

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
IBARRA - ECUADOR**

## ARTÍCULO ESPAÑOL

### TEMA:

**“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”**

**AUTOR: Elaine Virginia Villegas Mantuano**

**DIRECTOR: Ing. Marcelo Puente MSc.**

**ASESOR: Ing. Raúl Baldeón MSc.**

Septiembre, 2012

## RESUMEN

Una de las principales preocupaciones de una compañía debe ser el control de riesgos que atentan contra la salud de sus trabajadores y contra sus recursos materiales y financieros.

Los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales son factores que interfieren en el desarrollo normal de la actividad empresarial, incidiendo negativamente en su productividad y por consiguiente amenazando su solidez y permanencia en el mercado; conllevando además graves implicaciones en el ámbito laboral, familiar y social.

En consideración a lo anterior, la administración y la gerencia de toda compañía deben asumir su responsabilidad en buscar y poner en práctica las medidas necesarias que contribuyen a mantener y mejorar los niveles de eficiencia en las operaciones de la empresa y brindar a sus trabajadores un medio laboral seguro.

Para ello de acuerdo a las disposiciones de la Organización Internacional el Trabajo OIT y las leyes establecidas en el país conforme al Sistema de Riesgos Profesionales, ha de elaborar un Programa de Salud Ocupacional pendiente a preservar, mantener y mejorar la salud individual y colectiva de los trabajadores en sus correspondientes ocupaciones y que deben ser desarrolladas en forma multidisciplinaria.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un análisis de riesgos mediante

la metodología HAZOP, en el Terminal de Productos Limpios “El Beaterio” de EP-PETROECUADOR. La cual 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 proceso, planteadas a través de unas “palabras guía”.

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.

Las instalaciones donde se desarrolla el presente tema de tesis es el Terminal de Productos Limpios “El Beaterio” de EP PETROECUADOR y se ubica al suroeste de la ciudad de Quito, a la altura del Km 13+500 de la carretera Panamericana Sur, en la provincia de Pichincha del cantón Quito, barrio Guamaní, sector el Beaterio.

## CAPÍTULO I

# 1 DESCRIPCIÓN DEL TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS “EL BEATERIO” DE EP PETROECUADOR

En el presente capítulo se realiza una descripción general de las diferentes áreas del Terminal de Productos Limpios “El Beaterio” de EP-PETROECUADOR y se profundiza en las que son puestas a estudio.

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El Terminal de Productos Limpios “El Beaterio”, inició sus operaciones en el año 1980, para recibir los combustibles provenientes de los poliductos Esmeraldas-Quito, Santo Domingo-Beaterio-Ambato y Shushufindi-Quito. De aquí también parte el poliducto Quito-Ambato.

### 1.2 ESTRUCTURA DEL TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS

En el Terminal se realizan básicamente tres actividades que son: la recepción de productos, el almacenamiento y despacho; y la comercialización.

#### 1.2.1 ÁREA DE ALMACENAMIENTO

Para el almacenamiento de los productos, el Terminal dispone de un área de tanques estacionarios verticales, debidamente identificados de acuerdo al producto que contienen, además poseen cubetos o diques para contener el producto del tanque en caso de un derrame.

##### 1.2.1.1 Tanques de almacenamiento con Techo Fijo

Están permanentemente armados al armazón del tanque. Los tanques soldados de 500 bls de capacidad y más largos pueden ser proporcionados con un FRANGIBLE ROOF (diseñado para el cuidado de la liberación de la cubierta soldada de las juntas del armazón en caso ocurra un exceso interno de la presión), en este caso la presión de diseño no excederá la presión equivalente del peso muerto del techo

##### 1.2.1.2 Tanques de almacenamiento con Techo Flotante

Este tipo de tanques es principalmente usado por almacenes cercano a la presión atmosférica.

Los techos flotantes son diseñados para mover verticalmente dentro del armazón del tanque para proporcionar una mínima constante de vacío entre la superficie del producto almacenado y el techo y para proporcionar un sello constante entre la periferia del tanque y el techo flotante.

#### 1.2.2 ÁREA DE BOMBAS

El Beaterio cuenta con 14 bombas centrífugas horizontales con motor eléctrico, que se detallan a continuación:

**Tabla No. 1: Bombas**

Nº	PRODUCTO	CAUDAL PROMEDIO (GAL/MIN)
3	Diesel 2	500
5	Gasolina Extra	400-500
1+1 (*)	Gasolina Súper	400-500
1	Diesel 1	383
2	Jet Fuel	600

**Fuente:** EP-PETROECUADOR

**Elaborado por:** Elaine Villegas

### 1.2.2.1 Bombas Centrífugas.

Una bomba centrífuga es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio llamado rodete en energía cinética y potencial requeridas.

El flujo entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno su forma lo conduce hacia las tabuladoras de salida o hacia el siguiente rodete (siguiente etapa).

### 1.2.3 ÁREA DE CARGA Y DISTRIBUCIÓN

Comprende 24 brazos de carga con sus respectivos equipos electrónicos de

medición, válvulas y accesorios, de los cuales cuatro pertenecen a la carga ventral, mismos que no emanan vapores al medio ambiente, sino se recogen en una planta para volverlos a licuar y despachar a un tanque.

