en cuenta las variables operativas, técnicas y conceptuales, mediante la metodología HAZOP, con el fin de establecer estrategias de mitigación de posibles riesgos.

1.4.2. Objetivos Específicos

Identificar riesgos y escenarios de amenaza en los nodos de estudio establecidos con ayuda de la técnica HAZOP.

Evaluar los peligros y operatividad asociados a los tanques de almacenamiento de hidrocarburos en estudio.

Seleccionar un enfoque de mitigación estableciendo las recomendaciones básicas pertinentes de acuerdo a las desviaciones presentes en los nodos y la frecuencia con la que se presentan.

Prevenir los riesgos laborales, tanto los accidentes como las enfermedades profesionales

Evitar daños a los tanques de almacenamiento de hidrocarburos de la planta o a la propiedad.

1.5. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se origina por el reciente interés de ahondar en el tema de seguridad, que ha sido poco estudiado de manera local, regional y nacional. Otra de las razones tiene que ver con la preferencia por el tema tratado dada la afinidad con la línea de investigación seleccionada, la cual es Seguridad Industrial, y el interés por generar un impacto positivo a la seguridad humana, ambiental y financiera.

Actualmente en el país no se presentan accidentes en los procesos químicos a diario, pero cuando estos ocurren el entorno se ve fuertemente afectado debido a la magnitud de estos accidentes que aquejan la integridad del ser humano, el ambiente y el desempeño financiero de las industrias, perturbando la reputación de las industrias del país. Es por esto que es importante aplicar la seguridad de procesos en este campo ya que esta proporciona medidas de mitigación o eliminación de los riesgos que puedan estar presentes en el sector industrial.

A medida que pasa el tiempo las poblaciones cercanas a la planta de almacenamiento de hidrocarburos San Jose de Chiquitos van creciendo y también las necesidades de incrementar el volumen de almacenamiento. Es necesario realizar un análisis de riesgos cada año para así poder mitigarlos de manera pronta y de esta manera no afecte al medio ambiente, al personal de la planta, ni a las poblaciones cercanas.

1.6. ALCANCE.

1.6.1. Alcance temático.

El presente proyecto abarcara el área de almacenamiento de hidrocarburos y seguridad industrial, el trabajo parte desde un punto de vista conceptual ya que se tiene conocimientos

sobre el proceso análisis HAZOP, lo que pretende este proyecto es analizar los riesgos de operatividad de un tanque de almacenamiento de hidrocarburos, teniendo en cuenta las variables operativas, técnicas y conceptual, con el fin de establecer estrategias de minimización de riesgos y operatividad tomando en consideración las sugerencias y/o recomendaciones para su almacenamiento.

1.6.2. Alcance geográfico.

La localización del proyecto será en la planta de almacenamiento de San Jose de Chiquitos está ubicado en el departamento de Santa Cruz, Ingreso a la localidad de San Jose de Chiquitos, kilómetro 1, carretera a Robore (diagonal Estación de Servicio Quiroz).



CAPITULO II

2. METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

En este capítulo se detallan los diferentes métodos para la identificación de riesgos en las industrias.

2.1. INTRODUCCIÓN

En las condiciones de trabajo se sintetiza la forma como la actividad laboral determina la vida humana, en ellas se debe tener en cuenta los factores de riesgos a los cuales está sometido el trabajador, así como los elementos que contribuyen para que una condición riesgosa se convierta en un evento trágico. El ambiente de trabajo es el resultado de la interacción de todas aquellas condiciones y objetos que rodean el lugar y el momento en el cual el trabajador ejecuta su labor. Como aspecto particular de la vida humana, el ambiente del trabajo refleja las condiciones en las que el trabajador debe desempeñar su oficio en una empresa y su ocupación específica en su puesto de trabajo, el cual está determinado por todos los aspectos físicos, químicos, biológicos, tecnológicos, sociales y psicológicos que lo rodean y la ocupación que ejecuta el trabajador, siendo estos aspectos las Condiciones de Trabajo. La calidad del ambiente de trabajo está muy relacionada con los riesgos a los cuales está sometido todo trabajador y la carga de trabajo que debe asimilar. Una adecuada planificación del ambiente del trabajo permite disminuir la carga de trabajo, eliminar muchos riesgos innecesarios, y reducir al mínimo otros, con lo cual se evitan accidentes laborales y se preserva la salud del trabajador.

2.2. RIESGOS

2.2.1. Definición

Es la probabilidad de que suceda un evento, impacto o consecuencia adversos. Se entiende también como la medida de la posibilidad y magnitud de los impactos adversos, siendo la consecuencia del peligro, y está en relación con la frecuencia con que se presente el evento. Es una medida de potencial de pérdida económica o lesión en términos de la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado junto con la magnitud de las consecuencias. (COVENIN 2270:1995)

2.2.2. Clasificación de riesgos

Los riesgos se pueden clasificar en:

- Riesgos Físicos
- Riesgos Químicos
- Riesgos Biológicos
- Riesgos Ergonómicos.
- Riesgos Psicosociales

2.2.3. Riesgos físicos

Su origen está en los distintos elementos del entorno de los lugares de trabajo. La humedad, el calor, el frío, el ruido, etc. pueden producir daños a los trabajadores.

- Ruido.
- Iluminación.
- Vibraciones
- Radiación Ionizante y no Ionizante.
- Temperaturas Extremas (Frío, Calor).
- Radiación Infrarroja y Ultravioleta

2.2.4. Riesgos químicos

Son aquellos cuyo origen está en la presencia y manipulación de agentes químicos, los cuales pueden producir alergias, asfixias, etc.

- Polvos.
- Vapores.
- Líquidos.
- Disolver

2.2.5. Riesgos biológicos.

Los contaminantes biológicos son seres vivos, con un determinado ciclo de vida que, al penetrar dentro del ser humano, ocasionan enfermedades de tipos infecciosos o parasitarios.

Los contaminantes biológicos son microorganismos, cultivos de células y endoparásitos humanos susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad.

Por lo tanto, trata exclusivamente como agentes biológicos peligrosos capaces de causar alteraciones en la salud humana. Son enfermedades producidas por agentes biológicos:

Enfermedades transmisibles que padecen determinada especie de animales, y que a través de ellos, o de sus productos o despojos, se transmiten directa o indirectamente al hombre, como por ejemplo, el carbunco, el tétanos, la brucelosis y la rabia.

Enfermedades infecciosas ambientales que padecen o vehiculan pequeños animales, como por ejemplo, toxoplasmosis, histoplasmosis, paludismo, etc.

Enfermedades infecciosas del personal sanitario. Son enfermedades infecto-contagiosas en que el contagio recae en profesionales sanitarios o en personas que trabajen en laboratorios clínicos, salas de autopsias o centros de investigaciones biológicas, como por ejemplo, la Hepatitis B.

2.2.6. Riesgos ergonómicos.

No existe una definición oficial de la ergonomía. Murrue la definió como "El estudio científico de las relaciones del hombre y su medio de trabajo". Su objetivo es diseñar el entorno de trabajo para que se adapte al hombre y así mejorar el confort en el puesto de trabajo.

Se considera a la ergonomía una tecnología. Tecnología es la práctica, descripción y terminología de las ciencias aplicadas, que consideran en su totalidad o en ciertos aspectos, poseen un valor comercial.

La ergonomía es una ciencia multidisciplinaria que utiliza otras ciencias como la medicina el trabajo, la fisiología, la sociología y la antropometría.

2.2.7. Riesgos psicosociales.

Los factores de riesgo psicosociales deben ser entendidos como toda condición que experimenta el hombre en cuanto se relaciona con su medio circundante y con la sociedad que le rodea, por lo tanto no se constituye en un riesgo sino hasta el momento en que se convierte en algo nocivo para el bienestar del individuo o cuando desequilibran su relación con el trabajo o con el entorno.

2.2.8. Riesgos Mecánicos

Son riesgos producidos por las maquinarias, equipos, herramientas, elementos móviles y cortantes, superficies inapropiadas, elementos de izaje, trabajos especiales; que son los que producen accidentes.

2.3. MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

2.3.1. Métodos cualitativos

2.3.1.1. Listas de Comprobación: Safety check lists

Se utilizan para determinar la adecuación de los equipos, procedimientos, materiales, etc. a un determinado procedimiento o reglamento establecido por la propia organización industrial basado en la experiencia y en los códigos de diseño y operación. Se pueden aplicar en cualquier fase de un proyecto o modificación de la planta: diseño, construcción, puesta en marcha, operación y paradas.

Permite comprobar con cierto detalle la adecuación de las instalaciones y constituye una buena base de partida para complementarlas con otros métodos de identificación que tienen un alcance superior al cubierto por los reglamentos e instrucciones técnicas.

2.3.1.2. Análisis "What if...?": ¿Qué pasaría si...?

Figura 2.1 Metodología general para el análisis de riesgos empleando What if?



Fuente: Risk Analysis in Engineering and Economics, 2003

Consiste en el planteamiento de las posibles desviaciones en el diseño, construcción, modificaciones y operación de una determinada instalación industrial, utilizando la pregunta que da origen al nombre del procedimiento:

"¿Qué pasaría si...?". Requiere un conocimiento básico del sistema y cierta disposición mental para combinar o sintetizar las desviaciones posibles, por lo que normalmente es necesaria la presencia de personal con amplia experiencia para poder llevarlo a cabo.

Se puede aplicar a cualquier instalación o área o proceso: instrumentación de un equipo, seguridad eléctrica, protección contra incendios, almacenamientos, sustancias peligrosas, etc.

Las preguntas se formulan y aplican tanto a proyectos como a plantas en operación, siendo muy común ante cambios en instalaciones ya existentes.

El equipo de trabajo lo forman 2 ó 3 personas especialistas en el área a analizar con documentación detallada de la planta, proceso, equipos, procedimientos, seguridad, etc.

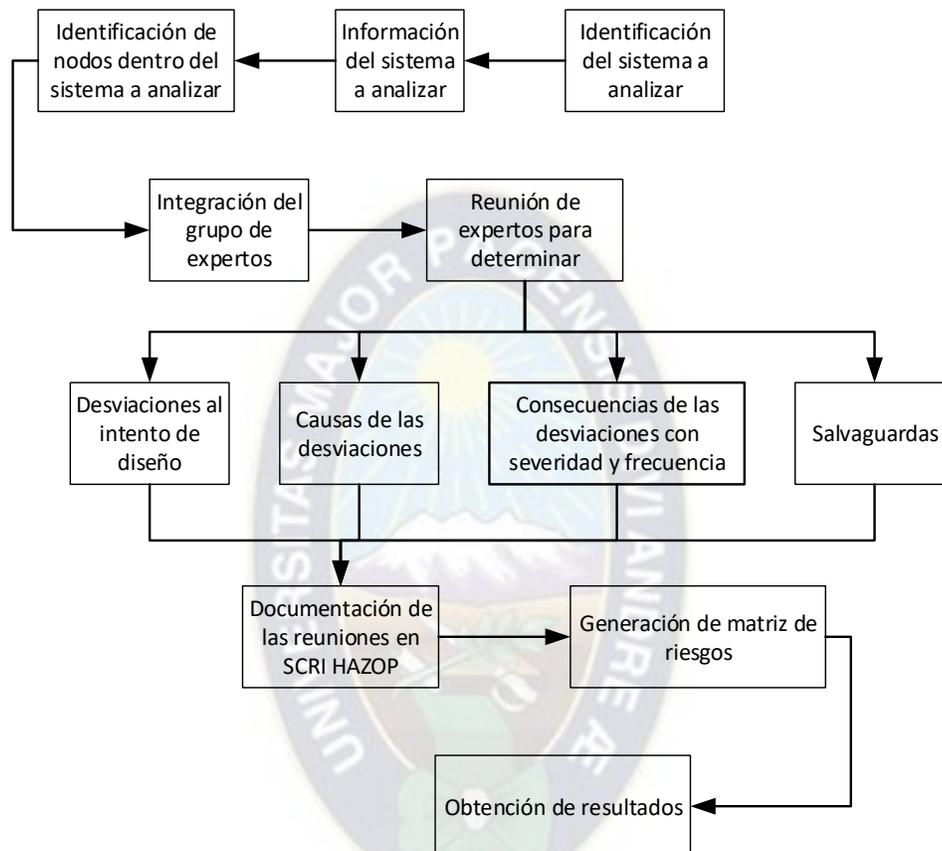
El resultado es un listado de posibles escenarios o sucesos incidentales, sus consecuencias y las posibles soluciones para la reducción o eliminación del riesgo.

2.3.1.3. Análisis Funcional de Operabilidad, HAZOP

El HAZOP es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operabilidad, se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada. Por tanto, ya se aplique en la etapa de diseño, como en la etapa de operación, la sistemática consiste en evaluar, en todas las líneas y en todos los sistemas las consecuencias de posibles desviaciones en todas las unidades de proceso, tanto si es continuo como discontinuo. La técnica consiste en analizar

sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas "palabras guía".

Figura2.2. Metodología general para el análisis de riesgo empleando HAZOP



Fuente: Risk Analysis in Engineering and Economics, 2003

El método surgió en 1963 en la compañía Imperial Chemical Industries, ICI, que utilizaba técnicas de análisis crítico en otras áreas. Posteriormente, se generalizó y formalizó, y actualmente es una de las herramientas más utilizadas internacionalmente en la identificación de riesgos en una instalación industrial.

2.3.1.3.1. Etapas

Las etapas para realizar un análisis de riesgos mediante el método Hazop son las siguientes:

- Definición del área de estudio

Consiste en delimitar las áreas a las cuales se aplica la técnica.

- Definición de los nudos

En cada uno de estos subsistemas o líneas se deberán identificar una serie de nudos o puntos claramente localizados en el proceso.

Cada nudo vendrá caracterizado por variables de proceso: presión, temperatura, caudal, nivel, composición, viscosidad, etc.

- Aplicación de las palabras guía

Las "palabras guía" se utilizan para indicar el concepto que representan a cada uno de los nudos definidos anteriormente que entran o salen de un elemento determinado.

- Definición de las desviaciones a estudiar

Para cada nudo se plantea de forma sistemática todas las desviaciones que implican la aplicación de cada palabra guía a una determinada variable o actividad. Para realizar un análisis exhaustivo, se deben aplicar todas las combinaciones posibles entre palabra guía y variable de proceso, descartándose durante la sesión las desviaciones que no tengan sentido para un nudo determinado.

- Sesiones HAZOP

Las sesiones HAZOP tienen como objetivo la realización sistemática del proceso descrito anteriormente, analizando las desviaciones en todas las líneas o nudos seleccionados a partir de las palabras guía aplicadas a determinadas variables o procesos. Se determinan las posibles causas, las posibles consecuencias, las respuestas que se proponen, así como las acciones a tomar.

- Informe final

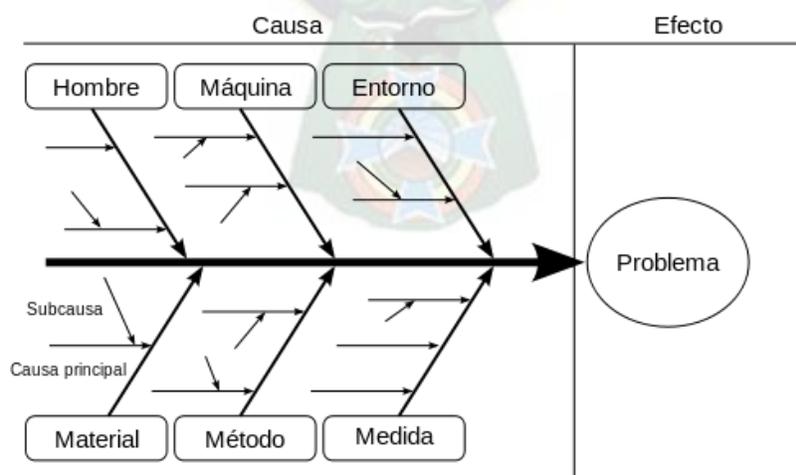
El informe final consta de diferentes documentos con toda la información obtenida después del estudio realizado en la planta como formatos de recogida de las sesiones, entre otros.

2.3.1.4. Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa Efecto

El Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa Efecto (conocido también como Diagrama de Espina de Pescado dada su estructura) consiste en una representación gráfica que permite visualizar las causas que explican un determinado problema, lo cual la convierte en una herramienta de la Gestión de la Calidad ampliamente utilizada dado que orienta la toma de decisiones al abordar las bases que determinan un desempeño deficiente

La estructura del Diagrama de Ishikawa es intuitiva: identifica un problema o efecto y luego enumera un conjunto de causas que potencialmente explican dicho comportamiento. Adicionalmente cada causa se puede desagregar con grado mayor de detalle en subcausas. Esto último resulta útil al momento de tomar acciones correctivas dado que se deberá actuar con precisión sobre el fenómeno que explica el comportamiento no deseado.

Figura 2.3. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Risk Analysis in Engineering and Economics, 2003

2.3.2. Métodos comparativos

Se basan en la utilización de técnicas obtenidas de la experiencia adquirida en equipos e instalaciones similares existentes, así como en el análisis de sucesos que hayan ocurrido en establecimientos parecidos al que se analiza. Principalmente son cuatro métodos los existentes:

- Manuales técnicos o códigos y normas de diseño
- Análisis histórico de accidentes
- Análisis preliminar de riesgos o PHA

2.3.2.1. Manuales Técnicos. Códigos y Normas de Diseño

Los manuales internos de carácter técnico especifican las características de diseño, instalación, operación y utilización de los equipos existentes en un determinado establecimiento. La elaboración de estos manuales se debe basar en las normas y los códigos internacionales y nacionales de diseño. Para completar el análisis, se deben realizar periódicamente auditorías de seguridad que permitan juzgar el estado de los materiales, procedimientos, operaciones, emergencias que se han establecido.

