

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL



ESTUDIO DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS
COMO INSTRUMENTO DE GESTIÓN AMBIENTAL

ESTUDIO DE CASO :
PLANTA ENVASADORA Y DE ALMACENAMIENTO
DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA SANITARIA

AMELIA BEATRIZ CAMACHO GONZÁLEZ

LIMA - PERU

1997

*A mis queridos padres EMMA y AGUSTÍN quienes
con su esfuerzo, cariño y entusiasmo me dieron lo
más lindo de su ser eternamente agradecida.
Que DIOS los bendiga !!!*

A ti querido EUGENIO compañero de mi vida, por tu comprensión y ayuda, porque tu gran amor siempre me alienta... Y a ti mi querida LORENA BEATRIZ porque con tu sonrisa angelical disipas cualquier cansancio, haciéndome sentir la alegría de vivir....!!!

AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Ing. **Jorge Ponce**, Decano de la Facultad de Ingeniería Ambiental, quien en todo momento me transmitió espíritu colaborador y entusiasmo, demostrando gran interés y preocupación por la Calidad de la Enseñanza, haciendo de ella muy dinámica, especialmente por difundir y enfatizar temas actuales relacionados con la Gestión Ambiental.

Al Ing. **José Beteta**, Director de la Escuela de Ingeniería Sanitaria - Facultad Ingeniería Ambiental, por su gran apoyo, comprensión y loable dedicación a optimizar el nivel académico, engrandeciendo nuestra querida Alma Mater. También, mi reconocimiento a los docentes y trabajadores de la Facultad de Ingeniería Ambiental - UNI, por la dedicación y facilidades en alcanzar los objetivos durante mi formación universitaria.

A los Ings. **César Rodríguez** y **Fausto Roncal** por el aporte brindado para concluir satisfactoriamente el presente estudio.

Al Ing. **Ricardo Serpa**, Gerente de la División de Operaciones Especiales (DEO) de la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental del Estado de São Paulo - CETESB, y personal de esta División por brindar las facilidades de la infraestructura técnica, experiencia y gestión en la obtención de información necesaria en el desarrollo del estudio.

A los Directores de la Compañía de Gas de São Paulo, Brasil, por permitirme tener acceso directo a las instalaciones de su empresa industrial - Planta Envasadora y de Almacenamiento de gas licuado de petróleo y al personal técnico que colaboró con su experiencia.

A los Ingenieros **Luis Meiches** y **Luiz Awazu**, Gerentes de la Empresa Consultora MKR Gerenciamiento de Riesgos, por haberme dado la oportunidad de formar parte del equipo técnico y así poder ejecutar los proyectos relacionados a Gestión Ambiental.

... A todos Uds. mis sinceros reconocimientos !!!

"El talento científico consiste en dar una solución simple, que el propio científico sabe que no sería la más correcta, pero sí la única que puede dar en aquel momento, para hacer avanzar el conocimiento".

(Mario Schemberg)

RESUMEN EJECUTIVO

El desarrollo de la industria ha contribuido a los grandes avances de la humanidad en todo orden de cosas, sin embargo estos beneficios han traído consigo problemas ambientales, evidenciándose sobre todo en estos últimos años los accidentes de carácter tecnológicos, debido a la complejidad de los procesos que se desarrollan en la industria petroquímica y, a los riesgos que implica el manejo de los insumos y productos generados como es el caso del gas licuado de petróleo (GLP) altamente inflamable.

En tal sentido, este trabajo de Investigación desarrolla el marco conceptual y las técnicas del análisis y evaluación de riesgos en accidentes industriales, mediante un estudio de caso práctico aplicado a una planta envasadora y de almacenamiento en São Paulo - Brasil; las que permitió identificar y evaluar los riesgos a través del Análisis histórico de accidentes, Análisis de operabilidad (HazOp), Árbol de fallas y Árbol de Eventos, así como estimar las posibles consecuencias, analizando la vulnerabilidad de la zona.

Cabe resaltar que el análisis histórico de accidentes, se basó en el Banco de Datos de la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental (CETESB), División de Operaciones Especiales (DEO) del estado de São Paulo, Brasil.

El desarrollo de la tesis nos direcciona a afirmar categóricamente que, el análisis de los accidentes ambientales generados por la industria, es una actividad necesaria para contribuir a una adecuada gestión ambiental mediante la aplicación de las técnicas de evaluación de riesgos. Asimismo, de los resultados aquí presentados se concluye que, en caso de producirse algún evento indeseable en la compañía objeto del estudio, las consecuencias serían de grandes proporciones, afectando no solo a la industria, sino también al ambiente y a la comunidad, en términos de daños humanos, materiales y/o financieros.