**Tabla No. 2: Carga y Distribución**

PRODUCTO	PROMEDIO DESPACHO (GDC)
Gasolina Súper	220.000
Gasolina Extra	600.000
Diesel 2	150.000
Diesel Premium	600.000
Jet Fuel	120.000

**Fuente:** EP-PETROECUADOR (Balance Consolidado Terminales)

**Elaborado por:** Elaine Villegas

### 1.2.3.1 Brazo de carga superior

El brazo de carga superior es muy utilizado para la carga de cisternas, tanto de camión como de ferrocarril. La carga se realiza por la boca de hombre situada en la parte superior de la cisterna. Según la naturaleza del producto (no peligroso, sin evaporización de gases tóxicos...), la carga se puede realizar abierta, es decir que la boca de hombre no está recubierta.

### 1.2.3.2 Carga Ventral

La carga ventral (Bottom Loading) es una metodología utilizada para el despacho de autotanques, a través de un sistema de válvulas y cañerías montadas en la parte inferior de las cisternas del camión.

Los brazos de despacho de carga mixta y ventral, el sistema de recuperación de vapores; instaladas válvulas, tuberías, sensores de sobrellenado y demás accesorios que garantizan la seguridad de la operación se encuentran instalados para su óptimo funcionamiento.

Para el despacho de carga mixta, las islas en el terminal Beaterio, podrán abastecer simultáneamente de gasolina extra y diesel Premium; gasolina extra y diesel dos; gasolina súper y diesel dos; todos estos productos se demoran en llenar un tiempo promedio de 30 minutos.

## **1.2.4 ÁREA DE EFLUENTES ACEITOSOS**

Compuesta por una piscina de separación API de efluentes, que impide enviar productos contaminados al medio ambiente, equipo de recuperación de productos y filtro de agua residual.

## **1.2.5 ÁREA DE GENERACIÓN DE EMERGENCIA Y TABLEROS DE CONTROL**

Compuesta por dos generadores de 250 KVA y 120 KVA, dos transformadores de 500 KVA, y dos tableros de control MCC1 y MCC2.

## **1.3 ESTACIÓN REDUCTORA**

Es la encargada de recibir los productos limpios a través del Poliducto Esmeraldas- Sto. Domingo- Quito a 900 PSI y se reduce la presión

hasta 80 PSI y a través del Poliducto Shushufindi-Quito, para ello cuenta con dos válvulas reductoras de presión, sistema de filtrado de productos, dos trenes de medición de productos, manifold de distribución, trampa de recepción de equipos de limpieza, tanques de alivio y sumidero, sala de control de operaciones, oficina de supervisión

## **1.4 ESTACIÓN DE BOMBEO**

La Estación de Bombeo está compuesta por tres equipos de bombeo con motores de 420 HP y bombas de ocho etapas; Se bombean 450 barriles/hora a través del Poliducto Quito-Ambato, con una presión de 1200 PSI. Además cuenta con área destinada al lanzamiento de los equipos de limpieza.

## **1.5 PLANTA DE JET FUEL Y MEZCLA**

En la planta de Jet Fuel se realiza la recepción, tratamiento, deshidratación y eliminación de sólidos de jet fuel, para proceder a entregar vía autotank para el abastecimiento a los aeropuertos. En la planta de mezclas se realizan las operaciones de procesos que permiten la preparación de gasolina extra, en base de naftas de bajo y alto octano.

## **1.6 UNIDAD DE MANTENIMIENTO**

Se encarga de la programación y ejecución del mantenimiento de todos los equipos rotativos (motores eléctricos, bombas, dosificadores, generadores, medidores, etc.), equipos

estáticos (válvulas de seguridad, de compuerta, de bola, etc.), tanques de almacenamiento y líneas de flujo de los diferentes sistemas existentes en los terminales y depósitos de la Gerencia de Transporte y Almacenamiento de la Región Norte de acuerdo a un programa anual preventivo, así también como correctivo y de taller. Todo el mantenimiento citado se lo realiza de acuerdo al sistema computarizado de maintracker.

## **1.7 MANTENIMIENTO POLIDUCTO QUITO – AMBATO**

Se realizan las siguientes actividades:

- Mantenimiento de línea: Mantenimiento de derecho de vía, Construcción de variante de línea, Pintura de pasos elevados, bayonetas, Limpieza de cunetas y drenajes, etc.
- Mantenimiento electromecánico: Mantenimiento preventivo programado de motores y bombas, overholes cada 6.000 y 12.000 horas.
- Mantenimiento mecánico: Mantenimiento preventivo y correctivo de motores y bombas en caso de eventualidades.
- Mantenimiento eléctrico: Mantenimiento preventivo y correctivo de medidores, actuadores, etc.