Las normas y los códigos de diseño son elaboradas por organismos internacionales de reconocido prestigio en el campo de la normalización. A nivel mundial, la organización internacional más importante es la International Organization for Standardization, ISO.

En Europa, cada país ha establecido un sistema de normalización de carácter oficial o semioficial. Las más importantes son las siguientes:

- España: Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR. Elabora las normas UNE a partir de las ISO u otras.
- Alemania: Normas DIN. Normas VDI/VDE, Verein Deutscher Ingenieure.
- Reino Unido: British Standards, BS.

En Estados Unidos de América, existen varias organizaciones gubernamentales y privadas que se dedican a la elaboración de normas:

- American National Standards Institute, ANSI.
- American Society for Testing and Materials, ASTM.
- American Petroleum Institute, API.
- National Fire Protection Association, NFPA.
- American Society of Mechanical Engineers, ASME

2.3.2.2. Análisis Histórico de Accidentes.

Consiste en el estudio de los accidentes registrados en el pasado en plantas similares o con productos idénticos o de la misma naturaleza que los que estamos analizando. La principal ventaja radica en que se refiere a accidentes que ya han ocurrido, por lo que el establecimiento de hipótesis de posibles accidentes se basa en casos reales. No obstante, en los bancos de datos existentes, no se cubren todos los casos posibles, sino sólo los que se han dado, además de que los datos de que dispone pueden no ser completos.

Se basa en diferentes tipos de informaciones:

- Bibliografía especializada
- Bancos de datos informatizados de accidentes

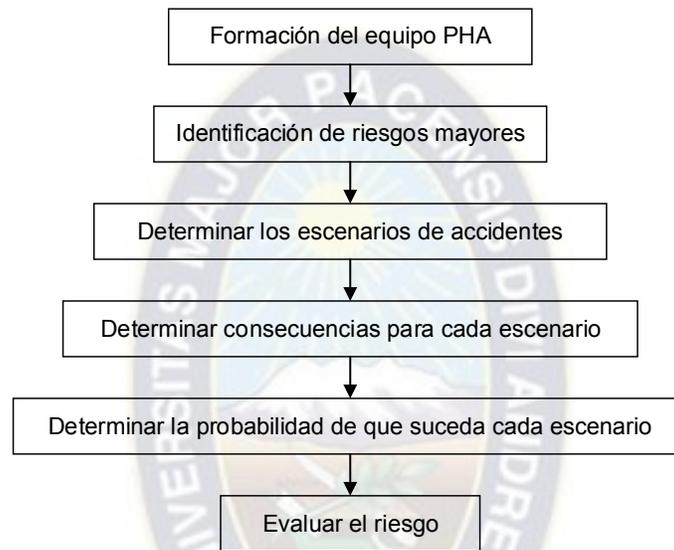
Existen numerosos bancos de datos internacionales de accidentes.

- Registro de accidentes/incidentes de la propia empresa

- Informes de otros accidentes ocurridos

2.3.2.3. Análisis Preliminar de Riesgos (APR): Preliminary Hazard Analysis (PHA)

Figura 2.4. Proceso del Análisis Preliminar de Riesgo



Fuente: Risk Analysis in Engineering and Economics, 2003

Desarrollado inicialmente por las Fuerzas Armadas USA, fue el precursor de análisis más complejos y es utilizado únicamente en la fase de desarrollo de las instalaciones y para casos en los que no existen experiencias anteriores, sea del proceso o del tipo de instalación.

Selecciona los productos peligrosos existentes y los equipos principales de la planta y revisa los puntos en los que se piensa que se pueda liberar energía de forma incontrolada en: materias, equipos de planta, componentes de sistemas, procesos, operaciones, instalaciones, equipos de seguridad, etc.

Los resultados del análisis incluyen recomendaciones para reducir o eliminar estos peligros, siempre de forma cualitativa.

Requiere relativamente poca inversión en su realización (2 ó 3 personas con experiencia en seguridad, códigos de diseño, especificaciones de equipos y materiales), por lo que es adecuado para examinar los proyectos de modificaciones o plantas nuevas en una etapa inicial.

2.3.3. Métodos generalizados

Los métodos generalizados de análisis de riesgos, se basan en estudios de las instalaciones y procesos mucho más estructurados desde el punto de vista lógico-deductivo que los métodos comparativos.

Normalmente siguen un procedimiento lógico de deducción de fallos, errores, desviaciones en equipos, instalaciones, procesos, operaciones, etc. que trae como consecuencia la obtención de determinadas soluciones para este tipo de eventos.

Existen varios métodos generalizados. Los más importantes son:

- Análisis de árbol de fallos, FTA
- Análisis de árbol de sucesos, ETA
- Análisis de modo y efecto de los fallos, FMEA

2.3.3.1. Análisis por Árbol de Fallos, AAF: Fault tree analysis, FTA

Es una técnica deductiva que se centra en un suceso accidental particular (accidente) y proporciona un método para determinar las causas que han producido dicho accidente.

El hecho de su gran utilización se basa en que puede proporcionar resultados tanto cualitativos mediante la búsqueda de caminos críticos, como cuantitativos, en términos de probabilidad de fallos de componentes.

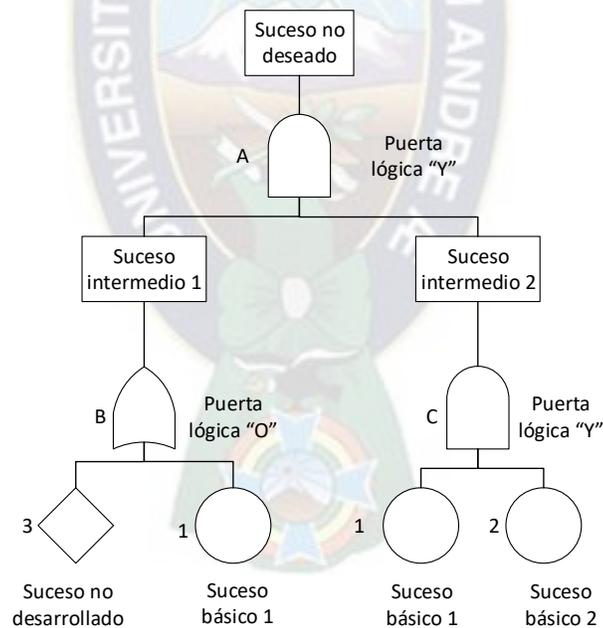
Para el tratamiento del problema se utiliza un modelo gráfico que muestra las distintas combinaciones de fallos de componentes y/o errores humanos cuya ocurrencia simultánea es

suficiente para desembocar en un suceso accidental. Consiste en descomponer sistemáticamente un suceso complejo (por ejemplo rotura de un depósito de almacenamiento de amoníaco) en sucesos intermedios hasta llegar a sucesos básicos, ligados normalmente a fallos de componentes, errores humanos, errores operativos, etc.

Este proceso se realiza enlazando dichos tipos de sucesos mediante lo que se denomina puertas lógicas que representan los operadores del álgebra de sucesos.

Cada uno de estos aspectos se representa gráficamente durante la elaboración del árbol mediante diferentes símbolos que representan los tipos de sucesos, las puertas lógicas y las transferencias o desarrollos posteriores del árbol.

Figura 2.5. Árbol de Fallos



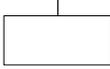
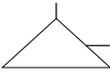
Fuente: Piqué, T., Cejalvo, A. (1994). Análisis probabilístico de riesgos. Barcelona.

Es una metodología que se puede aplicar a sucesos relativamente complejos para los cuales intervienen muchos elementos y que se pueden descomponer en sucesos más sencillos.

Requiere de uno o dos analistas con amplia experiencia y conocimiento del sistema a analizar, frecuentes consultas a técnicos, operadores y personal experimentado en el funcionamiento del sistema y la documentación necesaria consiste en diagramas de flujos, instrumentación, tuberías, junto con procedimientos de operación/mantenimiento.

Los símbolos representan tanto sucesos, puertas lógicas y transferencias. Los más importantes son los siguientes:

Figura 2.6. Símbolos Árbol de Fallas

Símbolos	Significado del símbolo	
	SUCESO BÁSICO. No requiere de posterior desarrollo al considerarse un suceso de fallo básico	
	SUCESO NO DESARROLLADO. No puede ser considerado como básico, pero sus causas no se desarrollan, sea por falta de información o por su poco interés.	
	SUCESO INTERMEDIO. Resultante de la combinación de sucesos más elementales por medio de puertas lógicas. Asimismo se representa en un rectángulo el "suceso no deseado" del que parte todo el árbol.	
	PUERTA "Y" 	El suceso de salida (S) ocurrirá si, y solo si ocurren todos los sucesos de entrada (E1 B1)
	PUERTA "O" 	El suceso de salida (S) ocurrirá si ocurren uno o más de los sucesos de entrada (E1 B1)
	SIMBOLO DE TRANSFERENCIA. Indica que árbol sigue en otro lugar.	
	PUERTA "Y" PRIORITARIA. El suceso de salida ocurrirá si y solo si todas las entradas ocurren en una secuencia determinada, que normalmente se especifica en una elipse dibujada a la derecha de la puerta.	
	PUERTA "O" EXCLUSIVA. El suceso de salida ocurrirá si lo hace una de las entradas, pero no dos o más de ellas.	
	PUERTA DE INHIBICIÓN. La salida ocurrirá si, y solo si lo hace su entrada y además se satisface una condición dada (X)	

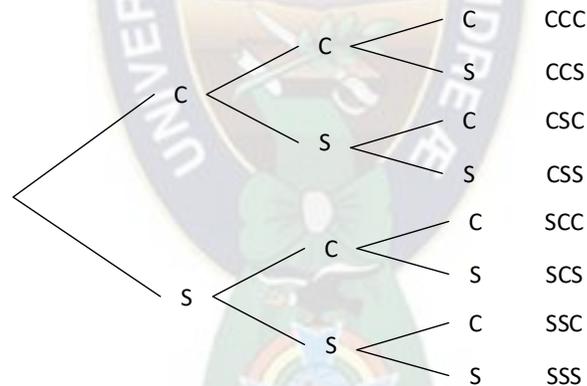
Fuente: Piqué, T., Cejalvo, A. (1994). Análisis probabilístico de riesgos. Barcelona.

2.3.3.2. Análisis por Árboles de Sucesos, AAS: Event Tree Analysis, ETA

La técnica de análisis por árboles de sucesos consiste en evaluar las consecuencias de posibles accidentes resultantes del fallo específico de un sistema, equipo, suceso o error humano, considerándose como sucesos iniciadores y/o sucesos o sistemas intermedios de mitigación, desde el punto de vista de la atenuación de las consecuencias.

Las conclusiones de los árboles de sucesos son consecuencias de accidentes, es decir, conjunto de sucesos cronológicos de fallos o errores que definen un determinado accidente. Partiendo del suceso iniciador, se plantean sistemáticamente dos bifurcaciones: en la parte superior se refleja el éxito o la ocurrencia del suceso condicionante y en la parte inferior se representa el fallo o no ocurrencia del mismo.

Figura 2.7. Árbol de Sucesos- lanzamiento de moneda



Fuente: Piqué, T., Cejalvo, A. (1994). Análisis probabilístico de riesgos. Barcelona.

El suceso iniciador puede ser cualquier desviación importante, provocada por un fallo de un equipo, error de operación o error humano. Dependiendo de las salvaguardias tecnológicas del sistema, de las circunstancias y de la reacción de los operadores, las consecuencias pueden ser muy diferentes. Por esta razón, un AAS, está recomendado para sistemas que

tienen establecidos procedimientos de seguridad y emergencia para responder a sucesos iniciadores específicos.

Se presenta un árbol de sucesos correspondiente a un suceso iniciador denominado "fuga de GLP en zona próxima a depósitos de almacenamiento". Se estudian las distintas secuencias accidentales y las consecuencias posibles de cada una de ellas. Algunas de estas consecuencias no conllevan un peligro especial, pero otras representan sucesos verdaderamente peligrosos, como explosión de vapores que se expanden al hervir el líquido, explosión de vapores no confinados o incendios de charco.

Figura 2.8 Ejemplo-Árbol de Sucesos



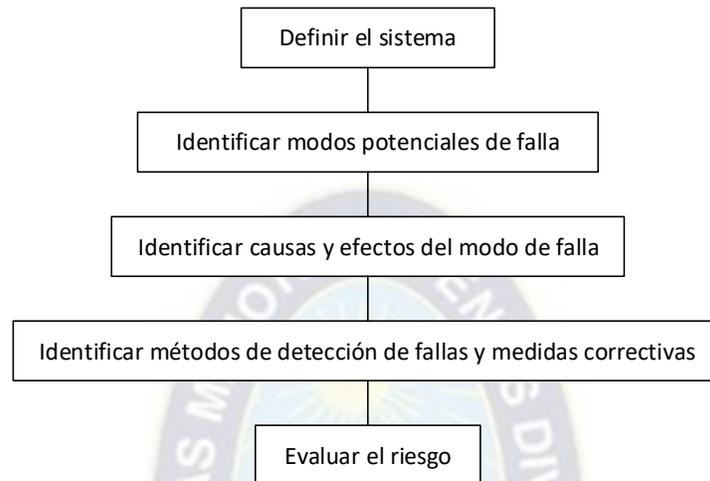
Fuente: Piqué, T., Cejalvo, A. (1994). Análisis probabilístico de riesgos. Barcelona.

2.3.3.3. Análisis de los Modos de Fallo y Efectos, AMFE: Failure Modes and Effects Analysis, FMEA

El método consiste en la elaboración de tablas o listas con los posibles fallos de componentes individuales, los modos de fallo, la detección y los efectos de cada fallo.

Un fallo se puede identificar como una función anormal de un componente, una función fuera del rango del componente, función prematura, etc.

Figura 2.9 Proceso para el análisis de modo de falla y efecto



Fuente: Risk Analysis in Engineering and Economics, 2003

Los fallos que se pueden considerar son típicamente situaciones de anormalidad tales como:

- Abierto, cuando normalmente debería estar cerrado
- Cerrado, cuando normalmente debería estar abierto
- Marcha, cuando normalmente debería estar parado
- Fugas, cuando normalmente deba ser estanco

Los efectos son el resultado de la consideración de cada uno de los fallos identificados individualmente sobre el conjunto de los sistemas de la planta o instalación.

El método FMEA establece finalmente qué fallos individuales pueden afectar directamente o contribuir de una forma destacada al desarrollo de accidentes de una cierta importancia en la planta. Es un método válido en las etapas de diseño, construcción y operación y se usa habitualmente como fase previa a la elaboración de árboles de fallos, ya que permite un buen conocimiento del sistema.

El equipo necesario suele ser de dos personas perfectamente conocedoras de las funciones de cada equipo o sistema así como de la influencia de estas funciones en el resto de la línea de proceso. Es necesario para la correcta ejecución del método disponer de listas de equipos y sistemas, conocimiento de las funciones de cada equipo, junto al conocimiento de las funciones de los sistemas en su conjunto dentro de la planta.

Es posible incluir en la última columna de la tabla de trabajo lo que se denomina índice de gravedad, que representa mediante una escala del 1 al 4 un valor que describe la gravedad de los posibles efectos detectados.

El valor 1 representaría un suceso sin efectos adversos; el 2 efectos que no requieren parada del sistema; el 3 riesgos de cierta importancia que requieran parada normal y el 4 peligro inmediato para el personal e instalaciones, por lo que se requiere parada de emergencia. En este caso, el análisis se denomina Análisis del Modo de Fallos, Efectos y Criticidad.

Tabla 2.1. Formulario de trabajo para análisis FMECA

Fecha			Pagina		De
Planta			Analista		
Sistema			Referencia		
Identificación del elemento	Designación	Modo de fallo	Detección	Efectos	Índice de gravedad
1	Manguera flexible	Agujereada	Visual	Derrame ¿incendio?	4
		Taponada-aplastada	Visual	Falta o reducción de caudal	2

		Tipo equivocado	Visual (marcas)	Corrosión, rotura o contaminación	3
--	--	-----------------	-----------------	-----------------------------------	---

Fuente: Risk Analysis in Engineering and Economics, 2003

2.3.4. Métodos cuantitativos

2.3.4.1. Método de evaluación de riesgos William t. fine

El método de Fine es un procedimiento originalmente previsto para el control de los riesgos cuyas medidas usadas para la reducción de los mismos eran de alto coste. Este método probabilístico, permite calcular el grado de peligrosidad de cada riesgo identificado, a través de una fórmula matemática que vincula la probabilidad de ocurrencia, las consecuencias que pueden originarse en caso de ocurrencia del evento y la exposición a dicho riesgo.

La fórmula de la **Magnitud del Riesgo** o **Grado de Peligrosidad** es la siguiente:

$$GP = C \times E \times P$$

- Las Consecuencias (C)
- La Exposición (E)
- La Probabilidad (P)

Consecuencia (C): Se define como el daño debido al riesgo que se considera, incluyendo desgracias personales y daños materiales.

Exposición (E): Se define como la frecuencia con que se presenta la situación de riesgo, siendo tal el primer acontecimiento indeseado que iniciaría la secuencia del accidente. Mientras más grande sea la exposición a una situación potencialmente peligrosa, mayor es el riesgo asociado a dicha situación.