Finalmente, se proponen medidas de control y mitigación de los riesgos.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1 - REVISIÓN DE LA LITERATURA	4
1.1 Terminología y Definiciones	4
1.1.1 Accidente Ambiental	4
1.1.2 Área sensible	4
1.1.3 Deflagración	4
1.1.4 Rango de Inflamabilidad	4
1.1.5 Inflamabilidad	5
1.1.6 Gases Inflamables	5
1.1.7 Límite Inferior de Inflamabilidad	5
1.1.8 Límite Superior de Inflamabilidad	5
1.1.9 Nivel de Peligrosidad	5
1.1.10 Planta de Almacenamiento	5
1.1.11 Punto de Ebullición	5
1.1.12 Punto de Fulgor	6
1.1.13 Substancia	6
1.1.14 Temperatura de Ignición	6
1.1.15 Riesgo (Hazard)	6
1.1.16 Nivel de Riesgo (Risk)	6
1.1.17 Peligro (Danger)	6
1.1.18 Daño (Damage)	7
1.1.19 Causa	7
1.1.20 Seguridad	7
1.2 Características del Producto Químico : Gas Licuado de Petróleo (GLP)	7
1.3 Normas en la Gestión Ambiental	8
1.3.1 Nivel nacional	8
1.3.2 Nivel internacional	19

1.4	Caracterización del Proceso Industrial	20
1.4.1	Almacenamiento del GLP	20
1.4.1.1	Parque de tanques	20
1.4.1.2	Reservorio de decantación	20
1.4.2	Equipos de Medición	22
1.4.2.1	Indicador de nivel vertical	22
1.4.2.2	Indicador de nivel porcentual magnético	22
1.4.2.3	Indicador de presión	26
1.4.2.4	Indicador de temperatura	26
1.4.3	Equipos de Seguridad	26
1.4.3.1	Válvula de seguridad	26
1.4.3.2	Válvulas hidráulicas	26
1.4.3.3	Válvulas "Spia"	26
1.4.3.4	Anillo de nebulización	26
1.4.4	Equipos de Bloqueo	26
1.4.4.1	Válvulas esféricas flangeadas	26
1.4.5	Tuberías y Conexiones	28
1.4.5.1	Tuberías internas	28
1.4.6	Punto de Transferencia	28
1.4.7	Planta Envasadora	28
1.4.8	Casa de Bombas y Compresores de GLP	28
1.4.9	Instalaciones Eléctricas	29
1.4.10	Aterramiento de Equipos	29
1.4.11	Instalaciones de Combate a Incendio	29
1.4.11.1	Reservorio para agua	29
1.4.11.2	Casa de bombas	29
1.4.11.3	Sistema contra-incendio	30
1.4.11.4	Conexión para el cuerpo de bomberos	30
1.4.11.5	Móvil	30
1.4.11.6	Sistema de alarma	31

CAPITULO 2 - INVESTIGACIÓN : CONCEPTO **33**

2.1 Justificación **33**

2.2 Objetivos **35**

2.2.1 Objetivos Generales **35**

2.2.2 Objetivos Específicos **35**

2.3	Contribución de la Investigación	35
2.4	Metodología	38
	2.4.1 Tipo de Investigación	38
	2.4.2 Delimitación del Universo	38
	2.4.3 Técnica de Recolección de Datos	40
	2.4.4 Técnica de Tratamiento de los Datos	40
CAPITULO 3 -	ESTUDIO DEL ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL	42
3.1	Identificación de los Riesgos	42
	3.1.1 Análisis Histórico	44
	3.1.1.1 Fuentes de Información	44
	3.1.1.2 Categorías de causas para derrames	45
	3.1.1.3 Tipología de accidentes	46
	3.1.1.4 Accidentes a nivel industrial	46
	3.1.2 Análisis de Operabilidad - HAZOP	53
	3.1.3 Árbol de Fallas	66
	3.1.4 Árbol de Eventos	71
	3.1.5 Hipótesis Accidentales	74
	3.1.5.1 Lista de hipótesis accidentales	78
3.2	Evaluación de los Riesgos	79
	3.2.1 Estimación de las Consecuencias	79
	3.2.1.1 Preparación de las hipótesis accidentales para la aplicación en los modelos	79
	3.2.1.2 Modelos de cálculo	80
	3.2.1.3 Metodología y procedimiento de cálculo	82
	3.2.1.4 Definición de los datos de entrada	83
	3.2.1.5 Análisis de los resultados obtenidos en las simulaciones	85
	3.2.2 Análisis de Vulnerabilidad	95
3.3	Medidas de Control y Mitigación de los Riesgos	99