## **1.8 INTENDENCIA DE SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE**

Las actividades de Seguridad Industrial y protección Ambiental de la Gerencia Regional Norte se encuentra centralizada en esta Unidad, la misma que se encarga principalmente de:

- Cumplir y hacer cumplir las normas de seguridad industrial y protección ambiental vigentes.
- Capacitar al personal en temas de seguridad industrial y protección ambiental.
- Asistencia técnica y emisión de permisos de trabajo en áreas operativas en actividades consideradas de riesgo.
- Elaboración de análisis de riesgos, impacto ambiental y proyectos ambientales.
- Inspecciones de seguridad en las áreas de trabajo.
- Supervisión, recepción y fiscalización de trabajos del sistema contra incendio de las unidades técnico-operativas.
- Actualizar planes de emergencia y capacitar al personal en ellos.
- Elaboración de índices de accidentalidad y siniestralidad.

## **1.9 INSPECCIÓN TÉCNICA**

Las actividades que realiza esta unidad son las siguientes:

- Planificar y coordinar actividades de control de la corrosión y protección catódica en las instalaciones de

poliductos, terminales y depósitos.

- Diseñar, ejecutar y controlar proyectos de protección catódica en poliductos y tanques de almacenamiento.
- Preparar especificaciones técnicas, presupuestos y cualquier tipo de información técnica de proyectos de ingeniería de protección.
- Cumplir y hacer cumplir las recomendaciones, procedimientos y normas técnicas con respecto a la inspección técnica.

## **1.10 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES**

El laboratorio de control de calidad de combustibles realiza el análisis de calidad de los hidrocarburos al ingreso por los poliductos: Esmeraldas-Sto. Domingo-Quito, y Shushufindi-Quito, y a la salida por el poliducto Quito-Ambato, así como para despachos a las comercializadoras. Además se realiza el análisis de: Aguas residuales y agua potable. Productos químicos: solventes y desengrasantes.

## **1.11 INSTALACIONES DE APOYO**

Las instalaciones de apoyo están comprendidas por bodegas de almacenamiento, oficinas, talleres pequeños, comedor, cocina y dispensario médico.

## **1.12 COMERCIALIZACIÓN**

Comprende las áreas de: Jefatura, Secretaría, Tesorería y Canje. Se desarrollan actividades administrativas de comercialización.

### **1.12.1 CLIENTES**

El Terminal de Productos Limpios “El Beaterio” entrega sus productos a las siguientes comercializadoras:

- Petróleos y Servicios
- Repsol
- Lutexa
- Mas Gas
- Tripetrol
- Dispetrol
- EP PETROECUADOR
- ExxonMobil
- Comdecsa
- Energygas S.A
- Clima ServicesWorld S.A
- Parceshi S.A

Adicionalmente se realizan transferencias de gasolina súper a Shushufindi y gasolina base a la Refinería Esmeraldas y Terminal Pascuales.

## **1.13 LOGROS Y PROYECTOS AMBIENTALES**

El Terminal de Productos Limpios “El Beaterio” cuenta con el PLAN DE MANEJO AMBIENTAL aprobado por la Dirección Nacional de Protección Ambiental (DINAPA), el mismo que a partir de este año comienza con su implantación. Se tiene planificado realizar la implantación del Sistema de Gestión

Ambiental para su certificación bajo la Norma ISO 14001

## 1.14 CERTIFICACIONES

- Certificado de Licenciamiento Ambiental otorgado por el Ministerio de Minas y Petróleos. Licencia Ambiental No. 001-2009.
- Certificación de cumplimiento de normas internacionales API o DIN y normas de seguridad industrial, vigentes en el país, otorgado por Veripet.

## CAPÍTULO 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.

### 2.2 MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Básicamente, existen dos tipos de métodos para la realización de análisis de riesgos que son:

- Métodos Cualitativos
- Métodos Semicualitativos

#### 2.2.1 MÉTODOS CUALITATIVOS 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.

##### 2.2.1.1 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.

### **2.2.1.2 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.

### **2.2.1.3 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.

### **2.2.1.4 Análisis Preliminar de Riesgos (APR): Preliminary Hazard Analysis (PHA)**

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.

### **2.2.2 MÉTODOS CUALITATIVOS 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.

## **2.2.2.1 Análisis "What if...?": ¿Qué pasaría si...?**

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.

## **2.2.2.2 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.

## **2.2.2.3 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.

## **2.2.2.4 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.

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.

### **2.2.2.5 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".

### **2.2.3 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.

#### **2.2.3.1 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.

#### **2.2.3.2 Índice de Mond**

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.

## **CAPÍTULO III**

### **3 GENERALIDADES BÁSICAS DEL 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.

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.

### 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.

### 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.

### 3.1.3 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA

La técnica del Hazop se empezó a utilizar más ampliamente después del desastre del Flixborough, en el cual, una explosión en una planta química mató a 28 personas, la mayoría de las cuales eran vecinos de la planta.

A través del intercambio de ideas y personal, la metodología se adoptó por parte de la industria de petróleo, que tiene un potencial similar de desastres mayores.

Las industrias del agua y alimentos, fueron las siguientes, donde el riesgo potencial es grande, pero de una naturaleza diferente, donde hay más preocupación con la contaminación, en el lugar de las emisiones químicas o explosiones.