El cuadro siguiente se presenta una graduación de la frecuencia de exposición:

Probabilidad (P): Este factor se refiere a la probabilidad de que una vez presentada la situación de riesgo, los acontecimientos de la secuencia completa del accidente se sucedan en el tiempo, originando accidente y consecuencias.

Los valores numéricos o dólares asignados a cada factor están basados en el juicio y experiencia del Jefe de Producción, que hace el cálculo y en los costos que la empresa pueda incurrir en cada caso.

Calculada la magnitud del grado de peligrosidad de cada riesgo (GP), utilizando un mismo juicio y criterio, se procede a ordenar según la gravedad relativa de sus consecuencias o pérdidas.

2.3.4.2. Método de Richard Pickers

Evalúa los riesgos a partir de la magnitud R que resulta de multiplicar las posibles consecuencias de un accidente debido a la situación peligrosa (C) por la frecuencia con que se presenta dicha situación (E) y por la posibilidad de que ocurra el accidente (P). La ecuación se expresa:

$$R= C*E*P$$

El método también recomienda las secciones en dependencia del valor del grado de peligrosidad

$$R= C*P$$

2.3.5. Métodos semicualitativos - índices de riesgos

Los índices de riesgo son métodos de evaluación de peligros semi cuantitativos directos y relativamente simples que dan como resultado una clasificación relativa del riesgo asociado a un establecimiento industrial o a partes del mismo.

No se utilizan para estimar riesgos individuales, sino que proporcionan valores numéricos que permiten identificar áreas o instalaciones de un establecimiento industrial en las que existe un riesgo potencial y valora su nivel de riesgo. Sobre estas áreas o instalaciones, puede realizarse posteriormente un análisis más detallado del riesgo mediante otros métodos generalizados.

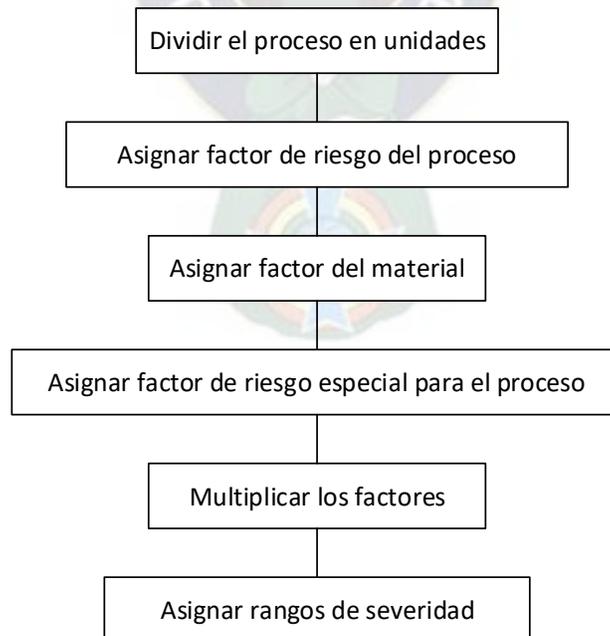
Los métodos desarrollados de mayor difusión a nivel internacional son dos:

- Índice de Dow de incendio y explosión
- Índice de Mond

2.3.5.1. Índice de Dow de incendio y explosión

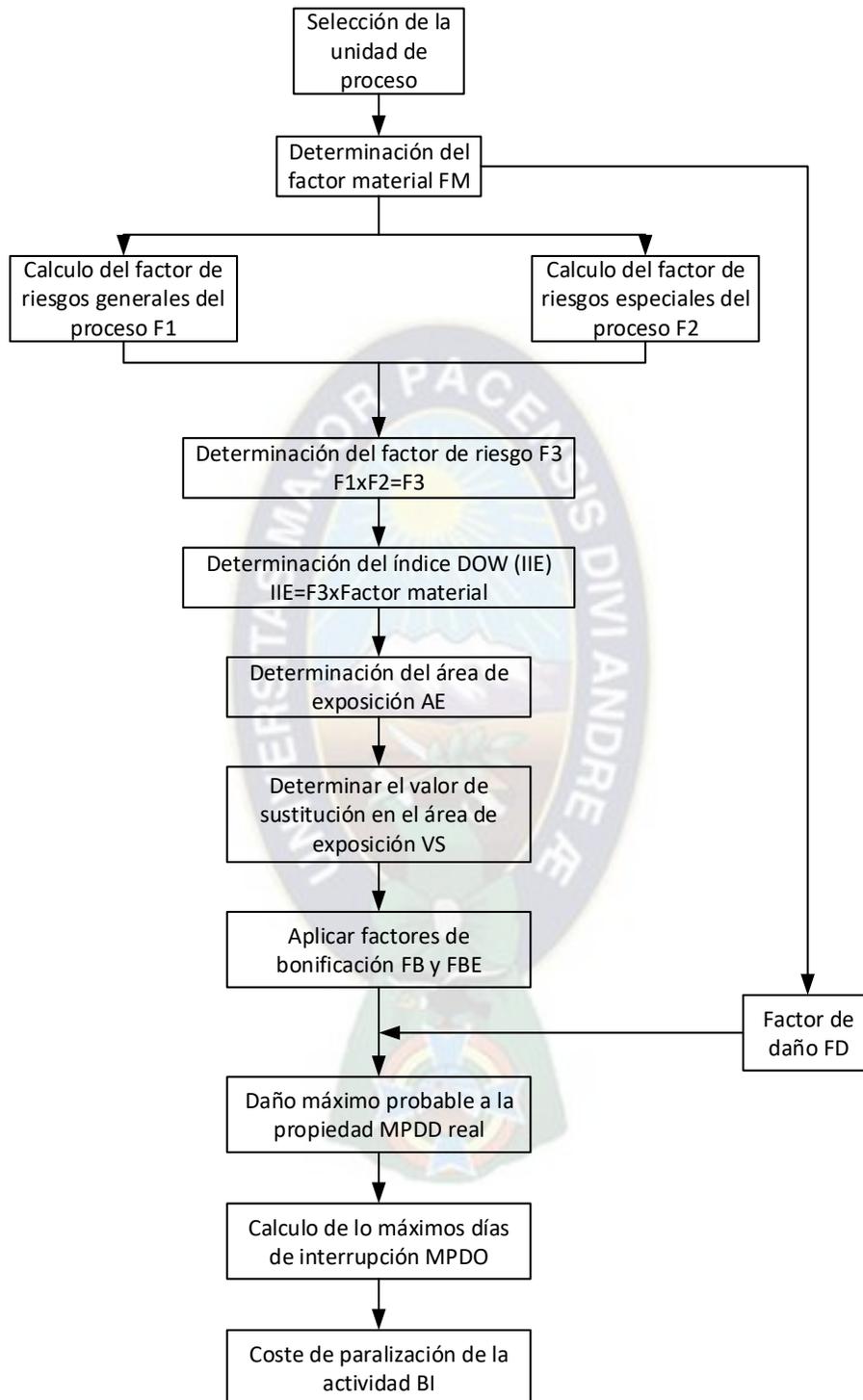
Es un método desarrollado inicialmente por la compañía Dow Chemical en los años 60 con la denominación de Dow's Fire & Explosion Index que se ha ido perfeccionando con los años en ediciones sucesivas incorporando nuevos procesos de análisis.

Figura 2.10 Metodología para la determinación del índice Dow para fuego y explosión



Fuente: Risk Analysis in Engineering and Economics, 2003

Figura 2.11. Procedimiento de cálculo



Fuente: DOW's Fire & Explosion Hazard Classification Guide. Sexta edición de 1987.

- Factor material

Da una idea de la medida de la intensidad de liberación de energía de una sustancia o preparado. Toma valores entre 1 y 40 y existen valores para más de 300 sustancias usadas habitualmente en la industria. También establece la posibilidad de calcularlo a partir de unas determinadas propiedades físico-químicas de la sustancia.

- Factores de riesgo

Tienen en cuenta las especiales condiciones del proceso que pueden modificar el riesgo de las instalaciones estudiadas. Hay que tener en cuenta tres tipos de factores de riesgo:

- Factores generales del proceso, F1: reacciones exotérmicas, endotérmicas, transferencias de producto, condiciones de ventilación, etc.
- Factores especiales, F2: toxicidad de las sustancias, considerada como complicación adicional, operaciones a presiones inferiores a la atmosférica, bajas temperaturas, corrosiones, etc.
- Factor de riesgo, F3: calculado a partir de los anteriores $F3 = F1 \cdot F2$.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$IIE = FM \cdot F3$$

El método determina según este índice el área de exposición, AE, que representaría o daría una idea de la parte afectada por un incendio o explosión generada en la unidad de proceso estudiada.

- Factores de bonificación

Son aquellos factores que protegen a la instalación mediante medidas de protección, sistemas de emergencia, etc. lo que hace disminuir el máximo daño probable a la propiedad. Los principales factores de bonificación pueden ser:

- Controles de proceso: sistemas de refrigeración, control de explosiones, paros de emergencia, energía de emergencia, programas de mantenimiento, etc.
- Aislamiento material: válvulas de control remoto, drenajes, enclavamientos, depósitos para vertidos de emergencia, cubetos, etc.

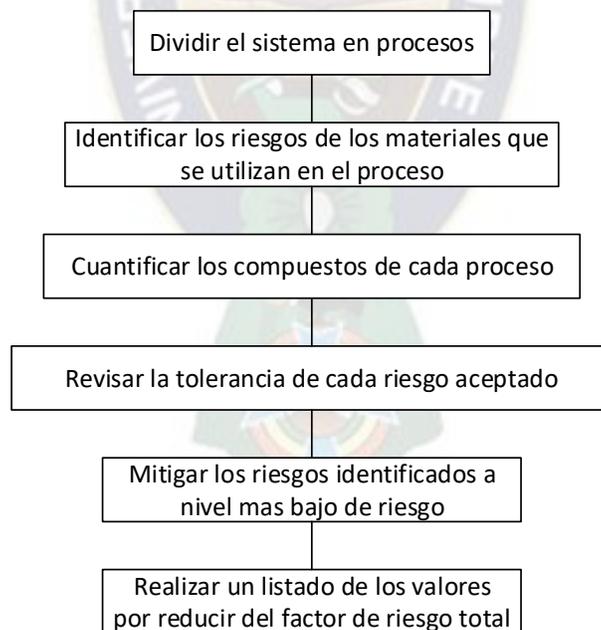
Se calcula el factor de bonificación a partir de estos tres factores anteriores y se obtiene el daño máximo probable real a la propiedad:

- $MPDD(\text{real}) = MPDD \cdot FBE$

A partir de este resultado, se calcula tanto el número de días de interrupción de la actividad, como el coste asociado a la interrupción industrial.

2.3.5.2. Índice de Mond

Figura 2.12 Metodología general para el índice de Mond



Fuente: Risk Analysis in Engineering and Economics, 2003

Método desarrollado inicialmente en la Imperial Chemical Industries PLC (ICI) a partir del índice de Dow. La principal diferencia con el anterior es que el índice de Mond introduce la

toxicidad de las sustancias presentes, y este parámetro se introduce como factor independiente, considerando los efectos de las sustancias tóxicas por contacto cutáneo, inhalación o ingestión.

Para su aplicación se recomienda consultar la guía del ICI, teniendo en cuenta que en general es más detallado que el Dow, tiene en cuenta mayor número de parámetros de riesgo y bonificaciones y además facilita una clasificación de unidades en función del riesgo.

2.4. MATRIZ DE RIESGOS

Tabla 2.2. Matriz del Riesgo

R = S * F			VALOR DEL RIESGO				
			SEVERIDAD (S)				
			Menor	Apreciable	Mayor	Severo	Catastrófico
			0	1	2	3	4
FRECUENCIA (F)	Raro	0					
	Improbable	1					
	Posible	2					
	Probable	3					
	Cierto	4					

Fuente: Elaboración propia

La matriz de riesgos es la relación entre la consecuencia y la frecuencia del suceso indeseable, Esta relación es una multiplicación de sus valores de riesgo asignados. El resultado obtenido con la matriz de riesgos determina el grado de aceptabilidad del evento, y sus salvaguardas respectivas.

2.5. CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD

El criterio de aceptabilidad determina cuando un evento puede ser considerado como riesgoso y el tiempo en el cual deben tomarse las medidas de corrección y prevención para dicho evento.

Tabla 2.3. Condición del Riesgo

NIVEL	CONDICION DEL RIESGO
	DESCRIPCION
Alto	El riesgo es INTOLERABLE. Los métodos propuestos deberán modificarse, para entregar una solución destinada a evitar o reducir el riesgo. Se requieren Medidas de control específicas.
Medio	El riesgo es INTOLERABLE. Proceder con PRECAUCIÓN. El riesgo necesita ser manejado con procedimientos de control. Se requieren Medidas de control generales.
Bajo	El riesgo es bajo, TOLERABLE. No requiere de controles adicionales.

Fuente: Elaboración propia

2.6. DETERMINACIÓN DE CONSECUENCIAS Y SEVERIDAD

Una de las partes más importantes del análisis es la determinación de consecuencias.

La determinación de consecuencias es el resultado del análisis de las desviaciones en el sistema. Las consecuencias son determinadas por los expertos y en base a sus conocimientos y experiencia.

A las consecuencias se les clasifica de acuerdo a su gravedad o severidad y a su frecuencia u ocurrencia.

La escala para detallar la severidad para equipos, donde la escala va del 0 al 4 siendo 0 el indicador de que no hay daño y el 4 el del daño más severo.

Tabla 2.4. Escala de severidad para desviaciones al intento de diseño en equipos

CONSECUENCIA (SEVERIDAD)	
NIVEL	DESCRIPCION
Alto	Incapacidades permanentes. Lesiones serias o muerte. Pérdida de material de alto costo (> XX UF). Litigios o pleitos judiciales. Pérdida de reputación.
Medio	Incapacidades transitorias. Pérdida de material de costo moderado (XX - XX UF). Enfermedades incapacitantes menores.
Bajo	Lesiones leves no incapacitantes, perdida de material leve (< XX UF). Molestias superficiales, discomfort.

Fuente: Elaboración propia

La frecuencia se refiere al periodo de tiempo que tarda un evento en repetirse, esta escala también es determinada por el grupo de expertos según convenga al sistema.

La escala detallada de frecuencia se muestra a continuación, siendo 0 el evento menos probable y el 4 el más probable.

Tabla 2.5. Probabilidad del Riesgo

PROBABILIDAD	
NIVEL	DESCRIPCION
Alto	El incidente y daño ocurrirá siempre o casi siempre, sobre el 70% de las veces. Es posible que haya ocurrido en otras ocasiones anteriores. (casi seguro)
Medio	El incidente y daño ocurrirá entre el 10% y el 70% de las veces. Aunque no haya ocurrido antes, no sería extraño que ocurriera. (probable/posible)
Bajo	El incidente y daño ocurrirá menos del 10% de las veces. (inverosímil/raro)

Fuente: Elaboración propia

Método de cálculo:

$$R = F * S$$

Donde:

F = frecuencia

S = severidad

2.7. FRECUENCIA/ SEVERIDAD

La frecuencia y la severidad vienen dada de acuerdo al grado de ocurrencia del evento y al daño que producen los hechos ocurridos.

2.7.1. FRECUENCIA

La frecuencia viene dada por las veces de ocurrencia del evento que en este caso particular desde el cero hasta el cuatro, siendo cero el rango de mayor ocurrencia y cuatro el de menor.

A continuación se da una breve explicación de cada uno de ellos.

- Una vez al mes (0).- Cuando el grado de ocurrencia es o se produce una vez, es decir que es frecuente.
- Una vez al año (1).- Cuando el problema que se presenta no es tan regular.
- Una vez cada diez años (2).- El problema presentado se produce pero con menos regularidad.
- Una vez cada cien años (3).- Los problemas que se puedan presentar son escasos.
- Una vez cada mil años (4).- Cuando los problemas o conflictos se dan en contadas ocasiones después de largo tiempo.

Tabla 2.6. Frecuencia

Frecuencia (descendente)	
0	Una vez al mes
1	Una vez al año
2	Una vez cada 10 años
3	Una vez cada 100 años
4	Una vez cada 1000 años

Fuente: Elaboración propia

2.7.2. SEVERIDAD

La severidad viene dada por el daño que causa tanto a las personas, medio ambiente e instalaciones de la empresa, siendo en este caso cero el de menor severidad y cuatro el de mayor.

- A continuación se da una breve explicación de cada uno de ellos.
- Menor (0).- Causa un daño leve es decir que puede ser reparado con facilidad.
- Apreciable (1).- Causa un daño un poco más considerable.
- Mayor (2).- Esta consideración define que el hecho ocurrido ya tuvo repercusiones.
- Severo (3).- Consideración de que el evento ocurrido fue grave.
- Catastrófico (4).- Esta referencia nos indica que el evento tuvo unas repercusiones casi irreparable o irreparable por completo.

Tabla 2.7. Severidad

Severidad	
0	Menor
1	Apreciable
2	Mayor
3	Severo
4	Catastrófico

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

3. METODOLOGIA HAZOP

Para la realización de un buen estudio mediante la metodología HAZOP se debe tomar en cuenta varios aspectos que se detallan a continuación.

3.1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se ha decidido usar la técnica de Análisis de Riesgos y Operabilidad “HAZOP”, debido que el terminal de productos limpios Beaterio es una organización compleja, en operación y que necesita información tanto en aspectos operativos como de seguridad.

Esta técnica se basa en aplicar una serie de palabras guía con el fin de generar desviaciones, que se pueden presentar en las variables operacionales, las causas que generan dichas desviaciones, así como las consecuencias y determinar la magnitud de las mismas que se generarían sobre las personas, los bienes y el medio ambiente en general, con el fin de definir si las áreas de almacenamiento, patio de bombas y despacho del Terminal Beaterio son seguros o si se requiere alguna forma de seguridad o acciones que mejoren la operabilidad.