CAPITULO 4 -	CONSIDERACIONES FINALES	104
4.1 Conclusiones		104
4.2 Recomendaciones		106
4.2.1	Recomendaciones Generales	106
4.2.2	Recomendaciones Específicas	106
4.3 Sugerencias para Investigaciones Adicionales		107
CAPITULO 5 -	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
	BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA	111
ANEXOS		112
ANEXO 1 -	Ficha Técnica de Información sobre el Producto : GLP	
ANEXO 2 -	Simulaciones de las Consecuencias	
ANEXO 3 -	Mapa de Vulnerabilidad	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Área de actividades por el uso de GLP vs Casos registrados de accidentes	30
Tabla 2	Accidentes involucrando GLP por tipo de accidentes	47
Tabla 3	Causas de derrame de GLP en plantas de almacenamiento	49
Tabla 4	Distribución porcentual de las consecuencias de accidentes involucrando GLP en plantas de almacenamiento	52
Tabla 5	Clasificación de las consecuencias, considerando la severidad del impacto	75
Tabla 6	Clasificación de la Probabilidad de ocurrencia de accidentes	76
Tabla 7 -	Clasificación cualitativa de los riesgos	76
Tabla 8	Evaluación cualitativa de los riesgos	77
Tabla 9	Listado de las hipótesis accidentales	78
Tabla 10 -	Clases de avería según el diámetro del daño a la tubería	79
Tabla 11	Categoría de estabilidad para diversas condiciones atmosféricas	84
Tabla 12 -N	Niveles de radiación térmica : Probabilidad de muerte vs. tiempo de exposición	86
Tabla 13 -	Nivele de radiación térmica	86
Tabla 14 -	Niveles de sobrepresión	87
Tabla 15 -	Relación de sobrepresión y % de letalidad por picos de sobrepresión, duración y muerte por hemorragia pulmonar	87
Tabla 16 -	Distancia máxima alcanzada por una UVCE para los diámetros de 1/2", 2", 4" y 6"	90
Tabla 17 -	Distancias alcanzadas por los niveles definidos de sobrepresión para los diámetros 2", 4" y 6"	91
Tabla 18 -	Distancias alcanzadas por los niveles definidos de radiación térmica para los diámetros de 1/2", 4" y 6"	91
Tabla 19 -	Distancia máxima alcanzada por una UVCE para el diámetro de 2"	92
Tabla 20 -	Distancias alcanzadas por los niveles definidos de sobrepresión para el diámetro de 2"	92
Tabla 21 -	Dimensiones del chorro en condiciones inflamables para el diámetro de 2"	93
Tabla 22 -	Distancias alcanzadas por los niveles definidos de radiación térmica para el diámetro de 2"	93

Tabla 23 -	Distancias alcanzadas por los niveles definidos de radiación térmica para los tanques 1, 2, 3, 4, 5 y 6	94
Tabla 24 -	Resumen de datos referentes a las distancias alcanzadas por las radiaciones térmicas y el medio vulnerable	96
Tabla 25 -	Resumen de datos referentes a las distancias alcanzadas por sobrepresión y el medio vulnerable	97

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 -	Flujograma del proceso industrial : Planta envasadora y de almacenamiento de GLP	21
Figura 2 -	Rotary Gage - Medidor rotativo	23
Figura 3 -	Varilla medidora - Indicador de nivel vertical	24
Figura 4 -	Indicador de nivel porcentual - Magnético	25
Figura 5 -	Válvula hidráulica	27
Figura 6 -	Relación entre Estudios de Análisis de Riesgos y Evaluación de Impacto Ambiental	37
Figura 7 -	Etapas del Estudio de Análisis de Riesgo	43
Figura 8 -	Distribución porcentual de accidentes por GLP, según actividades	48
Figura 9 -	Accidentes a nivel industrial: Plantas de almacenamiento	48
Figura 10 -	Análisis de árbol de fallas - Ruptura de tanque	68
Figura-11 -	Análisis de árbol de fallas - Derrame en línea	69
Figura 12 -	Análisis de árbol de fallas - Derrame en línea (continuación)	70
Figura 13 -	Árbol de eventos para el sistema presurizado	73

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento de la industria química en las últimas décadas, además de demostrar un gran avance tecnológico, pasó a ser parte integrante y necesaria en la vida de la sociedad moderna. Por otro lado, la gran competitividad y la necesidad de perfeccionamiento de los procesos industriales, tornó cada vez más compleja las plantas de procesamiento y almacenamiento, ocasionando una creciente ocurrencia de accidentes que involucran la liberación de productos químicos, trayendo como consecuencia una serie de problemas como es la polución del suelo, del aire y del agua, además de los riesgos producidos por la manipulación y transporte de estos productos.