### 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.

#### 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.

#### 3.2.2 PALABRAS PRIMARIAS

Estas reflejan tanto el propósito, como aspectos operacionales de la planta bajo estudio. Palabras típicas orientadas al proceso, pudieran ser las siguientes:

#### 3.2.3 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 No. 3: Guías estándar**

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

**Fuente:** Dinámica Heurística

**Elaborado por:** Elaine Villegas

**Tabla No. 4: Guías auxiliares para procedimientos**

¿Cómo?	¿Cómo se logrará 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 dónde se efectuará el paso u operación?
Verificación	¿Cómo se puede verificar que el paso se haya realizado apropiadamente? ¿Es necesario que un supervisor revise nuevamente la operación?

**Fuente:** Dinámica Heurística

**Elaborado por:** Elaine Villegas

**Tabla No. 5: Guías para procedimientos**

No	No realiza el paso u operación. Un paso u operación importante en el proceso se omite.
Más	Se hace más de lo especificado o requerido en un sentido cuantitativo (ej. Se abre una válvula completamente cuando se requiere solo abrir parcialmente)
Menos	Se hace menos de lo especificado o requerido en un sentido cuantitativo (ej. Purgar un depósito por 5 minutos en lugar de 10 minutos)
Además de	Se hace más de lo especificado en un sentido cualitativo. (Ej. Se abren las válvulas para varios tanques cuando solo se requiere para una)
Parte de	Se realiza una parte de un paso en un sentido cualitativo (ej. Se cierra solo una válvula cuando el procedimiento dice que se cierren todo el grupo y se abra la válvula de sangrado)
Reversa	Se hace lo opuesto a lo especificado. (Ej. Se abre una válvula cuando el procedimiento dice que se debe cerrar)
Otro que	Se hace algo diferente a lo requerido (ej. Se abra la válvula equivocada)

**Fuente:** Dinámica Heurística

**Elaborado por:** Elaine Villegas

### 3.3 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 bajo estudio, en un esfuerzo de descubrir problemas potenciales. Los resultados se registran, en un formato de tabla o matriz con los siguientes encabezados principales.

**Tabla No. 6: Formato de Hoja de Trabajo**

DES	CAU	CON	SAL	AC

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Elaine Villegas

**DES= DESVIACIÓN**

**CAU= CAUSA**

**CON= CONSECUENCIA**

**SAL= SALVAGUARDA**

**AC= ACCIÓN**

### 3.4 GRUPO DE TRABAJO

El grupo de trabajo, que conducirá el estudio de HAZOP, debe consistir de personas con una buena comprensión del proceso y de la planta bajo estudio. El grupo, idealmente debe formarse por alrededor de seis miembros y con un máximo de nueve. En un estudio que involucre la participación de contratistas y clientes, es aconsejable mantener un balance entre los dos grupos, en cuanto al número de personas participando.

### 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.

### **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.

### **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.

### **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.

### **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.

### **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.

### **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:

### **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.

### **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.

## **CAPÍTULO IV**

### **4 DIAGRAMAS DE FLUJO Y DE PROCESOS EN LAS ÁREAS DE ALMACENAMIENTO, PATIO DE BOMBAS Y DESPACHO DEL TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS “EL BEATERIO” DE EP PETROECUADOR.**

Para un mayor entendimiento de los diagramas de flujo y de proceso se realiza una breve explicación.

#### **4.1 INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo ayuda a comprender el proceso realizado por la empresa, para ello es muy importante comprender que cada paso en el proceso crea relaciones o dependencias

entre unos y otros para lograr la realización del trabajo. Cada paso del proceso depende en uno o varios proveedores de materiales o servicios y en algunos casos de información o recursos, los cuales deben ser confiables, libres de defectos, oportunos y completos. En contraposición, aquellos que son los receptores del o de los productos del proceso deben asentar claramente sus requerimientos y dar a conocer cuando no están recibiendo lo esperado.

#### 4.2 SIMBOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS DIAGRAMAS, INSTRUMENTOS Y TUBERÍAS

Para la realización de los diagramas de flujo correspondientes a los diferentes procesos del Terminal de Productos Limpios “El Beaterio”, lugar de nuestro estudio, es importante dar a conocer primero las diversas simbologías usadas dentro de los mismos, de esta manera se hará más fácil su comprensión.

##### 4.2.1 BOMBAS COMPRESORES

Los gráficos presentados a continuación representan las diferentes clases de bombas usadas en la industria al igual que su representación dentro de un proceso. Es de mucha importancia conocerlos para el entendimiento de los diagramas de flujo.



Bomba Centrífuga Horizontal



Bomba Centrífuga



Bomba de Desplazamiento Positivo



Bomba Centrífuga en Línea

##### 4.2.2 IMPULSORES

Los impulsores o motores son aquellos que brindan la energía necesaria a los instrumentos para su funcionamiento. En esta sección se detallara gráficamente los diferentes tipos de impulsores usados dentro de los procesos y su correcta representación dentro de la industria.