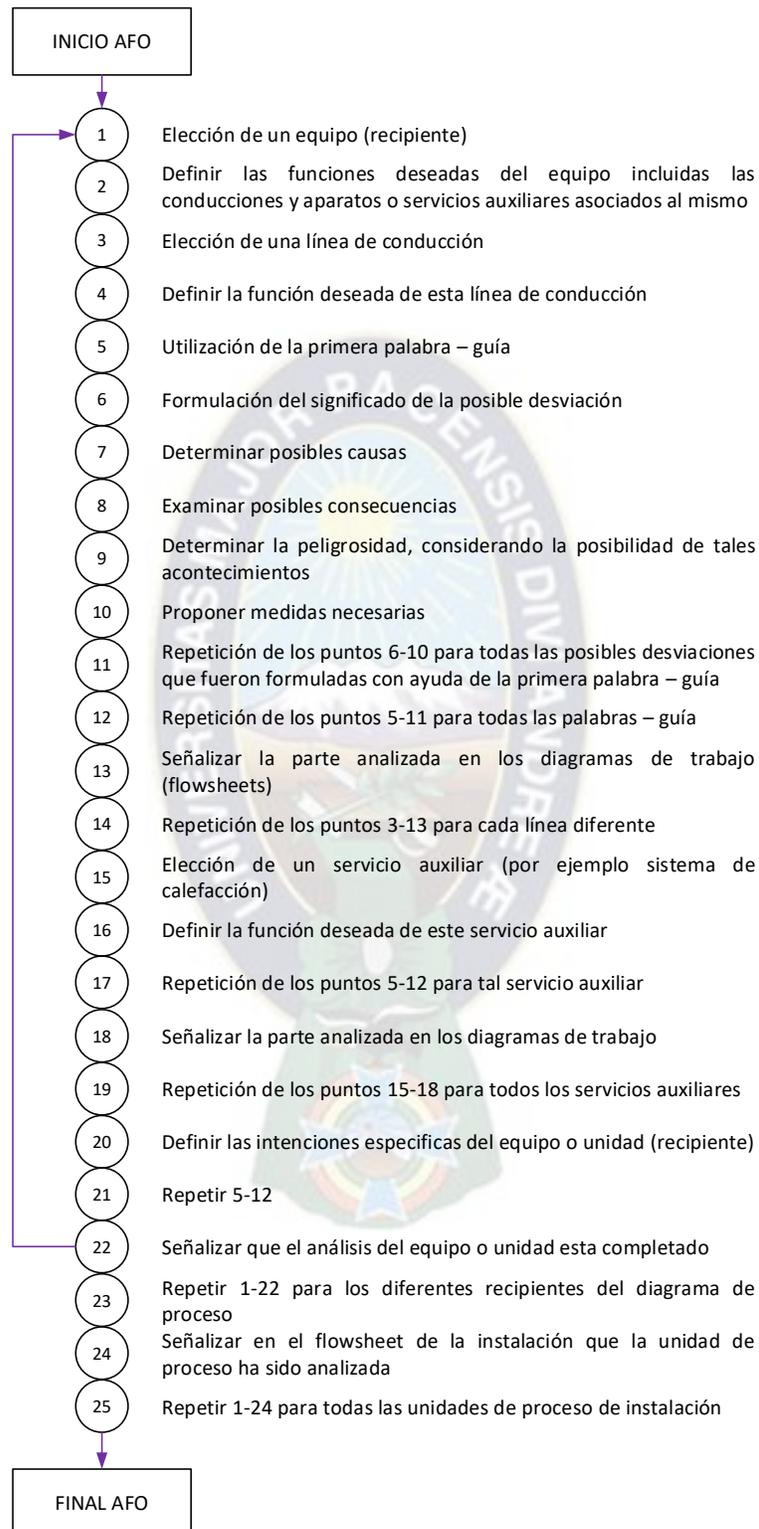
Mediante la utilización de esta metodología se generan las recomendaciones, modificaciones y/o elaboración de estudios más a fondo que permitan prevenir, proteger o mitigar adecuadamente los riesgos del Terminal Beaterio ante situaciones potencialmente peligrosas como son problemas de tipo operativo o de seguridad.

De esta forma se logra un diseño y una operación más segura en las instalaciones o plantas, con personal mejor capacitado y consciente de las amenazas potenciales existentes en la operación.

Las principales ventajas del método HAZOP son:

- Es una buena ocasión para contrastar distintos puntos de vista de una instalación.
- Es una técnica sistemática que puede crear, desde el punto de vista de la seguridad, hábitos metodológicos útiles.
- El coordinador mejora su conocimiento del proceso.
- No requiere prácticamente recursos adicionales, con excepción del tiempo de dedicación.
- Los principales inconvenientes, pueden ser:
- Al ser una técnica cualitativa, aunque sistemática, no hay una valoración real de la frecuencia de las causas que producen una determinada consecuencia, ni tampoco el alcance de la misma.
- Las modificaciones que haya que realizar en una determinada instalación como consecuencia de un HAZOP, deben analizarse con mayor detalle además de otros criterios, como los económicos.
- Los resultados que se obtienen dependen en gran medida de la calidad y capacidad de los miembros del equipo de trabajo.
- Depende mucho de la información disponible, hasta tal punto que puede omitirse un riesgo si los datos de partida son erróneos o incompletos.

Figura 3.1. Procedimiento de HAZOP



Fuente: Risk Analysis in Engineering and Economics, 2003

3.1.1. Riesgo potencial y problemas de operación.

Aunque la metodología del HAZOP se concentra (mediante un enfoque sistemático) en identificar tanto riesgos como problemas de operabilidad, más del 80% de las recomendaciones del estudio son problemas de operabilidad y no de por sí, problemas de riesgo. Aunque la identificación de riesgo es el tema principal, los problemas de operabilidad se deben examinar, ya que tienen el potencial de producir riesgos en los procesos, que resulten en violaciones ambientales y/o laborales o tener un impacto negativo en la productividad.

Actualmente se considera que los mayores beneficios de un estudio HAZOP se relacionan con identificar problemas de operabilidad.

3.1.2. Desviaciones del intento del diseño

Todas las plantas industriales tienen un propósito. Esto puede ser, producir un cierto tonelaje de un producto químico por año, manufacturar un número especificado de automóviles o procesar cierto volumen de efluentes industriales por año, etc. Esto, se puede decir, que es el principal intento de diseño de la planta, pero en la mayoría de los casos, se entiende que un propósito adicional sería conducir las operaciones de la manera más segura y eficiente.

Con esto en mente, todas las partes y/o equipos de la planta se ensamblan para que en conjunto logren las metas deseadas. Sin embargo para lograr esto, cada parte del equipo, cada bomba, tubería, etc., necesitan funcionar consistentemente de una manera particular.

Es de esta manera que, cada elemento en particular tiene su intento de diseño o propósito.

Como ejemplo, supongamos que una parte del proceso, requiere un servicio de agua de enfriamiento. Para esto, generalmente se requiere una tubería para circulación del agua, una bomba, un abanico de enfriamiento y un intercambiador de calor, etc.

Podemos decir, que el intento del diseño de esta parte de la planta sería “continuamente circular agua de enfriamiento a una temperatura inicial de $X^{\circ}\text{C}$ y con un flujo de X litros por hora”

Es generalmente, a este nivel de detalle del intento de diseño o propósito, al que se dirige un estudio de Hazop. La utilización de la palabra “desviación” ahora se entiende más fácilmente. Una desviación del intento de diseño, para el caso del servicio de agua de enfriamiento sería el cese de la circulación del agua, o que el agua tenga una temperatura inicial demasiado alta..

3.2. CONCEPTOS BÁSICOS

Esencialmente, el procedimiento del Hazop, involucra tener una descripción y documentación completa de la planta y sistemáticamente cuestionar cada parte, para identificar como se pueden producir desviaciones del intento de diseño. Una vez identificados, se hace una evaluación, para determinar si tales desviaciones y sus consecuencias, pueden tener un efecto negativo en la seguridad y operación eficiente de la planta. Si se considera necesario, se establecen acciones para remediar la situación.

Este análisis crítico, es aplicado de una manera estructurada, por el grupo del Hazop, que mediante una tormenta de ideas hacen un esfuerzo para descubrir causas creíbles de desviaciones. En la práctica, muchas de las causas, serán obvias, tales como la falla de la bomba, que causa una pérdida del servicio del agua de enfriamiento, en el ejemplo mencionado. Sin embargo, una gran ventaja de la técnica, es que alienta al grupo a considerar otras posibilidades menos obvias de cómo pueden ocurrir las desviaciones, que de otra manera sería difícil descubrir en primera instancia.

De esta manera, el estudio logra mejores resultados que una revisión mecánica de una lista de verificación. El resultado es, de que hay buenas oportunidades de identificar fallas y

problemas potenciales, que no hayan sido previamente experimentados en el tipo de planta bajo estudio.

3.2.1. Palabras clave

Un elemento esencial, en este proceso de cuestionamiento y análisis sistemático, es el uso de palabras claves para enfocar la atención del grupo sobre las desviaciones y sus posibles causas. Estas palabras guías se dividen en dos clases:

- Palabras primarias que enfocan la atención en un aspecto particular del intento de diseño o una condición o parámetro asociado con el proceso.
- Palabras secundarias que, cuando se combinan con las palabras primarias sugieren posibles desviaciones.

La técnica completa del HAZOP, ronda en el uso efectivo de estas palabras guías, por lo que su significado y uso, deben ser claramente entendidos por el grupo de análisis. Ejemplo de palabras a menudo utilizadas se mencionan a continuación.

3.3. PALABRAS PRIMARIAS

Estas reflejan tanto el propósito, como aspectos operacionales de la planta bajo estudio.

Palabras típicas orientadas al proceso, pudieran ser las siguientes:

- Flujo
- Temperatura
- Viscosidad
- Nivel
- Reacción
- Prueba
- Muestreo

- Corrosión/erosión
- Mezclado
- Nivel
- Presión
- Composición
- Adición
- Mantenimiento
- Instrumentación
- Separación

Note que algunas palabras incluidas, parece que no tienen ninguna relación con una interpretación razonable del propósito del proceso. Por ejemplo, se pudiera cuestionar, el uso de la palabra “Corrosión”, suponiendo que nadie quisiera que hubiera corrosión. Sin embargo, la mayoría de las plantas, están pensadas con un cierto ciclo de vida y de manera implícita se considera que no debe haber corrosión o que si ésta ocurre, no debe exceder de cierto valor. Un valor mayor de corrosión que el considerado, sería en tales circunstancias una desviación del propósito del diseño.

Considerando aspectos de Operabilidad del Proceso se puede considerar palabras operacionales importantes como:

- Aislamiento
- Ventilación
- Inspección
- Arranque
- Drenaje

- Purgado
- Mantenimiento
- Paro

Muchas veces, estas palabras, no se consideran o se les da menor importancia.

Esto puede resultar, por ejemplo, en que un operador de la planta, tenga que lograr de improviso y de manera peligrosa, una forma de poner un equipo no esencial, fuera de línea para reparación, porque no se previó una manera segura, de aislar esa parte del proceso.

Alternativamente, se pudiera llegar al caso, en que toda planta, se debe de detener solo para re calibrar o reemplazar un medidor de presión.

3.3.1. Palabras secundarias

Como se mencionó anteriormente, cuando las palabras secundarias se combinan con las primarias, sugieren desviaciones o problemas potenciales.

Un listado estándar de las palabras utilizadas se menciona a continuación:

Tabla 3.1 Guías estándar

No/ ninguna	Negación del intento del diseño
Mas	Incremento cuantitativo
Menos	Decremento cuantitativo
Además de	Incremento cualitativo
Parte de	Decremento cualitativo
Reversa	Opuesto lógico del intento
Otro que	Sustitución completa

Fuente: Chemical Industry Association. (1985). A guide to hazard and operability analysis.

Tabla 3.2 Guías auxiliares para procedimientos

¿Cómo?	¿Cómo se logra este paso? ¿Se proporcionan las facilidades requeridas al operador para realizar el paso como está especificado?
¿Por qué?	¿Hay una razón lógica para este paso? ¿Es el paso u operación realmente necesaria? ¿Se requiere algo adicional?
¿Cuándo?	¿Es el tiempo importante en los pasos u operaciones?
¿Dónde?	¿Es importante donde se efectuara el paso u operación?
¿Quién?	¿Es claramente obvio o está definido quien realizara cada parte del procedimiento?
Verificación	¿Cómo se puede verificar que el paso se haya realizado apropiadamente? ¿Es necesario que un supervisor revise nuevamente la operación?
Orden	Es importante y correcto el orden de los pasos realizados

-Fuente: Chemical Industry Association. (1985). A guide to hazard and operability analysis.

Tabla 3.3 Guías para procedimientos

No	No realiza el paso u operación. Un paso u operación importante en el proceso se omite.
Mas	Se hace más de lo especificado o requerido en un sentido cuantitativo.
Menos	Se hace menos de lo especificado o requerido en un sentido cuantitativo.
Además de	Se hace más de lo especificado en un sentido cualitativo.
Parte de	Se realiza una parte de un paso en un sentido cualitativo.
Reversa	Se hace lo opuesto a lo especificado.
Otro que	Se hace algo diferente a lo requerido

Fuente: Chemical Industry Association. (1985). A guide to hazard and operability analysis.

3.4. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO HAZOP

En términos simples, el proceso de estudio del Hazop involucra aplicar de una manera sistemática, todas las combinaciones relevantes de palabras claves, a la planta de almacenamiento San José de Chiquitos, para descubrir problemas potenciales. Los resultados se registran, en un formato de tabla o matriz con los siguientes encabezados principales.

Tabla 3.4 Formato de Hoja de Trabajo

Desviación	Causa	Consecuencia	Salvaguarda	Acción

Fuente: Chemical Industry Association. (1985). A guide to hazard and operability analysis.

- Desviación

La combinación de palabras claves que se está aplicando (ej. Flujo/No)

- Causa

Las causas potenciales que resultarían en la desviación (ej. Bloqueo del colador C1 debido a impurezas en el tanque dosificador T1 podría ser la causa de Flujo/No.)

- Consecuencia

Las consecuencias que se producirían, como efecto de la desviación. (Ej. “La pérdida de la dosificación, resulta en una separación incompleta en V1”) y si es apropiado, efectos de la causa por sí misma. (Ej. “Cavitación en la bomba B1, con un daño en la misma si esto se prolonga”.)

Siempre sea explícito, al considerar las consecuencias. No asuma que el lector en una fecha posterior entenderá completamente el significado de oraciones tales como “No químico dosificador en mezclador”.

Es mucho mejor agregar una explicación completa, como la mencionada inicialmente.

Al evaluar las consecuencias, no se deben considerar los sistemas de protección o los instrumentos ya incluidos en el diseño.

Por ejemplo, suponga que el grupo ha identificado una causa para “Flujo/No” (en un sistema diferente al del ejemplo anterior) debido a una cerradura espuria de una válvula controlada.

Se hace notar que, hay una indicación de la posición de la válvula en el Cuarto de Control Central, con una alarma de software, en caso de una cerradura espuria.

El grupo podría estar tentado a minimizar la consideración del problema inmediatamente, registrando el efecto de “Consecuencias mínimas, la alarma permitirá al operador tomar una acción remedial inmediata”.

Sin embargo, si el grupo hubiera investigado más, podría haber encontrado que, el resultado de la cerradura espuria de la válvula, sería una sobrepresión corriente arriba del sistema, llevando a una pérdida de contención y riesgo de fuego, si la causa no es rectificada en tres minutos.

- Salvaguardas

Cualquier dispositivo protector, ya sea que prevenga la causa o salvede contra consecuencias adversas, debe ser registrado en esta columna. Por ejemplo, se podría considerar registrar “Medidor depresión local en la descarga de la bomba, pudiera indicar que se está suscitando un problema”.

Note que las salvaguardas no están restringidas al software, dónde sea apropiado, se debe dar crédito, a aspectos de procedimientos, tales como inspecciones regulares de la planta (Sí hay seguridad de que se estén llevando a cabo).

- Acción

Donde una causa creíble, resulte en una consecuencia negativa, se debe decidir si se debe tomar alguna acción. Es en esta etapa, que las consecuencias y sus salvaguardas asociadas, son consideradas. Si parece que las medidas de protección son adecuadas, entonces ninguna acción necesita ser tomada y esto se indica en la columna de acciones.

Las acciones caen en dos categorías:

- Acciones que eliminan la causa.
- Acciones que mitigan o eliminan las consecuencias.

Obviamente es preferible la primera, sin embargo, esto no es siempre posible, especialmente al trabajar con equipo con mal funcionamiento. Sin embargo, siempre se investiga eliminar primero la causa y solo donde sea necesario, mitigar las consecuencias. Por ejemplo, regresando a la situación de “Bloqueo del colador C1 debido a impurezas, etc.”, descrita anteriormente, se pudiera enfocar el problema de varias maneras:

- Asegurar que no puedan entrar impurezas al tanque T1 colocando un colador en la línea de descarga del carro del tanque.
- Considerar cuidadosamente si se requiere el colador en la succión de la bomba. Si la bomba no se daña con el paso de partículas y no se requiere filtrar el material que pasa a V1.
- Colocar un medidor de presión diferencial entre el colador, con una alarma de alta presión diferencial, que dé una indicación clara, de que un bloqueo total es inminente.
- Colocar un colador dúplex, con un programa regular de intercambio y limpieza del colador.