En el transcurso de estos años, muchos accidentes vienen ocurriendo en plantas almacenadoras de gas licuado de petróleo (GLP), con consecuencias nefastas, lo cual motivo el interés de esta investigación.

Se debe enfatizar que el presente estudio de caso se orienta para la actividad en la cual se manipula el producto GLP, accidentes a nivel industrial, específicamente en la planta envasadora y de almacenamiento de GLP, para lo cual se contó con la colaboración de una Compañía de Gas de São Paulo - Brasil, que por circunstancias éticas y profesionales se omite el nombre. Además cabe resaltar que la naturaleza de los resultados del estudio desarrollado es cualitativa.

Para cumplir con los objetivos propuestos, se hizo uso de las técnicas de Análisis de Riesgo, por considerarse importantes instrumentos para la previsión del comportamiento de plantas industriales complejas, posibilitando la identificación de anomalías en el funcionamiento de sistemas y la evaluación de las consecuencias generadas por eventos indeseados, con la intención de prevenir la ocurrencia de accidentes, o minimizando los daños producidos por situaciones que puedan comprometer el medio ambiente.

En la tentativa de desarrollar esta investigación satisfactoriamente, se aborda en el Capítulo I -la **REVISIÓN DE LA LITERATURA**, que consta de cuatro partes: la primera, se refiere a TERMINOLOGÍA Y DEFINICIONES, en virtud de su importancia y por ser mencionadas en el texto. La segunda parte, se trata de las CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO QUÍMICO - Gas licuado de Petróleo (GLP). En la tercera parte, son citadas leyes y decretos de la NORMATIVIDAD EN LA GESTIÓN AMBIENTAL PARA LAS ACTIVIDADES DE HIDROCARBUROS. La cuarta parte, describe la CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL de la planta envasadora y almacenadora.

El Capítulo 2, denominado **LA INVESTIGACIÓN : CONCEPCIÓN**, abarca todos los aspectos relacionados a la investigación propiamente dicha, es decir, la **JUSTIFICACIÓN**, los **OBJETIVOS**, la **CONTRIBUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**, y finalmente la **METODOLOGÍA**, considerando el tipo de investigación, delimitación del universo, las técnicas tanto de recolección de datos, como tratamiento de los mismos.

En el Capítulo 3, denominado **ESTUDIO DEL ANÁLISIS DE RIESGO**, se utilizan las técnicas de los Estudios de Análisis y Evaluación de Riesgo, comprendiendo las siguientes partes : la primera, **IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS**, permite a través de una secuencia Análisis Histórico, Análisis de Operabilidad (HazOp), Análisis del Árbol de Fallas y Eventos, formular las hipótesis accidentales ponderando los resultados. La segunda parte, **EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS**, se inicia con una Estimación de las Consecuencia, simulando posibles accidentes según las hipótesis levantadas anteriormente, para lo cual se utilizan modelos matemáticos apropiados, posteriormente se hace un Análisis de Vulnerabilidad del área circundante a la planta en estudio, realizándose una evaluación de los efectos e ilustrando en un plano la intensidad de las radiaciones térmicas de incendio y sobrepresiones consecuencia de explosiones. En la tercera parte, se sugieren **MEDIDAS DE CONTROL** de los riesgos, buscando la eliminación de los mismos o la minimización de sus consecuencias.

En el Capítulo 4, **CONSIDERACIONES FINALES**, se delinean algunas conclusiones y recomendaciones finales, suscitadas por el análisis desarrollado, y se presentan sugerencias para investigaciones adicionales.

En el Capítulo 5, se detallan las **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS** y la **BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA**. Y Finalmente los **ANEXOS**

CAPITULO 1

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Por tratarse de una investigación basada en datos obtenidos de la vivencia práctica de lo cotidiano de una actividad industrial específica, ajena a los medios académicos, se considera pertinente detallar algunos términos, definiciones, características y normas referentes al producto : gas licuado de petróleo (GLP), además de caracterizar el proceso industrial

1.1 TERMINOLOGÍA Y DEFINICIONES

Entre los términos y sus respectivas definiciones de importancia para este estudio, se tiene

1.1.1 Accidente Ambiental

Es un evento en el cual un derrame, un incendio o una explosión de proporciones significativas resulta en peligro grave, inmediato, o no, para el hombre, en el interior o exterior de un establecimiento, y/o para el ambiente y que involucre el uso de una o más sustancias peligrosas. CETESB (1990).