Motor Eléctrico



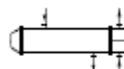
Impulsado por Turbina



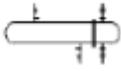
Impulsado por motor de Diesel/Motor de Gas

##### 4.2.3 INTERCAMBIADORES DE CALOR

Los intercambiadores de calor son aquellos que varían y gradúan la temperatura transformándola en la requerida para el correcto funcionamiento de un instrumento, los diferentes tipos son presentados a continuación junto con su representación gráfica.



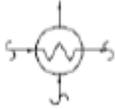
Intercambiador/Enfriador/condensador



Intercambiador/Enfriador/Condensa.



Intercambiador/Enfriador/Condensa.



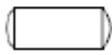
Intercambiador/Enfriador/Condensa.

**4.2.4 RECIPIENTES/SECADORES/SEPARADORES/ACUMULADORES**

A continuación se muestran las representaciones gráficas de los separadores, secadores y acumuladores a usarse dentro de un proceso industrial.



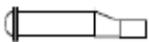
Recipiente Vertical



Recipiente Horizontal



Lanzador



Recibidor

**4.2.5 TANQUES**

Dentro de la automatización, la correcta representación de los tanques de almacenamiento es muy importante debido a que su gráfica varía de acuerdo al producto que contenga cada uno.



Tanque de Techo Cónico



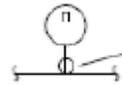
Tanque de Techo Flotante



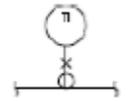
Tanque de Techo Cúpula o Domo

**4.2.6 INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA**

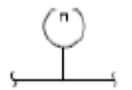
A continuación se muestran algunas representaciones de instrumento de temperatura.



Elemento de Temperatura



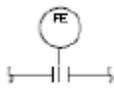
Indicador de Temperatura Conectado por el Tubo Capilar



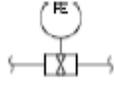
Indicador de Temperatura Montado Directo

**4.2.7 INSTRUMENTOS DE FLUJO**

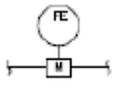
Los instrumentos de flujo varían de acuerdo a su función específica, a continuación presentamos algunos de los más conocidos y su representación gráfica.



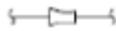
Placa de Orificio



Turbina o Hélice



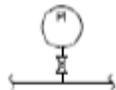
Tipo Magnético



Tobera

#### 4.2.8 INSTRUMENTOS DE PRESIÓN

En esta sección hemos colocado dos de los más importantes instrumentos de presión con la finalidad de mostrar la representación gráfica de los mismos.



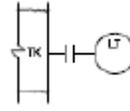
Indicador de Presión Montado Directo



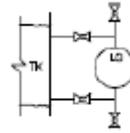
Instrumento de Presión con sello de Diafragma

#### 4.2.9 INSTRUMENTOS DE NIVEL

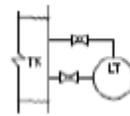
En esta sección se mostrará algunos ejemplos gráficos de los instrumentos de nivel a fin de reconocerlos fácilmente al momento de leer un diagrama de flujo.



Elemento de Nivel/Transmisor de Nivel



Tubo Indicador conectado externamente



Transmisor de Nivel de Presión Diferencial

#### 4.2.10 ACTUADORES

Dentro del estudio de las válvulas es importante conocer los diferentes tipos de actuadores con que las mismas trabajan ya que esto nos permitirá realizar una correcta selección.



Actuador Manual



Actuador de Diafragma



Actuador Diafragma de Presión Balanceada



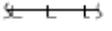
Actuador con Volante



Cilindro Neumático de acción simple Retorno de Resorte

#### 4.2.11 SÍMBOLOS DE LÍNEAS DE INSTRUMENTOS

Los diferentes tipos de señales o líneas de conexión deben estar correctamente señalizados y representados para que no exista confusión, por esta razón mostraremos la forma correcta en que estas deben representarse en un diagrama de flujo.

-  Conexión al Proceso
-  Tubería Capilar
-  Señal Neumática
-  Señal Eléctrica
-  Señal Hidráulica

#### 4.2.12 SÍMBOLOS DE INSTRUMENTACIÓN PARA VÁLVULAS

Las válvulas como hemos mencionado anteriormente son unos de los principales y más comunes instrumentos a representarse dentro de un diagrama de flujo es por esta razón que se debe conocer la correcta manera de graficar los diferentes tipos existentes.

-  Válvula de Compuerta (GA)
-  Válvula de Bola (BA)
-  Válvula Eléctrica (PL)
-  Válvula de Aguja (NE)
-  Válvula de Globo (GL)