Al indicar acciones, es conveniente considerar varias notas de precaución. No opte automáticamente, por una solución de ingeniería, agregando; alarmas, instrumentación

adicional, etc. Se debe considerar, la fiabilidad de tales equipos y su potencial para una operación espuria, que cause un innecesario paro de la planta. Además, se debe considerar, el incremento en el costo operacional en términos de mantenimiento, calibración regular, etc. Se conoce, que una solución con exceso de ingeniería, es menos confiable que el diseño original debido a pruebas y mantenimiento inadecuado.

Finalmente, siempre tome en cuenta el nivel de entrenamiento y experiencia del personal, que estará operando la planta.

Acciones que involucran sistemas de protección sofisticados y elaborados, generalmente se desperdician, son inherentemente peligrosos, si los operadores no entienden su funcionamiento y es común que sean deshabilitados, ya sea deliberadamente o por error, porque nadie sabe cómo mantenerlos y calibrarlos.

El procedimiento HAZOP- Considerando todas las palabras claves

Habiendo revisado las operaciones involucradas al registrar una sola desviación, el procedimiento consiste en continuar revisando y registrando todas las palabras clave.

3.5. TRABAJO DE PREPARACIÓN DEL ANÁLISIS HAZOP

Es de la mayor importancia, de que antes de que inicie un proyecto de HAZOP, se haga un trabajo de preparación. Esto, no es solo esencial en algunos aspectos, tales como la estructuración adecuada del estudio y del grupo, sino que además, aumenta la eficiencia del HAZOP al mantener el interés y entusiasmo de los participantes.

El trabajo preparatorio es responsabilidad del Líder del HAZOP y los requerimientos son los siguientes:

1. Reúna los datos
2. Entienda el tema

3. Subdivida la planta y planeé la secuencia
4. Marque los planos
5. Seleccione una lista de palabras claves adecuadas
6. Prepare la agenda de trabajo y los encabezados de la tabla
7. Prepare un calendario de actividades
8. Seleccione el grupo de trabajo

3.5.1. Recolección de datos

Toda la documentación relevante debe ser colectada previamente. Típicamente esto pudiera consistir de lo siguiente:

1. Un diagrama de flujo del proceso
2. Una descripción comprensiva del proceso, conteniendo parámetros de operación, promedio de flujo, volúmenes, etc.
3. Diagramas de instrumentación y tuberías
4. Diagramas causa - efecto indicando como operan los sistemas de lazo y de control.
5. Si está disponible, información de paquetes de vendedores.
6. Diagramas de distribución de la planta.

3.5.2. Comprensión del tema

El Líder del proyecto, debe dedicar el tiempo necesario, para lograr una buena comprensión de cómo debe operar la planta, estudiando la información y platicando con el personal de diseño involucrado. Al realizar la tarea, es muy probable que note áreas con problemas potenciales. Él debe realizar notas personales de esto, para evitar en lo posible, que se omitan en el estudio. Si esto ocurre, el mencionar el Líder sus notas sobre estos problemas, le servirá para mejorar su posición en el grupo, al demostrar su comprensión del problema.

La etapa de preparación, es quizá la más importante, ya que es el fundamento sobre el cual, los otros pasos del proceso se basan. Sin una comprensión razonable de cómo funciona la planta, será imposible; planear una estrategia sensible del estudio, decidir cuánto tiempo durará la revisión o quién necesita ser incluido en el grupo de trabajo.

Algunos proponentes de la metodología del Hazop, indican que no es necesario que el líder del proyecto conozca sobre la planta en revisión, y que su función es solamente asegurar que las reuniones se lleven adecuadamente. Una analogía a este enfoque, sería la de un líder intentando guiar una expedición sin un mapa, sin ningún plan de acción, más que el de llegar al destino y sin conocimiento del terreno pisado. Tal líder tendría poco respeto de los otros miembros del grupo y al primer signo de problema, sería marginado por aquellos con una mejor comprensión de la situación.

Una vez que esto pase, le sería casi imposible ganar el control del grupo.

3.5.3. Subdividir la planta y planear la secuencia

En todas, excepto en las plantas más simples, sería mucho esperar, que el grupo de trabajo analice todos los aspectos y operaciones del proceso simultáneamente. Por eso, se debe dividir el proceso en secciones manejables (referidas como tablas debido al modo tabular de registrar el estudio.) También la secuencia, en que estas secciones son estudiadas es importante.

En plantas continuas, el análisis va de corriente arriba hacia corriente abajo, con servicios tales como, drenaje, ventilación, instrumentos de aire, agua de enfriamiento, etc., siendo consideradas separadamente y al final. Con respecto a subdividir la planta en secciones, no hay necesidad de considerar cada línea y cada equipo menor en una tabla separada. Esto sería un desperdicio de tiempo y una labor tediosa para el grupo.

En vez de esto trate de agrupar los elementos más pequeños en unidades lógicas. De esta manera una bomba menor con su succión, descarga y líneas de regreso, pudieran ser agrupadas juntas en una tabla. Sin embargo, para el caso de un compresor mayor, quizá deba ser estudiado separadamente, su línea de reciclo y enfriador en línea. También al estudiar un depósito, la tabla debe incluir las líneas de entrada y salida e incluir cualquier válvula de control o aislamiento, todas las bridas de nivel, así como las líneas de ventilación y válvulas de seguridad de presión

Si varios flujos de corriente, convergen en un depósito, la secuencia del estudio debe en lo posible, trabajar con todos los flujos de corriente, antes de considerar el depósito. La regla es "nunca estudie un depósito antes de conocer todas las desviaciones de entrada".

Con operaciones por lotes o "batch" se requiere un enfoque diferente. En tales casos, los diagramas de la planta no son el enfoque primario del estudio y son más bien accesorios. De mayor importancia será, un diagrama de flujo detallado o la secuencia de pasos operativos, que deben ser realizados.

Es en esta secuencia de lotes, donde se requiere la división en secciones manejables, y las palabras claves se aplicarán, a las operaciones secuenciales, tales como; Preparación. Carga, Reacción, Transferencia, Centrifugado, Secado, etc.

Esta metodología se requiere, porque es muy probable que cada elemento individual de la planta sea puesto en diferentes estados y sirva a diferentes propósitos en las diversas etapas de la secuencia.

3.5.4. Marcar los planos

Cuando la estrategia del estudio se haya decidido, los elementos de la planta integrados en cada tabla, se deben marcar en colores separados y distintivos, con los números de la tabla o nodo marcados con el mismo color.

Las líneas deben ser paralelas y los equipos y depósitos delineados con el mismo color.

Donde una tabla se extienda en dos o más planos, el color utilizado se debe mantener.

Este marcado previo, es una salida a la práctica común, de ir marcando el trabajo mientras avanza el estudio.

Lo cual tiene dos propósitos; primero, ahorrar tiempo durante las juntas, tanto en el marcado, como en la discusión de donde la tabla o nodo debe iniciar y donde terminar, segundo, el Líder se asegurará al planear la estrategia del estudio, de que no se haya inadvertidamente olvidado algún punto.

3.5.5. Seleccionar una lista de palabras claves adecuadas

Habiendo completado el trabajo anterior, será algo simple formular un listado comprensivo de las palabras claves requeridas para cubrir todos los aspectos del proceso en estudio.

Algunas compañías, dado que la mayoría de las plantas que operan, son de naturaleza similar, tendrán un conjunto estándar de palabras clave.

Tal lista se debe verificar, para asegurar que cubra todos los aspectos del sistema en estudio.

Cualquier palabra clave redundante, debe ser eliminada. Por ejemplo, si el objeto de estudio, es una estación de bombeo, la inclusión de la palabra clave "Absorción" será innecesaria.

La lista final se debe copiar para entregar una copia a cada miembro del equipo. También se debe incluir un programa de las combinaciones apropiadas (i.e. que palabras claves secundarias se aplicarán a cada palabra primaria).

Donde haya la posibilidad de confusión, respecto al significado de una combinación en particular, se debe dar una completa explicación de ésta.

Al integrar la lista, se debe considerar que entre menor sea el número de palabras utilizadas, mayor velocidad en el estudio. Esto no quiere decir, que algunos de los aspectos del proceso no se deben considerar.

Para ilustrar lo anterior con un ejemplo, considere una planta con un depósito de separación, algunos filtros con bombas de succión y un dispositivo de control ambiental por rocío de agua. En lugar de tener tres palabras claves; "Separar", "Filtrar" y "Absorber", se pudiera usar solo "Separar", ya que es la función principal de todo el equipo.

3.5.6. Preparación de la agenda de trabajo y encabezados de la tabla

Los encabezados de la tabla, hacen referencia a los diagramas y planos relevantes y contienen una breve descripción del intento de diseño de la sección en análisis de la planta, con sus parámetros de proceso, promedios de flujo y cualquier otro detalle informativo potencial.

La agenda es una lista de estos encabezados. Una copia debe ser enviada a cada miembro del grupo. Además de ser informativa y una ayuda para una buena participación. Sirve para poner en perspectiva, el total de trabajo que se debe lograr en el tiempo asignado. Esto inducirá en el grupo, un sentido de urgencia para lograr el trabajo.

3.5.7. Preparación del calendario de actividades

El Líder debe formular un horario de trabajo, indicando lo que necesita lograrse en cada junta de trabajo, para cumplir con el límite de tiempo asignado al estudio. El integrar el calendario de trabajo, el Líder se debe basar en su experiencia, para evaluar el tiempo requerido en cada revisión. Mucho de esto dependerá, de la complejidad de la planta y la experiencia del grupo.

Como una guía general, en una planta sencilla y con planos no muy llenos, en promedio, se puede estudiar tres diagramas diarios. Si el sistema a revisar, es complejo y cada diagrama, parece que se dibujó con la intención de no desperdiciar espacio, entonces se completarán dos o posiblemente sólo un diagrama por día.

Esté preparado para un desperdicio de tiempo, al iniciar el estudio. Al principio, el progreso del estudio, es siempre lento, en la medida de que el grupo se conoce, en el nuevo rol de revisar y criticar el diseño propio y el de sus colegas, en la operación de la planta. Después del primer día todo irá más rápido.

3.5.8. Selección del grupo de trabajo

Habiendo tenido, una buena apreciación de lo que involucra el estudio, tanto en términos de contenido, como de tiempo requerido, el Líder debe asegurar que los miembros principales del grupo, tengan la experiencia adecuada y también tiempo disponible durante la revisión. Además debe considerar, que probablemente será necesario, personal con experiencia adicional, durante el transcurso de las juntas y estimar cuando será requerida su asistencia. Con respecto a esto último, en ciertas circunstancias, la secuencia del estudio puede modificarse alrededor de la disponibilidad de tal personal.

3.6. ANÁLISIS HAZOP

Después de la preparación anterior, el Líder debe estar en la posición de guiar fácil y eficientemente un análisis comprensivo, llegando a una conclusión satisfactoria. Sin embargo se exponen algunas recomendaciones a continuación:

- Siempre es una tentación para los miembros del grupo hacer anotaciones en el plano principal del proceso, el cual ha sido previamente marcado, indicando las secciones

o nodos del estudio. Establezca la regla, de que está prohibido terminantemente hacer esto, aún con lápiz.

- Similarmente en equipos y paquetes de vendedores, un miembro del grupo puede estar tentado, en ayudar, ilustrando a grosso modo, la planta de corriente arriba a corriente abajo, o con los detalles internos del paquete. Sea firme en rechazar tal ayuda, es peligroso pretender que se ha estudiado algo bien y que esto, está disponible en unos cuantos escritos en una hoja de papel.
- Si el calendario no se está cumpliendo, resista la tentación de acelerar el proceso, listando usted mismo las causas y consecuencias. Todo lo que resulta, es que el grupo permanezca sentado escuchando como le dicta usted al Secretario y continuarán así, hasta que se les induzca a participar de nuevo.
- No permita que se desarrolle una reunión separada, con dos miembros del grupo, conversando en voz baja en la esquina de la mesa. Si esto pasa, detenga la discusión general y pídale que compartan con el resto del grupo los beneficios de sus deliberaciones (siempre asuma que están discutiendo algo relevante al estudio, aunque es probable que no lo sea). Esto generalmente traerá una disculpa y los regresará a participar completamente.

Si ellos persisten, requiera que el resto del grupo permanezca en silencio, mientras continua la discusión privada. Si aún esto no produce el resultado requerido, haga un tiempo de descanso. Entonces hable en privado con estas personas y en un tono firme y diplomático insista en que abandonen la reunión. Tales miembros, generalmente no tienen nada que contribuir al estudio y ellos solo irritará y desmotivarán al resto del grupo.

- Asegúrese que todos los miembros del grupo participen, aún aquellos que se sientan inseguros. Logre esto, al hacer preguntas tales como? ¿Estás de acuerdo con esta solución, Juan?? o ¿Qué severidad le asignarías a esta consecuencia, María?? Alternativamente se pudiera requerir; ¿Juan, podrías ayudar al secretario a resumir en pocas palabras la acción acordada? Una vez que tales miembros del grupo se den cuenta de que no serán contradichos en sus ideas, participarán con lo mejor de sus habilidades.
- Reconozca y recompense con elogios a los miembros del grupo que sensiblemente y de todo corazón contribuyan a la discusión, pero no permita que opaquen al resto del grupo.
- Si la discusión se desvía del tema principal, reenfoque la atención del grupo, ya sea requiriendo el Secretario, para que lea lo que se ha registrado o pidiendo que se formule una acción. Esto último generalmente concentra la mente y alienta a los miembros del grupo en la parte medular del problema.
- Cuando se llega particularmente a un problema intratable o las consecuencias sean de naturaleza seria, se dedica una gran suma de tiempo a formular remedios potenciales. Soluciones y contra soluciones se proponen y discuten, hay mucha especulación respecto a los costos y otros aspectos relacionados, y generalmente no se llega a ninguna conclusión satisfactoria. Antes de que se desperdicie demasiado tiempo, tales situaciones se deben remediar, asignando una acción a una persona específica, para que investigue y reporte sobre las alternativas disponibles, junto con las ventajas y desventajas de cada una de ellas. Cualquier discusión, obtención de datos adicionales,

cálculos de confiabilidad, etc., pueden de esta manera ser llevados fuera de la reunión del HAZOP, permitiendo al grupo progresar continuamente con el análisis.

- El Líder debe ser independiente e imparcial, y no se le debe percibir como que favorece constantemente a una sección del grupo que se opone a la otra. Esto es de particular importancia, cuando están participando clientes y contratistas. Si se llega a una situación difícil, donde por ejemplo, haya una disputa acalorada sobre si alguna acción debe ser tomada o no, en alguno de los casos, una de las partes en disputa, requerirá que el Líder haga la decisión final. Si en la estimación del Líder, las razones de los argumentos de una de las partes, son tan fuerte que son indisputables, entonces él debe tomar la decisión. En la otra mano, si la situación está balanceada, entonces la disputa se debe diferir con una acción apropiada.

3.7. EL REPORTE

El reporte del HAZOP, es un documento clave respecto a la seguridad de la planta. El número de horas - hombre, dedicadas al estudio, es generalmente considerable. Es crucial, que el beneficio de este estudio de expertos, sea fácilmente accesible y comprensible para una referencia futura, en caso de que haya necesidad de alterar la planta o sus condiciones de operación.

El reporte incluye los miembros del grupo de trabajo, las fechas de las reuniones, las palabras claves aplicadas y cada detalle de los resultados del estudio del grupo. Sin embargo, es usual incluir una descripción general cuyo contenido generalmente es el siguiente:

- Una descripción de los términos de referencia y enfoque del estudio. Una muy breve descripción del proceso estudiado.

- Los procedimientos y protocolos utilizados. Se debe listar las combinaciones aplicadas de las palabras clave, junto con una explicación de éstas, dado al grupo al inicio del estudio. También se deben explicar las Hojas de Acciones producidas y las respuestas dadas a estas acciones.
- Comentarios generales. Si, por ejemplo, al grupo se le asegura que se tendrán universalmente ventilaciones en los puntos altos y drenajes en los puntos bajos, se debe mencionar esta aseveración, así como su fuente. Si ciertos detalles de paquetes de vendedores no estuvieran disponibles, se debe explicar y listar los elementos que no fueron revisados.
- Resultados. Estos son generalmente las acciones recomendadas.

3.8. ARCHIVO DE ACCIONES.

El reporte del HAZOP, es compilado tan pronto como sea posible, después del estudio y una vez completado, éste no cambia. En la otra mano, el Archivo de Acciones, se inicia al final del estudio, y su contenido, continuará cambiando, quizá por varios meses, hasta que la última acción haya sido revisada y aceptada.

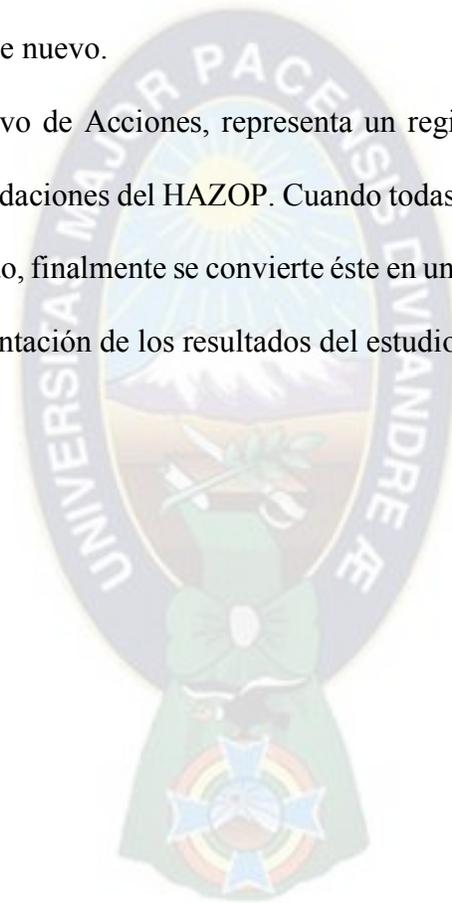
Esencialmente, este Archivo de Acciones es una carpeta. Inicialmente, al final del estudio del HAZOP, estará vacía. En la medida que se completan y firman las Hojas de Respuesta a las Acciones, son colocadas en la carpeta.