1.1.2 Área Sensible

Es el área en la cual está situada una planta y que presenta respuesta positiva a los efectos de algún evento indeseable, evaluándose la sensibilidad del área circundante. CETESB (1990)

1.1.3 Deflagración

Es el proceso normal de combustión de mezclas de gases y el aire. La velocidad de la llama es subsónica y en la mayoría de los casos, menor que 10 m/s. Un explosivo que deflagra sin detonar, quema progresivamente durante un período de tiempo relativamente grande comparado a la detonación, donde se produce la descomposición prácticamente de forma instantánea. CETESB (1990).

1.1.4 Rango de Inflamabilidad

Es el intervalo entre el límite inferior y el superior de inflamabilidad, dentro del cual existe una concentración de vapor o gas en el aire o en el oxígeno, suficiente para la propagación de la llama, cuando hay el contacto del vapor o gas y la fuente de ignición. CETESB (1990)

1.1.5 Inflamabilidad

Es la capacidad de quema de un material cuando es expuesto a una fuente de ignición. CETESB (1990).

1.1.6 Gases Inflamables

Son sustancias que en el estado gaseoso a presión atmosférica y mezclados con el aire, se tornan inflamables, cuyo punto de ebullición es igual o inferior a 37,8°C a presión atmosférica. CETESB (1990).

1.1.7 Límite Inferior de Inflamabilidad

Es la concentración mínima del vapor o del gas en aire u oxígeno, abajo del cual, la propagación de la llama no ocurre cuando hay el contacto vapor o gas y fuente de ignición. CETESB (1990).

1.1.8 Límite Superior de Inflamabilidad

Es la concentración máxima del vapor o del gas en aire u oxígeno, encima del cual, la propagación de la llama no ocurre cuando hay el contacto vapor o gas y fuente de ignición. CETESB (1990).

1.1.9 Nivel de Peligrosidad

Las sustancias peligrosas son distribuidas en niveles de peligrosidad definidos a través de parámetros que evalúan la toxicidad, inflamabilidad o la explosividad. A cada nivel es asociado un número : de 1 a 4 para las sustancias tóxicas e inflamables; de 1 a 3 para las sustancias explosivas, siendo 1 el nivel inferior, es decir, el de menor peligrosidad. CETESB (1990).

1.1.10 Planta de Almacenamiento

Es el conjunto de unidades o sistemas localizados fuera de la planta de proceso y destinados al almacenaje de productos. CETESB (1990).

1.1.11 Punto de Ebullición

Es la temperatura en la cual la máxima presión de vapor de un líquido es igual a la presión externa. CETESB (1990).

1.1.12 Punto de Fulgor

Es la menor temperatura en la cual, un líquido combustible o inflamable desprende vapores en cantidad suficiente para formar con el aire una mezcla, que se inflama momentáneamente con la aproximación de una fuente de ignición, bajo condiciones específicas de ensayo. La ignición causa un "flash" instantáneo en la capa de vapor sobre el líquido. CETESB (1990)

1.1.13 Substancia

Se entiende por substancia toda materia prima, producto elaborado, producto intermediario, substancia almacenada u otras que formen parte de la planta de proceso o de la planta de almacenamiento. CETESB (1990).

1.1.14 Temperatura de Ignición

Es la temperatura requerida para la ignición de una substancia, es decir, es la temperatura mínima en la cual, una mezcla de gases reactivos (usualmente gas o vapor inflamable y oxígeno o aire) puede entrar en ignición puramente por medios térmicos. CETESB (1990)

1.1.15 Riesgo (Hazard)

Posibilidad de ocurrencia de una peligro. Se puede decir que el "Riesgo" es función de dos factores $R = p \times C$, siendo :

- R : riesgo;
- p : probabilidad de ocurrencia de un evento indeseado;
- C : consecuencia generada por este evento

Esta relación demuestra que un determinado riesgo puede ser atenuado, actuándose tanto en la consecuencia, es decir en la magnitud del evento posible de ocurrir, como en la disminución de la probabilidad de que este evento ocurra, o aún actuando en ambas. CETESB (1990)

1.1.16 Nivel de Riesgo (Risk)

Expresa una probabilidad de posibles daños dentro de un período específico de tiempo o número de ciclos operacionales. DE CICCIO; FANTAZZINI (1988).