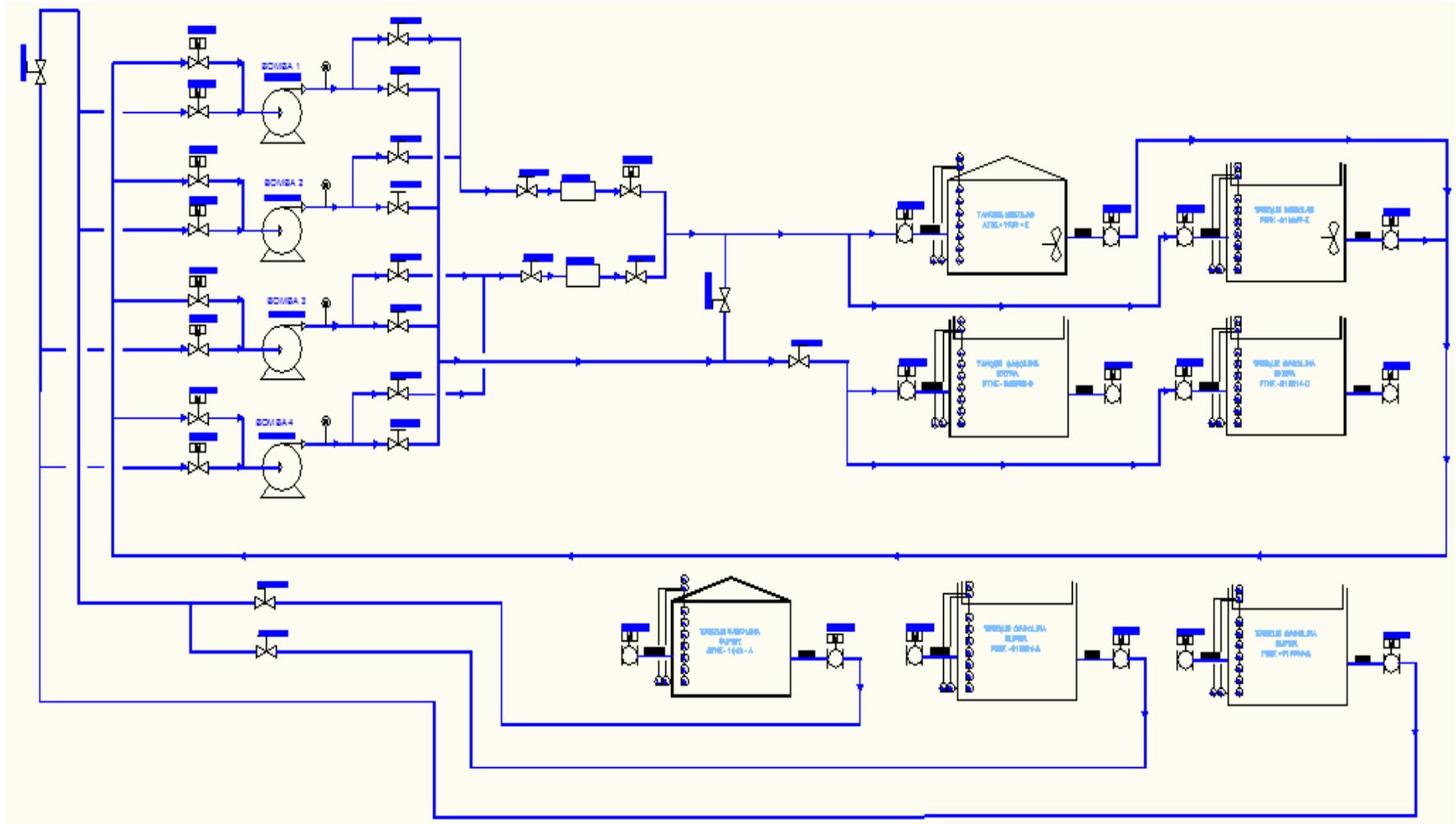
 Válvula Check (CH)

 Válvula de Mariposa (BU)

#### 4.4 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LAS ÁREAS DE ALMACENAMIENTO, PATIO DE BOMBAS Y DESPACHO DEL TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS “EL BEATERIO”

Los gráficos presentados a continuación son los diagramas de flujo y PI&DS correspondientes a los procesos realizados en el Terminal de Productos Limpios El Beaterio, los mismos que muestran el flujo del producto para tener un mejor entendimiento de los mismos.

Gráfico No. 1: Mezclas



Fuente: EP Petroecuador  
Elaborado por: Elaine Villegas

## CAPÍTULO V

### 5 SIMULACIÓN Y ANÁLISIS HAZOP EN LAS ÁREAS DE ALMACENAMIENTO, PATIO DE BOMBAS Y DESPACHO

La simulación y análisis mediante la metodología HAZOP en las áreas de almacenamiento, patio de bombas y despacho permitirá determinar las posibles fallas de operabilidad y como estas pueden afectar al proceso.

#### 5.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se da una descripción general de los requerimientos y objetivos de la Administración de Seguridad de los Procesos (ASP) al conducir un Análisis de Riesgo del Proceso (ARP).

Toda actividad humana lleva en sí un riesgo. En la vida cotidiana o en un día ordinario, las posibilidades de que algo falle en las actividades humanas están presentes.

#### 5.2 ENFOQUE DEL ANÁLISIS

Se determinó la necesidad de un Análisis de Riesgo del Proceso de Almacenamiento, Patio de Bombas y Despacho teniendo en cuenta que son las áreas más riesgosas debido a que trabajan constantemente con combustible.