En la primera reunión de revisión, el Secretario debe preparar una lista de todas las respuestas recibidas y enviará una copia a cada miembro del grupo de revisión. Durante la revisión de las respuestas, estas serán aceptadas y marcadas como terminadas o en un pequeño número de casos, se requerirá efectuar más acciones.

Al final de la primera revisión, si se requieren más acciones, las Hojas de Acciones para éstas serán producidas para su distribución. Posteriormente estas serán completadas, firmadas y regresadas y estas respuestas adicionales entrarán al Archivo de Acciones, como anteriormente.

El procedimiento para la segunda revisión es el mismo que para el primero, excepto que el número de respuestas será menor. Si algunas de las respuestas no fueron aún satisfactorias, se sigue el procedimiento de nuevo.

Se puede ver que el Archivo de Acciones, representa un registro de copias del estado de terminación de las recomendaciones del HAZOP. Cuando todas las respuestas a las Acciones se hayan revisado y aceptado, finalmente se convierte éste en un registro estático conteniendo toda la historia de implementación de los resultados del estudio de HAZOP.



CAPITULO IV

4. APLICACIÓN PRÁCTICA

4.1. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS SAN JOSÉ DE CHIQUITOS

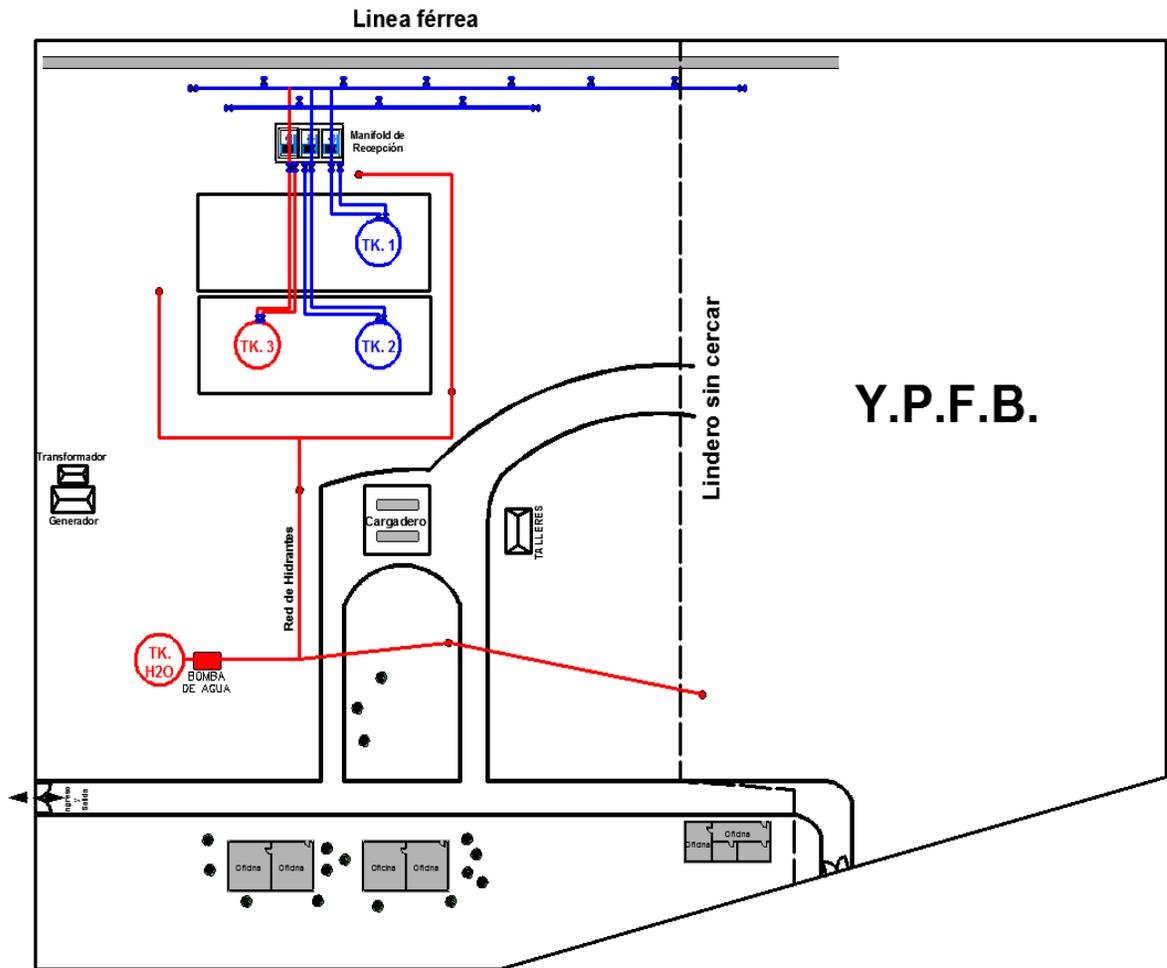
La planta está ubicada en la localidad de San Jose de Chiquitos del departamento de Santa Cruz, Provincia Chiquitos a 266 metros sobre el nivel del mar. Con una Longitud de $60^{\circ}43'51.99''$ y con una Latitud de $27^{\circ}50'36.28''$

Figura 4.1. Ubicacion de la planta de almacenamiento de hidrocarburos san Jose de Chiquitos



Fuente: google maps

Figura 4.2. Diagrama de la planta de almacenamiento de hidrocarburos san Jose de Chiquitos



Fuente: Elaboración propia

4.2. DESCRIPCION DEL AREA DE ALMACENAMIENTO

4.2.1. Área de tanques

La planta se encuentra con tres tanques de producto para Gasolina especial y Diesel Oil construidos de acuerdo a Normas API 630 así como la instalación de los mismos cumple con la norma NFPA 30 y un tanque de agua con una capacidad de 450000 L.

4.2.2. Tanques

4.2.2.1. Construcción de los tanques

- La construcción de los tanques cumple las normas de construcción API 630 así como la instalación de los mismos cumple con la norma N°30 para combustibles líquidos.
- Los techos de los tanques no cuentan con barandas perimetrales de seguridad.
- Las escaleras cuentan con barandas de seguridad

4.2.2.2. Características

Tabla 4.1 Tanques de almacenamiento

N° TK	Producto	Tipo	Capacidad (barriles)	Diámetro (m)	Alto (m)	Observaciones	
						Piso	Techo
1	Diésel oil	Vertical	5000	8,998	12,600	Plano	Fijo - Cónico
2	Diésel oil	Vertical	3000	7,993	9,910	Plano	Fijo - Plano
3	Gasolina especial	Vertical	3000	7,998	9,886	Plano	Fijo - Cónico

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.3. Pintura de Tanques

- Se ha prestado mantenimiento en la pintura de dos tanques mostrando oxidación externa en uno
- Los tanques presentan el logo de la planta, numeración

4.2.2.4. Espesores de chapa

- Todos los tanques en su parte exterior no presentan quemaduras por arco, rajaduras o soldaduras defectuosas.
- La planta no cuenta con información de archivo sobre los espesores de chapa de acuerdo a calibraciones realizadas por Y.PF.B.

4.2.2.5. Válvulas, accesorios y filtros

- Los tanques presentan venteos de 3” en regulares condiciones, refaccionados artesanalmente
- Las válvulas de presión y succión de los tanques están colocadas de acuerdo a norma ANSI B 31.8, a la entrada de los tanques las conexiones cuentan con refuerzos en la plancha un “niple”, la brida y luego recién las válvulas de presión y succión de los tanques.

4.2.3. Sistemas de seguridad industrial de tanques de combustibles líquidos

4.2.3.1. Sistema de inyección de espuma

- Los tanques presentan los accesorios necesarios para la inyección de espuma, pero la planta no cuenta con un sistema fijo de generación de espuma.

4.2.3.2. Sistemas de enfriamiento con hidrantes

- Playa de tanques se encuentra protegida por dos hidrantes monitor y un hidrante
- El sistema de hidrantes cumple con la norma NFPA N°24 contando la planta con una batería de seis hidrantes.
- La planta cuenta con una unidad de bomba contra incendios marca HALE – FP de arranque instantáneo

- Se pudo observar cableado suelto dentro de la caseta de la bomba de agua conectada a tanque y de este a toma externa perimetral
- La planta cuenta con un tanque de agua destinado a seguridad con una capacidad de 100 barriles ubicado detrás del área de tanques.

4.2.3.3. Pileta API

- La planta no cuenta con pileta API

4.2.3.4. Puesta a tierra

- Los tanques tienen todos su conexión a tierra, con cable de cobre de 3/8 de pulgada, con una terminal de borne empernada, con contacto con el tanque cumpliendo con la norma NFPA N°70

4.3. ENFOQUE DEL ANÁLISIS

Se determinó la necesidad de un Análisis de Riesgo del Proceso de Almacenamiento ya que es un área de riesgo debido a que trabajan constantemente con combustible.

El estudio HAZOP que se lleva a cabo asumió que los procesos del área antes mencionada es esencial y el diagnóstico preliminar determinó que la opción de eliminar las sustancias con las que trabaja está fuera del enfoque del estudio debido a que son irremplazables ya que es su materia prima.

4.4. REGISTRO DE LOS DATOS DEL PROYECTO

Se determinó desde desviaciones del intento de diseño hasta las salvaguardas que se deben implementar. Comenzaremos por registrar todos los datos del proyecto y del sistema analizar.

En primer lugar se parte de la información general de la empresa, para llevar a cabo el análisis de riesgos mediante el método HAZOP en el área de almacenamiento de la planta de almacenaje de combustible líquido “San Jose de Chiquitos”.

4.4.1. Nombre de la Instalación

Planta de almacenaje de combustible líquido “San Jose de Chiquitos”

4.4.2. Características del terreno

El área donde se ubican las instalaciones ocupa un total de 63.391.48 m². La planta para el desarrollo de sus operaciones cuenta con edificaciones, sistemas de recepción, sistema de almacenamiento, sistema de despacho, instalaciones y equipos de seguridad y auxiliares.

4.4.3. Los productos que se almacena

- ✓ Gasolina especial
- ✓ Diesel Oil

4.5. CREACIÓN DE NODOS

Los nodos creados para el análisis de riesgos mediante la metodología HAZOP en el área de almacenamiento de la planta de almacenaje de combustible líquido “San Jose de Chiquitos” son los siguientes:

Tabla 4.2 Nodos

1	NODO	DESCRIPCION
	Manifold de distribución, ingreso a tanques.	Manifold de distribución, válvula de ingreso a los tanques de

		almacenamiento, válvula de salida de producto de los tanques.
2	Almacenamiento de productos	Válvulas, tanques de almacenamiento de productos, bombas.
3	Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas	Válvulas, tubería, bombas, tanques de almacenamiento de productos.

Fuente: Elaboración propia

4.6. PARÁMETROS

Una vez definidos los nodos para el área de almacenamiento, se procede a signar los parámetros a evaluar para cada uno. Es necesario definir por lo menos un parámetro para cada nodo.

Los parámetros elegidos para cada nodo después de un análisis detallado se mencionan a continuación:

Tabla 4.3 Parámetros para cada nodo

	NODO	DESCRIPCION
1	Manifold de distribución, ingreso a tanques.	Presión, Mantenimiento.

2	Almacenamiento de productos.	Presión, Mantenimiento, Prueba, Alivio.
3	Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas.	Flujo, Presión, Mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia

Se eligieron estos parámetros debido a que cumplen con los requisitos de las instalaciones y las áreas donde se llevan a cabo el análisis de riesgos mediante la metodología HAZOP.

4.7. INTENCIÓN DEL PARÁMETRO

Para agregar la intención de los parámetros que no es más que el modo normal de operación con ausencia de desviaciones. Las intenciones de los parámetros para los diferentes nodos que se han ubicado en este proyecto son:

Nodo 1. Manifold de distribución, ingreso a tanques.

- Parámetro. Presión

Intención. Mantener presión constante a lo largo de la línea

- Parámetro. Mantenimiento

Intención. Mantener en buen estado los equipos

Nodo 2. Almacenamiento de productos

- Parámetro. Presión

Intención. Mantener presión constante a lo largo de la línea.

- Parámetro. Mantenimiento

Intención. Mantener los equipos en buen estado

- Parámetro. Prueba

Intención. Mantener los estándares de calidad de los productos almacenados.

- Parámetro Alivio

Intención. Reducir la presión excesiva

Nodo 3. Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas.

- Parámetro. Flujo

Intención. Mantener flujo constante de despacho

- Parámetro. Presión

Intención. Mantener presión constante a lo largo de la línea

- Parámetro. Mantenimiento

Intención. Mantener los equipos en buen estado

4.8. COMBINACIONES

Para crear las combinaciones de las palabras guía con los parámetros de cada nodo, se necesita asociar la palabra guía hasta el parámetro al que se le realiza la combinación para efectuar en ese nodo el análisis con dicha combinación.

Las combinaciones realizadas para este análisis se describen a continuación:

Nodo 1. Manifold de distribución, ingreso a tanques.

- Parámetro. Presión

Combinación. más, menos

- Parámetro. Mantenimiento

Combinación. no

Nodo 2. Almacenamiento de productos.

- Parámetro. Presión

Combinación. Más, meno

- Parámetro. Mantenimiento

Combinación. no

- Parámetro. Prueba

Combinación. no.

- Parámetro Alivio

Combinación. no

Nodo 3. Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas.

- Parámetro. Flujo



Combinación. menos

- Parámetro. Presión

Combinación. Más, menos

- Parámetro. Mantenimiento

Combinación. no

4.9. CATEGORIA DE CAUSAS

La tabla que indica las categorías de las causas permite observar la clave y categoría de las mismas que se van a utilizar los expertos para realizar el análisis de riesgos.

Tabla 4.4 Categorías de causas

Clave	Categoría
HUM	Error/factor humano
EQP	Falla de equipo
EXT	Evento externo
DIS	Distribución del area
FSA	Falla de salvaguarda
PRV	Evento previo

Fuente: Elaboración propia

Las causas pueden ser:

- Error /Factor Humano (HUM).- Como un descuido del personal.
- Falla de equipo (EQP).- Como rotura de una palanca o falla de una alarma.
- Evento externo (EXT).- Es un evento ajeno y que no se puede controlar.
- Distribución de la planta (DIS).- Como mala distribución, un lugar que usa combustible cerca de una caldera.
- Falla de Salvaguardas (FSA).- Es decir que un elemento que funcionaba como parte del proceso se dañó o no se encuentra en funcionamiento.
- Evento Previo (PRV).- Es una actividad previa como secar el producto no se realizó bien o no se realizó y eso provoco un accidente.

4.10. CATEGORIA DE CONSECUENCIAS

Tabla 4.5 Categorías de consecuencias

Clave	Categoría
AMB	Afectación del ambiente
PER	Afectación al personal
PRP	Afectación a la propiedad
OPE	Asunto operativo

Fuente: Elaboración propia

La tabla que indica las categorías de las consecuencias permite observar la clave y categoría de las mismas que se va a utilizar para definir qué clase de consecuencia es.

Las consecuencias pueden ser:

- Afectación al ambiente (AMB).- Es decir que causo un daño al medio ambiente como un derrame.
- Afectación al personal (PER).- Causó accidente a algún miembro de la institución, como un golpe grave en alguna parte de su cuerpo.
- Afectación a la propiedad (PAP).- Esto quiere decir que daño la infraestructura de la institución, como puede ser la rotura de una pared a causa de un choque de una grúa.
- Asunto operativo solamente (OPE).- Un asunto que solamente fue o requirió la parte que incluye el trabajo.

4.11. CATEGORIA DE SALVAGUARDAS

Tabla 4.6 Categorías de salvaguardas

Clave	Categoría
MNT	Mantenimiento
ADM	Administrativa
ING	Ingeniería

Fuente: Elaboración propia

La tabla que indica las categorías de salvaguardas permite observar la clave y categoría de las mismas que se están utilizando dentro de las instalaciones y algunas que podrían incorporarse.

Las salvaguardas pueden ser:

- Mantenimiento (MNT).- Es decir que se debería realizar un buen plan de mantenimiento para mantener los equipos a punto.

- Administrativa (ADM).- Seguir los procedimientos según el instructivo y normas vigentes de la empresa.
- Ingeniería (ING).- Cambios en maquinaria o en su defecto en la estructura del proceso.

4.12. CATEGORIA DE RECOMENDACIONES

Tabla 4.7 Categorías de recomendaciones

Clave	Categoría
ING	Ingeniería/diseño
PRO	Procedimiento/software
MNT	Mantenimiento
GER	Gerencia
SEG	Seguridad
ADM	Administrativo/capacitacion

Fuente: Elaboración propia

La tabla que indica las categorías de recomendaciones permite observar la clave y categoría de las mismas que serán empleadas dentro del análisis en las instalaciones.