1.1.17 Peligro (Danger)

Situación que amenaza la existencia de una persona, ser o cosa, o aún, una o más condiciones de una variable con potencial para causar daños o lesiones. CETESB (1990).

1.1.18 Daño (Damage)

Daño es la severidad de la lesión, o la pérdida física, funcional o económica, que puede resultar si el control sobre el riesgo es perdido. DE CICCIO; FANTAZZINI (1988)

1.1.19 Causa

Es el origen de carácter humano o material relacionada con el evento catastrófico (accidente), por la materialización de un riesgo, resultando daños. DE CICCIO; FANTAZZINI (1988)

1.1.20 Seguridad

Seguridad es frecuentemente definida como "isención de riesgos". Sin embargo, es prácticamente imposible la eliminación completa de todos los riesgos. Seguridad es por tanto, un compromiso acerca de una relativa protección a la exposición de riesgos. Es el antónimo de peligro. DE CICCIO; FANTAZZINI (1988).

1.2 CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO QUÍMICO : GAS LICUADO DE PETRÓLEO - GLP

Este producto en la mayoría de países, es obtenido a través de la refinación nacional o importación, ambos bajo el control del ente gubernamental vinculado a esta actividad. Las empresas envasadoras y distribuidoras del GLP, reciben el producto a granel a través de las siguientes maneras : Cabotage (navío), carretas-tanques y vagones ferroviarios. Debido a su propiedad física de licuefacción es manipulado desde las refinerías hasta el envasado en su fase líquida. AFLALO et alii (1975).

El GLP es una mezcla de hidrocarburos, cuya molécula es constituida de tres a cuatro átomos de carbono. En química, los que tienen tres átomos son llamados propano, y los que tienen cuatro átomos butano, isobutano y butenos. Las proporciones de mezcla de estos compuestos, se sitúan en un rango de 30% a 70% de propano y de butano respectivamente, siendo la mezcla más común la que se aproxima de 50% de propano y 50% de butano. SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE (1987/1988).

En la ficha de Información sobre el producto químico GLP (Anexo 1) están descritas las características físico-químicas y toxicológicas. CETESB.

1.3 NORMATIVIDAD EN LA GESTIÓN AMBIENTAL PARA LAS ACTIVIDADES DE HIDROCARBUROS SECTOR : ENERGÍA Y MINAS

De la información anterior, se puede enfatizar que el GLP es un producto altamente inflamable, por lo tanto desde la instalación, transporte y distribución, operabilidad y manipuleo, deben ser cumplidas y respetadas las Normas específicas, cuya finalidad es : patronizar, controlar las áreas de peligro y operabilidad, considerando las medidas de seguridad.

1.3.1 Nivel nacional .- A continuación los correspondientes dispositivos legales :

a) *Ley Orgánica de Hidrocarburos* - Ley No. 26221-EM.

Esta Ley fue promulgada el 19 de agosto de 1993, posteriormente fueron publicados 17 Reglamentos que regulan en forma detallada los alcances de esta norma jurídica. Se citan aquellos relacionados a los Instrumentos de Gestión Ambiental, como son los Estudios de Impacto Ambiental, Auditorías Ambientales y los Estudios de Análisis de Riesgo Ambiental, en el marco del proyecto: Planta envasadora y de almacenamiento de GLP.

JERARQUIA	NORMA	DESCRIPCIÓN
Ley No. 26221-EM (26/08/93)	LEY ORGANICA DE HIDROCARBUROS	<p><u>TITULO I</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 2 - El Estado promueve el desarrollo de las actividades de Hidrocarburos con la finalidad de lograr el bienestar de la persona humana y el desarrollo nacional. • Art. 6 - PERUPETRO- Empresa Estatal de Derecho Privado del Sector Energía y Minas, tiene entre sus varios objetivos, el de coordinar con las entidades correspondientes el cumplimiento de las disposiciones relacionadas con la preservación del medio ambiente <p><u>TITULO II</u> Capitulo II:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 14 - Se menciona el reglamento de calificación de las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, que podrán suscribir contratos de exploración y explotación o explotación de Hidrocarburos Considerando requisitos técnicos, legales, económicos y financieros, así como la experiencia, capacidad y solvencia mínima necesaria para garantizar el desarrollo sostenido de dichas actividades <p>Capitulo III</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 34 - La exploración y recuperación económica de las reservas de hidrocarburos considerará los principios técnicos y económicos, sin perjuicio del cumplimiento de las normas de protección del medio ambiente • Art. 35 - El contratista está obligado a facilitar la labor de las entidades fiscalizadoras, a salvaguardar el interés nacional, atender la seguridad y salud de sus trabajadores. <p><u>TITULO IX</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Art.87 - Las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, que desarrollen actividades de hidrocarburos deberán cumplir con las disposiciones sobre Protección del Medio Ambiente En caso de incumplimiento de las citadas disposiciones el Ministerio de Energía y Minas dictará las sanciones pertinentes y podrá llegar hasta la terminación del contrato respectivo.