#### 5.3 REGISTRO DE LOS DATOS DEL PROYECTO

En las reuniones de expertos HAZOP se determina desde desviaciones del intento de diseño hasta las salvaguardas que se deben implementar. Es importante mencionar que a partir de este punto el programa SCRI HAZOP 1.3 es de gran ayuda para la organización de los datos. La reunión comienza por registrar todos los datos del proyecto y del sistema analizar.

#### 5.4 CREACIÓN DE NODOS

Tabla No. 7: Nodos

	NODO	DESCRIPCION
1	Manifold de distribución, ingreso a tanques y salida de producto a través de válvulas.	Manifold de distribución, válvula de ingreso tanque, válvula de salida de producto del tanque,
2	Almacenamiento de interfase de producto desde válvula de entrada hasta válvulas de salida tanque Slop	Válvulas, Tanque Slop, Tanques de almacenamiento

Fuente: SCRI HAZOP 1.3

Elaborado por: Elaine Villegas

**Continuación de la tabla No.11:  
Nodos**

	<b>NODO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
3	Separación del producto de interfase, desde válvula de ingreso al tanque Slop hasta válvulas de salida de producto hasta tanques de almacenamiento de producto.	Tanque Slop, válvulas, tanques de producto, tuberías de producto.
4	Trasvasije, Desde válvula de salida de tanques de almacenamiento de producto hacia válvula de entrada a los tanques de mezclas.	Válvulas, tanque mezclas, tanque de productos, tubería.
5	Almacenamiento del producto final desde válvula de salida de tanques de mezclas hasta válvula de entrada a tanques de almacenamiento de productos.	Tanques de mezclas, válvulas, tanques de almacenamiento de productos, bombas, tubería.

**Fuente:** SCRI HAZOP 1.3  
**Elaborado por:** Elaine Villegas

**Continuación de la tabla No.11:  
Nodos**

	<b>NODO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
6	Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas	Válvulas, tubería, bombas, tanques de almacenamiento de productos.
7	Despacho de productos desde patio de bombas hasta islas de carga	Válvulas, tubería, aculoads
8	Despacho de productos a auto tanques, desde islas de carga.	Tanques de producto, Válvulas, bombas, válvulas de descarga, válvulas de ingreso y salida de tanques.

**Fuente:** SCRI HAZOP 1.3  
**Elaborado por:** Elaine Villegas

### 5.5 PARÁMETROS

**Tabla No. 8: Parámetros para cada nodo**

	<b>NODO</b>	<b>PARÁMETROS</b>
1	Manifold de distribución, ingreso a tanques y salida de producto a través de válvulas.	Presión, Mantenimiento

**Fuente:** SCRI HAZOP 1.3  
**Elaborado por:** Elaine Villegas

**Continuación Tabla No. 12:  
Parámetros para cada nodo**

	<b>NODO</b>	<b>PARÁMETROS</b>
<b>2</b>	Almacenamiento de interfase de producto desde válvula de entrada hasta válvulas de salida tanque Slop	Composición, Muestreo, Mantenimiento
<b>3</b>	Separación del producto de interfase, desde válvula de ingreso al tanque Slop hasta válvulas de salida de producto hasta tanques de almacenamiento de producto.	Composición, Muestreo, Mantenimiento
<b>4</b>	Trasvasije, Desde válvula de salida de tanques de almacenamiento de producto hacia válvula de entrada a los tanques de mezclas.	Nivel, Adición, Mantenimiento

**Fuente:** SCRI HAZOP 1.3  
**Elaborado por:** Elaine Villegas

**Continuación Tabla No. 12:  
Parámetros para cada nodo**

	<b>NODO</b>	<b>PARÁMETROS</b>
<b>5</b>	Almacenamiento del producto final desde válvula de salida de tanques de mezclas hasta válvula de entrada a tanques de almacenamiento de productos.	Presión, Mantenimiento, Prueba, Alivio
<b>6</b>	Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas	Flujo, Presión, Mantenimiento
<b>7</b>	Despacho de productos desde patio de bombas hasta islas de carga	Flujo, Presión, Mantenimiento
<b>8</b>	Despacho de productos a auto tanques, desde islas de carga.	Flujo, Presión, Seguridad

**Fuente:** SCRI HAZOP 1.3  
**Elaborado por:** Elaine Villegas

### 5.15 MATRIZ DE RIESGOS

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.

**5.16 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 No. 9: Condición del Riesgo**

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

Fuente: Obtenido de SCRI HAZOP 1.3  
Elaborado por: Elaine Villegas

**5.17 DETERMINACIÓN DE CONSECUENCIAS Y SEVERIDAD**

**Tabla No. 10: Escala de severidad para desviaciones al intento de diseño en equipos**

CONSECUENCIA (SEVERIDAD)	
NIVEL	DESCRIPCIÓN
<b>Ligeramente dañino</b>	Lesiones leves no incapacitantes, pérdida de material leve (< XX UF). Molestias superficiales, disconfort.
<b>Dañino</b>	Incapacidades transitorias. Pérdida de material de costo moderado (XX - XX UF). Enfermedades incapacitantes menores.
<b>Extremadamente dañino</b>	Incapacidades permanentes. Lesiones serias o muerte. Pérdida de material de alto costo (> XX UF). Litigios o pleitos judiciales. Pérdida de reputación.