Las recomendaciones pueden ser de tipo:

- Ingeniería/Diseño (ING).-Soluciones de rediseño del proceso
- Procedimiento/ Software (PRO).- Revisión y correcciones de procedimientos.
- Mantenimiento (MNT).- Planes de mantenimientoGerencia (GER).- Área administrativa
- Seguridad (SEG).- Aplicar las normas de seguridad en las labores diaria

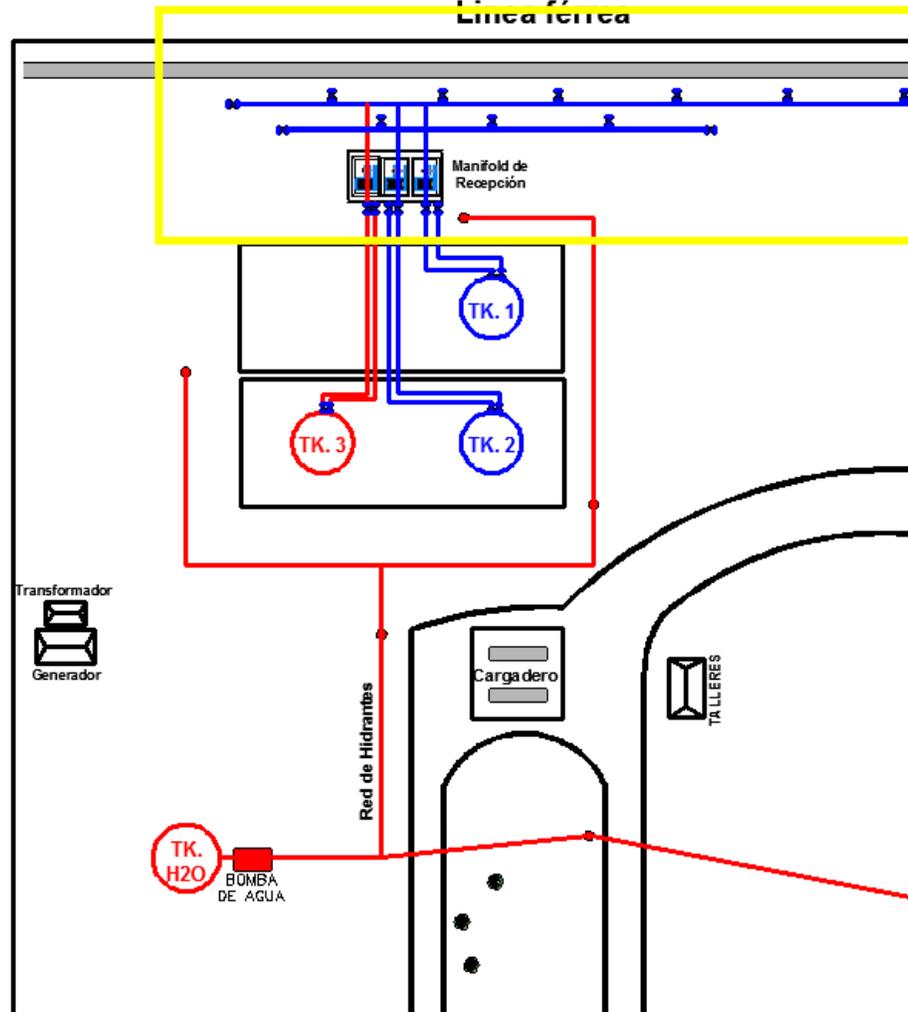
4.13. NODOS

Los nodos se han visto reflejados por las siguientes consideraciones que para el HAZOP son fundamentales describir antes de llevar a cabo los registros de datos.

El área de Almacenamiento donde se encuentran los tanques, válvulas y tuberías, que sirven para contener los productos limpios que llegan a la planta.

4.13.1. Nodo 1. Manifold de distribución, ingreso a tanques.

Figura 4.3 Diagrama Nodo 1. Manifold de distribución, ingreso a tanques.



4.13.1.1. Parámetros

- Presión

En este nodo se consideró la presión debido a que para el ingreso al área de almacenamiento se debe reducir la presión para que continúe hacia el manifold de distribución y se dirija hacia los diferentes tanques de acuerdo al producto que sea.

Si existe más presión de la necesaria o requerida quiere decir que no existe un control en el primer tren reductor de presión lo que podría causar una rotura de la línea o una falla de las válvulas que se encuentran después a lo largo del tramo y se considera un grado de severidad grave ya que puede ocasionar tanto daños al medio ambiente ya que se puede producir un derrame y por ende las instalaciones y el personal también estarían en peligro. Su grado de frecuencia es apreciable debido a que existen alarmas que indican una sobrepresión en línea, además de que la coordinación con la estación reductora se realiza constantemente para su buen desempeño y así poder evitar riesgos en la empresa.

Con menor presión existe un flujo menor de producto lo que conlleva a un mayor tiempo de almacenamiento y provoca un retraso en las partidas de combustible que se están recibiendo vía poliducto.

Se considera que también existe una falla del primer tren reductor de presión y que tiene una severidad menor debido a que no causa un daño sino que solo aumenta el tiempo del proceso, su frecuencia es poco probable debido a que solo puede presentarse por descuido del personal por no llevar el control debido o por fallas en los equipos.

- Mantenimiento

Si no existiera mantenimiento se lo atribuye a una mala planificación del mismo debido a descuidos o por no seguir un procedimiento adecuado para esto, lo que causa una interrupción en el bombeo de producto tanto hacia los tanques de almacenamiento como en la recepción.

Todo esto causa una severidad alta debido a que el producto que está planificado salir a la venta en toda la zona norte del país se retrasa y por ende crea colapso en las personas de esta zona por falta de combustible.

Su frecuencia es rara debido a que el equipo de mantenimiento lleva planes anuales que se llevan a cabo minuciosamente, por otra parte cuando existe una falla se dirigen al sitio para realizar el respectivo correctivo.



Tabla 4.8. Nodo 1- Presión

Nodo		Manifold de distribución, ingreso a tanques.						
Parámetro		Presión						
Intención		Mantener presión constante a lo largo de la línea						
Guía	Desviación	Causa	Consecuencia	Severidad	Frecuencia	Riesgo S * F	Salvaguarda	Recomendación
Menos	Presión menor de la requerida	No existe control del primer tren de reductor de presión	Menor flujo de producto y mayor tiempo de almacenaje	1	3	3	Alarma de baja presión, coordinación con la reductora siguiendo procedimientos	Revisar procedimiento de operaciones, mayor control del monitoreo
Más	Presión mayor a la requerida	No existe control del primer tren de reductor de presión	Rotura de la línea de entrada al reductor	1	3	3	Alarma de alta presión, coordinación con la reductora siguiendo procedimientos, válvulas de alivio	Revisar procedimiento de operaciones, mayor control del monitoreo

Fuente: Elaboración propia

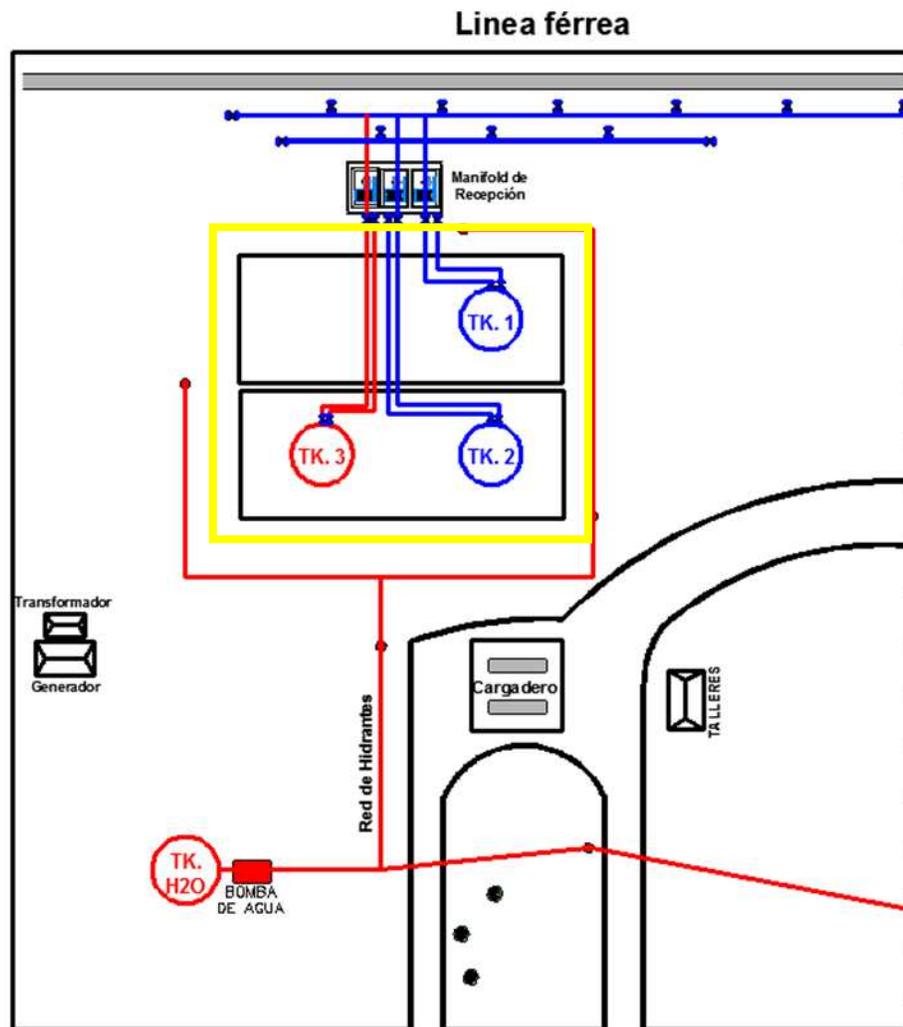
Tabla 4.9. Nodo 1-Mantenimiento

Nodo		Manifold de distribución, ingreso a tanques.						
Parámetro		Mantenimiento.						
Intención		Mantener en buen estado los equipos						
Guía	Desviación	Causa	Consecuencia	Severidad	Frecuencia	Riesgo S * F	Salvaguarda	Recomendación
No	Falla en la línea y equipos	Mala programación de mantenimiento preventivo	Interrupción del bombeo del poliducto	1	2	2	Coordinar mantenimiento	Seguir procedimientos y planes de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

4.13.2. Nodo 2. Almacenamiento de productos

Figura 4.4. Diagrama nodo 2. Almacenamiento de productos



Fuente: Elaboración propia

4.13.2.1. Parámetros

- Presión

En este nodo se consideró la presión debido a que para el ingreso al área de almacenamiento se debe reducir la presión para que continúe hacia el manifold de distribución y se dirija hacia los diferentes tanques de acuerdo al producto que sea.

Si existe más presión de la necesaria o requerida quiere decir que no existe un control en el primer tren reductor de presión lo que podría causar una rotura de la línea o una falla de las

válvulas que se encuentran después a lo largo del tramo y se considera un grado de severidad grave ya que puede ocasionar tanto daños al medio ambiente porque se puede producir un derrame y por ende las instalaciones y el personal también estarían en peligro.

Su grado de frecuencia es apreciable debido a que existen alarmas que indican una sobrepresión en línea, además de que la coordinación con la estación reductora se realiza constantemente para su buen desempeño y así poder evitar riesgos en la empresa.

Con menor presión existe un flujo menor de producto lo que conlleva a un mayor tiempo de almacenamiento y provoca un retraso en las partidas de combustible que se están recibiendo vía poliducto. Se considera que también existe una falla del primer tren reductor de presión y que tiene una severidad menor debido a que no causa un daño sino que solo aumenta el tiempo del proceso, su frecuencia es poco probable debido a que solo puede presentarse por descuido del personal por no llevar el control debido o por fallas en los equipos.

- Mantenimiento

Si no existiera mantenimiento se lo atribuye a una mala planificación del mismo debido a descuidos o por no seguir un procedimiento adecuado para esto, lo que causa una interrupción en el bombeo de producto tanto hacia los tanques de almacenamiento como en la recepción.

Todo esto causa una severidad alta debido a que el producto que está planificado salir a la venta y por ende crea colapso en las personas de esta zona por falta de combustible.

Su frecuencia es rara debido a que el equipo de mantenimiento lleva planes anuales que se llevan a cabo minuciosamente, por otra parte cuando existe una falla se dirigen al sitio para realizar el respectivo correctivo.

- Prueba

Las pruebas necesarias se deben realizar para verificar los estándares y calidad del producto para llevar al mercado un producto conforme, además para almacenar en los tanques de almacenamiento después de haberse realizado la prueba se debe verificar el octanaje del combustible.

Para este parámetro no existe ninguna salvaguarda ya que depende meramente de seguir procedimientos y llevar a cabo correctamente las pruebas

- Alivio

Para este parámetro si existiera una presión elevada, se debería a que las válvulas de alivio están cerradas por causa del descuido de un operador por ende los componentes que se necesitan para reducir la presión excesiva en la línea evitando daños en los componentes y así evitar fisuras en las soldaduras no ayudan a solucionar la falla y puede causar fisuras o rotura en las líneas e incluso un derrame, lo que implica que causaría un daño grave.

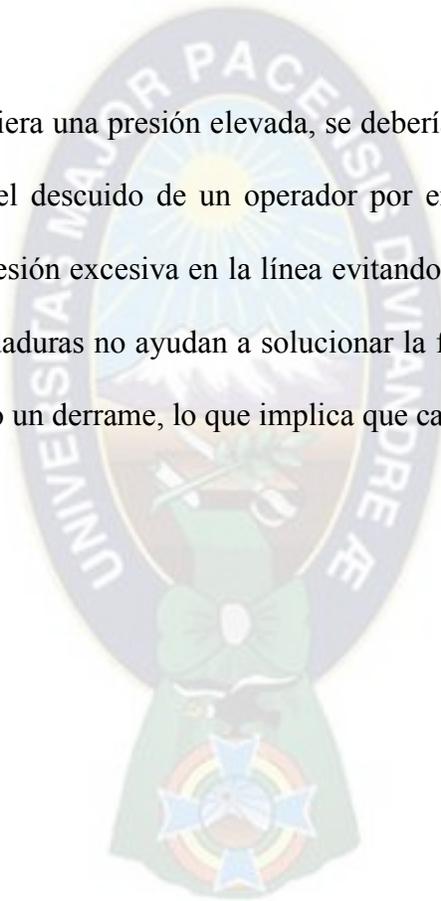


Tabla 4.10 Nodo 2-Presión

Nodo		Almacenamiento de productos						
Parámetro		Presión						
Intención		Mantener presión constante a lo largo de la línea.						
Guía	Desviación	Causa	Consecuencia	Severidad	Frecuencia	Riesgo S * F	Salvaguarda	Recomendación
Menos	Presión menor a la requerida	No existe control de la presión al ingreso al tanque de almacenamiento	Mayor tiempo de recirculación a los tanques	1	3	3	Alarma de baja presión, coordinación en el área de almacenaje	Revisar procedimiento de operación, mayor control de monitoreo
Más	Presión mayor a la requerida	No existe control de la presión al ingreso al tanque de almacenamiento	Rotura de la línea de ingreso a tanque de almacenamiento	1	2	2	Alarma de alta presión en los tableros del área de almacenaje, válvulas de alivio	Revisar procedimiento de operación, mayor control de monitoreo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.11 Nodo 2-Mantenimiento

Nodo		Almacenamiento de productos						
Parámetro		Mantenimiento						
Intención		Mantener los equipos en buen estado						
Guía	Desviación	Causa	Consecuencia	Severidad	Frecuencia	Riesgo S * F	Salvaguarda	Recomendación
No	Fallas en líneas y equipos	Mala programación de mantenimiento	Interrupción del almacenamiento del producto	1	3	3	Coordinar el mantenimiento respectivo de las líneas y equipos	Seguir procedimiento y planes de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.12 Nodo 2-Prueba

Nodo		Almacenamiento de productos						
Parámetro		Prueba						
Intención		Mantener los estándares de calidad de los productos almacenados.						
Guía	Desviación	Causa	Consecuencia	Severidad	Frecuencia	Riesgo S * F	Salvaguarda	Recomendación
No	No se realizan las pruebas de rutina	Descuido del operador	Producto inconforme	1	2	2	Ninguna	Seguir procedimiento

Fuente: Elaboración propia

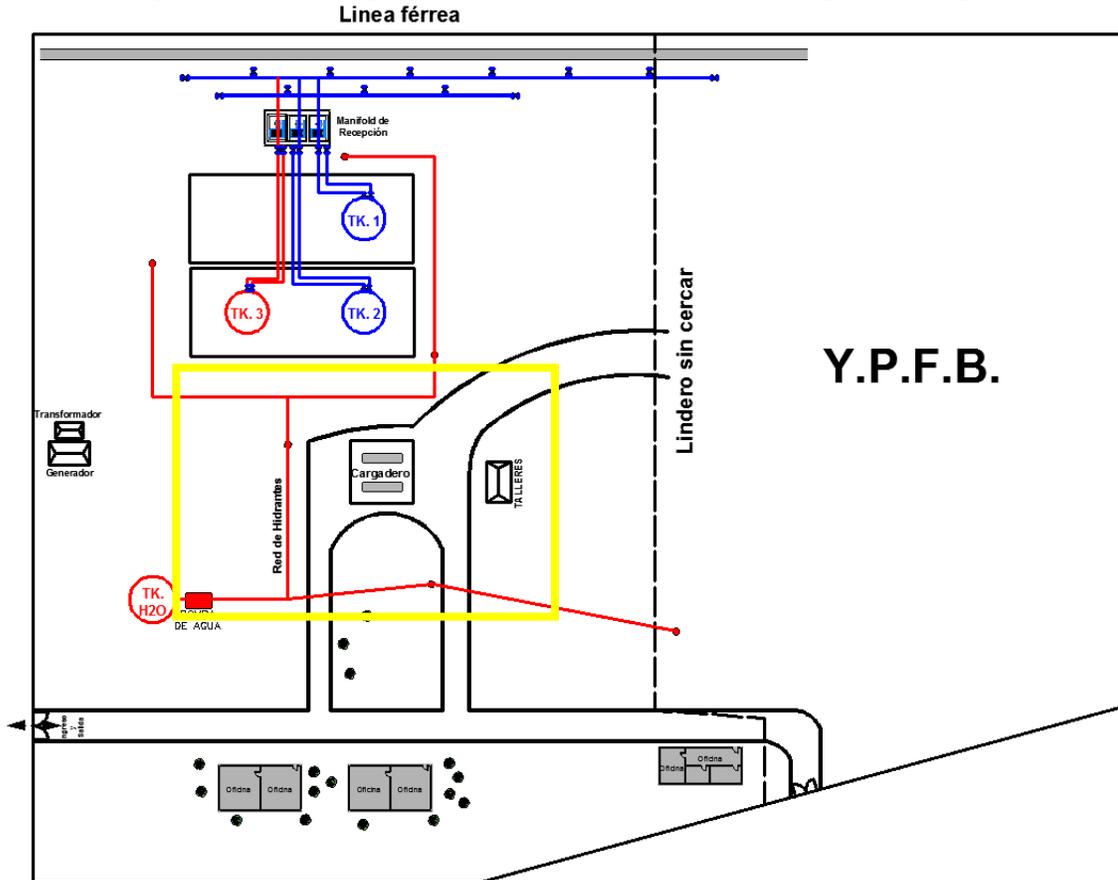
Tabla 4.13 Nodo 2-Alivio

Nodo		Almacenamiento de productos						
Parámetro		Alivio						
Intención		Reducir la presión excesiva						
Guía	Desviación	Causa	Consecuencia	Severidad	Frecuencia	Riesgo S * F	Salvaguarda	Recomendación
No	Presión elevada	Válvula de alivio cerradas por descuido	Mucha presión y daños en las instalaciones y equipos	1	3	3	Ninguna	Más atención en los trabajadores

Fuente: Elaboración propia

4.13.3. Nodo 3. Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas

Grafico 4.5. Diagrama Nodo 3. Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas



Fuente: Elaboración propia

4.13.3.1. Parámetros

- Flujo

Se debe mantener un flujo constante en la línea con el fin de optimizar el tiempo de carga de tanques, si no hay flujo existe pérdida de tiempo e ineficiencia en el despacho, lo que significa que las válvulas no fueron abiertas por completo o simplemente no fueron abiertas.