b) Reglamento para la Protección Ambiental en las actividades de Hidrocarburos -
D.S. No. 046-93-EM

Considerando su gran importancia, amerita hacer una síntesis de los artículos más relevantes. Así mismo se considera conveniente describir textualmente las definiciones comprendidas en el TÍTULO XVI de dicho decreto supremo

- **Protección Ambiental** - Es el conjunto de acciones de orden técnico, legal, humano, económico y social que tiene por objeto proteger las zonas de Actividades de Hidrocarburos y sus áreas de influencia, evitando su degradación progresiva o violenta a niveles perjudiciales que afecten los ecosistemas, salud y el bienestar humano.
- **Actividades de Hidrocarburos** - Son las operaciones petroleras correspondientes a las fases de exploración, explotación, transformación o refinación, transporte, comercialización y almacenamiento de hidrocarburos.
- **Impacto Ambiental** - Es el efecto que las acciones del hombre o de la naturaleza causan en el ambiente natural y social. Pueden ser positivos o negativos.
- **Contaminantes** - Son materiales, sustancias o energía que al incorporarse y/o actuar en/o sobre el ambiente, degradan su calidad original a niveles no propios para la salud y el bienestar humano, poniendo en peligro los ecosistemas naturales.
- **Estudio de Impacto Ambiental** - Son los estudios que deben efectuarse en los proyectos de las Actividades de Hidrocarburos, los cuales abarcarán aspectos físico-naturales, biológicos, socioeconómicos y culturales en el área de influencia del proyecto, con la finalidad de determinar las condiciones existentes y las capacidades del medio, así como prever los efectos y consecuencias de la realización del mismo, indicando medidas y controles a aplicar para lograr un desarrollo armónico entre las operaciones petroleras y el ambiente.
- **Programa de Adecuación y Manejo Ambiental** - Es el programa donde se describe las acciones e inversiones necesarias para cumplir con este Reglamento
- **Plan de Contingencia** - Es aquel plan elaborado para atacar derrames de petróleo y otras emergencias tales como incendios y desastres naturales.

JERARQUIA	NORMA	DESCRIPCIÓN
D.S. No. 046-93-EM (12/11/93)	REGLAMENTO PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL EN LAS ACTIVIDADES DE HIDROCARBUROS	<p><u>TITULO I</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 1 - Establece normas y disposiciones a nivel nacional para el desarrollo de las actividades relacionadas al aprovechamiento de los recursos hidrocarbúferos en condiciones que no originen impacto ambiental y/o social negativo para las poblaciones y ecosistemas • Art. 3 - Indica responsabilidad a las personas naturales o jurídicas por las emisiones, vertimientos y disposiciones de desechos, que causen efectos adversos al ambiente <p><u>TITULO III</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Art.9 - Registro de conformidad operacional a través de un Auditor Ambiental, por parte de los responsables de proyectos o instalaciones <p><u>TITULO IV</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 10.- (c)- Presentación de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) referente a la etapa de los efectos previsibles directos e indirectos al ambiente físico y social • Art. 10.- (d)- Plan de Manejo Ambiental (PMA) que contempla la disminución a un nivel aceptable los efectos negativos previsibles propios de la actividad de hidrocarburos. • Art. 11 - PMA debe considerar propuestas que tiendan a minimizar sus efectos contaminantes, así como recuperar rápidamente el área que resulte afectada • Art. 12 - EIA incluirá medidas preventivas que minimicen o eliminen los impactos negativos sociales, culturales, económicos y de salud <p><u>TITULO V</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 17 - Toda instalación deberá contar con un PMA en la cual se consigne las medidas preventivas de control y mitigación • Art. 23 - Plan de Contingencias para posibles derrames y/o emergencias. • Art. 24.- (h)- Las instalaciones o equipos deberán ser sometidos a programas de mantenimiento a fin de minimizar riesgos de accidentes, incendios y derrames <p><u>TITULO X</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 46.- (c) Referente al transporte y almacenamiento En los ductos se instalará estratégicamente válvulas de bloqueo para minimizar los derrames en caso de fuga <p><u>TITULO XVI</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Definiciones

c) *Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos*

D.S. No. 052-93-EM

El objetivo de esta norma es garantizar un procedimiento adecuado, eficaz y oportuno, que permita que las actividades de almacenamiento de hidrocarburos se lleven a cabo dentro de un marco de seguridad para el trabajador y se brinde un buen servicio al usuario