Fuente: Obtenido de SCRI HAZOP 1.3  
Elaborado por: Elaine Villegas

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 No. 11: Probabilidad del Riesgo**

PROBABILIDAD	
NIVEL	DESCRIPCION
<b>Baja</b>	El incidente y daño ocurrirá menos del 10% de las veces. (inverosímil/raro)
<b>Media</b>	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)
<b>Alta</b>	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)

**Fuente:** Obtenido de SCRI HAZOP 1.3

**Elaborado por:** Elaine Villegas

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.

## 5.20 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

**Tabla No. 12: Valoración del Riesgo**

NODO	VALORACIÓN DEL RIESGO
1. Manifold de distribución, ingreso a tanques y salida de producto a través de válvulas.	12
2. Almacenamiento de interfase de producto desde válvula de entrada hasta válvulas de salida tanque Slop	15
3. Separación del producto de interfase, desde válvula de ingreso al tanque Slop hasta válvulas de salida de producto hasta tanques de almacenamiento de producto.	12
4. Trasvasije, Desde válvula de salida de tanques de almacenamiento de producto hacia válvula de entrada a los tanques de mezclas.	22

**Continuación Tabla No. 13:  
Valoración del Riesgo**

NODO	VALORACIÓN DEL RIESGO
5. Almacenamiento del producto final desde válvula de salida de tanques de mezclas hasta válvula de entrada a tanques de almacenamiento de productos.	25
6. Despacho de tanques de almacenamiento de productos a patio de bombas	15
7. Despacho de productos desde patio de bombas hasta islas de carga	15
8. Despacho de productos a auto tanques, desde islas de carga.	14
$\Sigma$ Riesgos=	130
Riesgo promedio Terminal de Productos Limpios Beaterio	16.25

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 semi cuantitativa aquellos accidentes que poseen riesgos inaceptables. Para luego realizar un plan de acciones correctivas.

Según la matriz de riesgos elaborada por el grupo de expertos el riesgo promedio calculado 16.25; tiene un índice de riesgo INACEPTABLE, puesto que este valor oscila entre los rangos de 10 – 30, 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.

## 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 la terminal de productos limpios Beaterio.
- 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 (PI&D's).
- Las escalas de medición del riesgo de 10-30 (Inaceptable), 4-9 (Moderado) y 1-3 (Bajo) determinada por el grupo de expertos y el líder HAZOP se la realizó tomando en cuenta la infraestructura del terminal, experiencia del personal y estudios HAZOP realizados con anterioridad en procesos similares.
- Para la realización del análisis HAZOP se requiere la participación obligatoria de los supervisores de las áreas de operaciones, producción, seguridad, por lo menos un representante por cada área.
- El tiempo de desarrollo del análisis varía según la complejidad del proceso, en el caso del terminal Beaterio las sesiones HAZOP se las realizó en aproximadamente el período de seis meses, llevándose a cabo dos sesiones por semana, siendo de suma importancia recalcar que cada sesión se la debe realizar con el mismo equipo de trabajo, de esta manera no se pierde la continuidad y objetividad del análisis.
- 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 16.25, y comparando este resultado con la escala 10-30 (Inaceptable), es considerado de alto 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.

## RECOMENDACIONES

Para reducir la valoración de riesgo del Terminal de Productos Limpios Beaterio, 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 del Terminal de Productos Limpios “El Beaterio”
- Evaluar y registrar la información obtenida del mantenimiento preventivo realizado a los equipos del Terminal.
- Completar los diagramas de proceso e instrumentación (PI&D’s), con sus respectivos set points (flujo, nivel, presión, temperatura).
- Dentro de los P&ID’S actualizar la nomenclatura para cada equipo.
- Rediseñar los layouts respectivos del Terminal, esto servirá para futuros análisis operacionales.
- Reforzar el plan de contingencia para tomar acciones y medidas preventivas correspondientes a cada área de estudio.
- Implementar un manual de procedimiento para la coordinación con poliducto, en caso de un eventual paro de operaciones por emergencia.
- 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.
- Para poder realizar un análisis más profundo se recomienda una cooperación más formal y directa con los jefes de las áreas a estudio para tener acceso a más información como la frecuencia de

mantenimiento de cada operación y el personal involucrado, así como un historial de accidentes o fallas de operabilidad para poder validar los resultados obtenidos con el análisis. Además de la información de un grupo de expertos que estén 100% involucrados en el proceso.

## 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. Echeverría, 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.
- 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](http://www.unefa.edu.ve)  
2011/ 11/ 15 a las 09:00
- [www.compuchanel.seguridadindustrial.com](http://www.compuchanel.seguridadindustrial.com)  
2011/ 11/ 29 a las 10:30
- [www.elcosh.org/](http://www.elcosh.org/).  
2011/ 12/ 08 a las 14:00
- [www.heuristica.com](http://www.heuristica.com)  
2012/ 01/ 11 a las 11:00

- [http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/estructdatos2/tema5\\_1.htm](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](http://www.monografias.com/.../diagrama-de-flujo2.shtml)  
2012/ 02/ 28 a las 11:30