Para la solución de este tipo de problemas debe existir una alarma que indique la cantidad y dirección del flujo de producto para corregir los daños, además de que los operadores deben prestar más atención.

- Presión

En este nodo se consideró la presión debido a que para el ingreso al área de almacenamiento se debe reducir la presión para que continúe hacia el manifold de distribución y se dirija hacia los diferentes tanques de acuerdo al producto que sea.

Si existe más presión de la necesaria o requerida quiere decir que no existe un control en el primer tren reductor de presión lo que podría causar una rotura de la línea o una falla de las válvulas que se encuentran después a lo largo del tramo y se considera un grado de severidad grave ya que puede ocasionar tanto daños al medio ambiente ya que se puede producir un derrame y por ende las instalaciones y el personal también estarían en peligro.

Su grado de frecuencia es apreciable debido a que existen alarmas que indican una sobrepresión en línea, además de que la coordinación con la estación reductora se realiza constantemente para su buen desempeño y así poder evitar riesgos en la empresa.

Con menor presión existe un flujo menor de producto lo que conlleva a un mayor tiempo de almacenamiento y provoca un retraso en las partidas de combustible que se están recibiendo vía poliducto. Se considera que también existe una falla del primer tren reductor de presión y que tiene una severidad menor debido a que no causa un daño sino que solo aumenta el tiempo del proceso, su frecuencia es poco probable debido a que solo puede presentarse por descuido del personal por no llevar el control debido o por fallas en los quipos.

- Mantenimiento

Si no existiera mantenimiento se lo atribuye a una mala planificación del mismo debido a descuidos o por no seguir un procedimiento adecuado para esto, lo que causa una interrupción en el bombeo de producto tanto hacia los tanques de almacenamiento como en la recepción. Todo esto causa una severidad alta debido a que el producto que está planificado salir a la venta en toda la zona norte del país se retrasa y por ende crea colapso en las personas de esta zona por falta de combustible.

Su frecuencia es rara debido a que el equipo de mantenimiento lleva planes anuales que se llevan a cabo minuciosamente, por otra parte cuando existe una falla se dirigen al sitio para realizar el respectivo correctivo.



Tabla 4.14 Nodo 3-Flujo

Nodo		Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas						
Parámetro		Flujo						
Intención		Mantener flujo constante de despacho						
Guía	Desviación	Causa	Consecuencia	Severidad	Frecuencia	Riesgo S * F	Salvaguarda	Recomendación
Menos	Menos flujo	Válvula de la cantidad de flujo no abierta. Falla del operador	Ineficiencia en el despacho y pérdida de tiempo	1	2	2	Alarma indicando la cantidad de producto en línea de despacho	Visualización del operador a las pantallas de componentes

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.15 Nodo 3-Presión

Nodo		Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas						
Parámetro		Presión						
Intención		Mantener presión constante a lo largo de la línea						
Guía	Desviación	Causa	Consecuencia	Severidad	Frecuencia	Riesgo S * F	Salvaguarda	Recomendación
Menos	Presión menor a la requerida en línea	No existe control de la presión en la entrega al patio de bombas o el dispositivo de presión esta defectuoso	Menor flujo de producto y mayor tiempo de bombeo	1	3	3	Alarma de baja presión o de falta de línea	Realizar procedimiento de operación, con mayor tiempo de monitoreo
Más	Presión mayor a la requerida en línea	No existe control de la presión de entrada al patio de bombas o el dispositivo de presión esta defectuoso	Ruptura de la línea	1	2	2	Alarma de alta presión y de falla en línea	Realizar procedimiento de operación, con mayor tiempo de monitoreo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.16 Nodo 3-Mantenimiento

Nodo		Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas						
Parámetro		Mantenimiento						
Intención		Mantener los equipos en buen estado						
Guía	Desviación	Causa	Consecuencia	Severidad	Frecuencia	Riesgo S * F	Salvaguarda	recomendación
No	Falla en línea y en equipos in	Incumplimiento del programa de mantenimiento preventivo	Interrupción del flujo del producto hasta el patio de bombas	1	3	3	Coordinar y planificar el mantenimiento preventivo	Seguir procedimiento y planes de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

4.14. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tabla 4.17 Valoración del Riesgo

NODO	VALORACION DEL RIESGO
1. Manifold de distribución, ingreso a tanques.	3
2. Almacenamiento de productos	3
3. Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas	2
$\sum Riesgos$	8
Riesgo Promedio en el area de tanques de almacenamiento	3

Fuente: Elaboración propia

Una forma de estimar los riesgos de los accidentes es la utilización de un Índice de Riesgo.

El objetivo principal de este índice es asignar prioridades a las recomendaciones e identificar

en forma semicuantitativa aquellos accidentes que poseen riesgos inaceptables. Para luego realizar un plan de acciones correctivas.

Según la matriz de riesgos elaborada el riesgo promedio calculado 3; tiene un índice de riesgo MODERADO, puesto que este valor oscila entre los rangos de 3 - 6, en este nivel de riesgo la desviación debe ser mitigada inmediatamente, ya sea reduciendo el índice de frecuencia o el índice de severidad a un nivel aceptable.

4.15. REPORTE

Si bien el riesgo promedio del área de almacenaje de hidrocarburos es medio o moderado, se recomienda a la planta de almacenamiento de hidrocarburos líquidos San Jose de Chiquitos lo siguiente.

- Es necesario que los accesos a la playa de tanques estén provistos de barandas de seguridad
- Es necesario que los diques de contención y playa de tanques se encuentren libres de matorrales o pastos, para evitar la generación de posibles fuentes de chispas, y construir muro cortafuegos según norma
- Es importante efectuar la limpieza en fundaciones y evitar el crecimiento de malezas en su superficie.
- Es importante que la playa de tanques presente colectores pluviales independientes que estén conectados a una red de drenaje de aguas limpias, considerando también la implementación de cámaras con válvulas esclusa ubicadas fuera de sus límites, con conexiones a pileta API que impidan el eventual escurrimiento de aguas contaminadas.

- Es necesario la adecuación de las cámaras en los sectores de las purgas con conexiones independientes a pileta API
- Es necesario que el área perimetral del techo de los tanques cuente con barandas de seguridad
- Es importante mejorar la pintura de todos los tanques, los que deberán llevar una franja identificativa de acuerdo al producto que almacenan y el logo de la empresa.
- Es necesario el mantenimiento y pintura en los haces de tuberías, de igual forma proceder al pintado de las flechas de flujo correspondientes
- Es importante la implementación de la cámara generadora de espuma y sus correspondientes interconexiones a los eyectores instalados en tanques.
- Es necesario que el tanque de agua cuente con dispositivos de control de nivel..
- Es necesario que la planta cuente con pileta API con los debidos equipos e instalaciones para la recuperación de producto.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Una vez estudiados los diferentes métodos de análisis de riesgo, se determinó que la metodología HAZOP, al ser la más veraz y completa es óptima para su aplicación en el área de almacenamiento de hidrocarburos de la planta de almacenaje de San Jose de chiquitos.
- La información requerida para la realización de los análisis debe ser siempre actualizada, y cualquier cambio realizado en la planta debe ser registrado en los respectivos diagramas de proceso e instrumentación.
- Las escalas de medición del riesgo de 10-30 (Inaceptable), 4-9 (Moderado) y 1-3 (Bajo) determinada por la metodología HAZOP se la realizó tomando en cuenta la infraestructura del área de almacenamiento de hidrocarburos, y estudios HAZOP.
- El tiempo de desarrollo del análisis varía según la complejidad del proceso, en el caso del área de almacenaje de hidrocarburos de la planta de almacenaje San Jose de Chiquitos las sesiones HAZOP se las realizó en aproximadamente el período de cuatro meses, llevándose a cabo dos sesiones por semana.
- Como resultado del análisis HAZOP en las áreas de almacenamiento, patio de bombas y despacho del terminal, basado en la escala de riesgo determinada por el grupo de seis expertos, la valoración obtenida fue de 3, y comparando este resultado con la escala 3 - 6 (Moderado), es considerado de bajo riesgo, además si no se toman las medidas correctivas y preventivas adecuadas, se podrían desencadenar consecuencias

no deseadas, las cuales afectarían tanto al personal como también a las instalaciones y medio ambiente.

- La realización oportuna y continua de un mantenimiento preventivo en los equipos de medición y control reducirá en manera significativa el alto riesgo existente.



5.2. RECOMENDACIONES

Para reducir la valoración de riesgo del área de almacenamiento de hidrocarburos de la planta de almacenaje San Jose de Chiquitos, obtenida durante el análisis HAZOP se recomienda:

- Actualizar los procedimientos existentes y darlos a conocer al personal, para obtener una mejor comunicación, tanto horizontal como vertical entre la dirección de la empresa y los niveles operacionales, ya que el flujo de información garantiza un intercambio de experiencias, trabajo en equipo y la excelencia en la producción.
- Realizar una evaluación periódica de los procedimientos de operación. Control y monitoreo de equipos (sensores, alarmas, medidores, manómetros, etc.), así como el control y manejo de válvulas.
- Capacitar de manera permanente a todo el personal del Terminal en temas de seguridad, como de procesos.
- Cumplir con el cronograma de mantenimiento preventivo de la planta de almacenaje San Jose de Chiquitos.
- Reforzar el plan de contingencia para tomar acciones y medidas preventivas correspondientes a cada área de estudio.
- Reforzar el plan de emergencia para el caso de válvulas manuales cerradas en una eventualidad no deseada.
- Realizar el análisis de riesgos HAZOP una vez cada año.
- Revisar la instrumentación ya que puede llevar a indicaciones falsas, produciendo desajustes entre el patio y el tablero.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Ing. Puente, M. (2001). Higiene y seguridad en el trabajo. Ibarra-Ecuador: Edición 1.
- Piqué, T., Cejalvo, A. (1994). Análisis probabilístico de riesgos. Barcelona.
- Kletz, T.A. (1986). Notes on the identification and assessment of hazards. Icheme Rugby.
- Chemical Industry Association. (1985). A guide to hazard and operability analysis.
- Dr. Echeverria, J.A. (1997). Compendio de normas de seguridad e higiene industrial, Relaciones humanas. Quito-Ecuador.
- Gomez, G. (1997). Sistemas Administrativos –Análisis y Diseños. Editorial Mc Graw Gil.
- Casal, J. Montiel, H. Planas, E. Vilchez, J. (1999). Análisis de Riesgo en Instalaciones Industriales. Barcelona: Editorial UPC.
- Elaine Virginia Villegas Mantuano. (2012). Análisis de riesgos mediante el método hazop en las áreas de almacenamiento, patio de bombas y despacho del terminal de productos limpios el beaterio de ep petroecuador
- Denton, D.K. (1985). Seguridad Industrial. Editorial McGraw-Hill.
- Wiley, J & Sons. (2005) System Safety HAZOP and software HAZOP.
- Fernandez - Ríos, M. (1995). Análisis y descripción de los puestos de trabajo. Ed. Díaz de Santos.
- Barrenechea Suso, J. y Ferrer López, M.A. (1998). Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Ed. Deusto. Bilbao.
- Cortés Díaz, J.J. (1997). Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales. Seguridad e Higiene del Trabajo.
- Vaquero Puera, J.L. y Ceña Callejo, R. (1996). Prevención de riesgos laborales: seguridad, higiene y ergonomía. Ed. Pirámide. Madrid.
- www.unefa.edu.ve 2011/ 11/ 15 a las 09:00
- www.compuchanel.seguridadindustrial.com

2011/ 11/ 29 a las 10:30

- www.elcosh.org/.

2011/ 12/ 08 a las 14:00

- www.heuristica.com

2012/ 01/ 11 a las 11:00

- http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/estructdatos2/tema5_1.htm

2012/ 01/ 23 a las 10:00

- <http://macabremoon0.tripod.com/id13.html>

2012/ 01/ 27 a las 14:00

- <http://clintyanyurbis-diagramasdeflujo.blogspot.com/2007/07/diagramas-de-flujo.html>

2012/ 02/ 21 a las 08:45

- www.monografias.com/.../diagrama-de-flujo2.shtml

2012/ 02/ 28 a las 11:30

ANEXOS

Imágenes planta de almacenaje de combustible líquido San José de Chiquitos



Fotografía 1



Fotografía 2



Fotografía 3



Fotografía 4



Fotografía 5



Fotografía 6



Fotografía 7



Fotografía 8



Fotografía 9



Fotografía 10



Fotografía 11



Fotografía 12

MATRIZ DE RIESGO

Método de cálculo:

$R = F * S$

Donde:

F = frecuencia

S = severidad

Nodo 1 - Manifold de distribución, ingreso a tanques – presión - menos

$R = F * S$

$R = 3 * 1$

$R = 3$

Nodo 1 - Manifold de distribución, ingreso a tanques – presión - mas

$R = F * S$

$R = 3 * 1$

$R = 3$

Nodo 1 - Manifold de distribución, ingreso a tanques – mantenimiento - no

$R = F * S$

$R = 3 * 1$

$R = 3$

VALOR DEL RIESGO							
$R = S * F$			SEVERIDAD (S)				
			Menor	Apreciable	Mayor	Severo	Catastrófico
			0	1	2	3	4
FRECUENCIA (F)	Cierto	0					
	Probable	1					
	Posible	2					
	Improbable	3					
	Raro	4					

Nodo 2 - Almacenamiento de productos – Prueba - no

$R = F * S$

$R = 2 * 1$

$R = 2$

Nodo 2 - Almacenamiento de productos– presión - menos

$R = F * S$

$R = 3 * 1$

$R = 3$

Nodo 2 - Almacenamiento de productos– presión – mas

$R = F * S$

$R = 2 * 1$

$R = 2$

Nodo 2 - Almacenamiento de productos – Mantenimiento – no

$R = F * S$

$R = 3 * 1$

$R = 3$

Nodo 2 - Almacenamiento de productos – alivio - no

$R = F * S$

$R = 3 * 1$

$R = 3$

VALOR DEL RIESGO							
R = S * F			SEVERIDAD (S)				
			Menor	Apreciable	Mayor	Severo	Catastrófico
			0	1	2	3	4
FRECUENCIA (F)	Cierto	0					
	Probable	1					
	Posible	2					
	Improbable	3					
	Raro	4					

Nodo 3 - Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas – flujo - menos

$$R = F * S$$

$$R = 2 * 1$$

$$R = 2$$

Nodo 3 - Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas – presión - menos

$$R = F * S$$

$$R = 3 * 1$$

$$R = 3$$

Nodo 3 - Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas – presión – mas

$$R = F * S$$

$$R = 2 * 1$$

$$R = 2$$

Nodo 3 - Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas – Mantenimiento – no

$$R = F * S$$

$$R = 3 * 1$$

$$R = 3$$

VALOR DEL RIESGO								
R = S * F			SEVERIDAD (S)					
			Menor	Apreciable	Mayor	Severo	Catastrófico	
			0	1	2	3	4	
FRECUENCIA (F)	Cierto	0						
	Probable	1						
	Posible	2						
	Improbable	3						
	Raro	4						