Consta de 7 títulos, 135 artículos y 2 anexos. e indican los organismos competentes; los aspectos generales, sistemas de almacenamiento y planeamiento de las instalaciones de almacenamiento de hidrocarburos; también lo relacionado al proyecto, construcción y operación de las instalaciones, definiendo claramente los requisitos mínimos que deben cumplir los tanques de almacenamiento, factores de seguridad, medidas preventivas en caso de accidentes, sistemas de tuberías y bombas, instalaciones eléctricas, operaciones de acuerdo al tipo de producto y tanque de almacenamiento, mantenimiento y ampliaciones, protección contra incendio, además de otras medidas de seguridad; control ambiental y actividades de cierre al finalizar dicha operación

Cabe enfatizar que el artículo 96 del presente reglamento es de suma importancia porque en él se describe claramente la necesidad de realizar el Estudio de Análisis y Evaluación de Riesgo Ambiental como medida preventiva a eventos indeseables.

Título IV- Capítulo VII, art. 96.- *"Respecto a los tanques de GLP, cuando su ubicación, el espaciamiento de los equipos o una limitación en la protección contra incendio, incrementa el riesgo potencial de daño sobre las propiedades adyacentes, un Estudio de Riesgo de las instalaciones deberá ser realizado. El análisis deberá considerar los posibles escenarios de accidentes que puedan ocurrir como fuga de vapores de GLP, fuego, etc."*

Se considera oportuno citar algunas definiciones técnico operativa del anexo I, como parte integrante del presente reglamento:

- **Capacidad de Agua** - Usado generalmente en recipientes para el almacenamiento de GLP, cuando la capacidad del recipiente es en función de las dimensiones interiores del mismo y no de la capacidad del líquido con que se llena.
- **Drenaje del tanque**.- Es la conexión usada para purgar o drenar al exterior el agua que se asienta en el fondo del tanque.
- **Gas licuado de petróleo (GLP)** - Hidrocarburo que, a condiciones normales de presión y temperatura, se encuentran en estado gaseoso, pero a temperatura normal y moderadamente altas presiones son licuables. Está compuesto usualmente de mezclas de propano, polipropileno, butanos y butilenos. Se le almacena en estado líquido, en recipientes a presión

- **Instalación** - se refiere a un sistema de tanques, recipientes, bombas, compresores, tuberías y también a todo equipo asociado al almacenamiento y manejo de líquidos.

JERARQUIA	NORMA	DESCRIPCIÓN
D.S. No. 052-93-EM ()	REGLAMENTO DE SEGURIDAD PARA EL ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS	<p>TITULO I</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 2 - El reglamento es de aplicación obligatoria, para las empresas que tengan a su cargo el proyecto, construcción, operación o mantenimiento de instalaciones para almacenamiento de hidrocarburos líquidos y/o gases licuados de petróleo (GLP) <p>TITULO III</p> <p>Capítulo I:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art 14 - La empresa almacenadora deberá disminuir o controlar al máximo, los eventuales riesgos que la instalación represente para las personas y propiedades <p>Capítulo II: Sistemas de Almacenamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 19 (a) - Indica la forma de almacenamiento para gas licuado en forma presurizada <p>Capítulo III: Planeamiento de las instalaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 22 - El diseño debe basarse en condiciones de seguridad y eficiencia de las instalaciones • Art 27 - Se indican las distancias mínimas relativas a tanques de GLP, ante eventuales fugas, considerando la posibilidad de fuego y los efectos de radiación del calor <p>TITULO IV : Proyecto, Construcción y Operación / instalaciones</p> <p>Capítulo I:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 33.- Los tanques de almacenamiento serán diseñados según reconocidos códigos o normas, usando adecuados factores de seguridad y contruidos de acuerdo a la buena práctica de ingeniería. • Art. 34, 35, 36, 37, 38, 39. - Especificaciones técnicas para Fundaciones, Pruebas (ASME), Capacidad operativa, Sist. ventilación, Válv. alivio y Medidas preventivas a derrames accidentales, respectivamente <p>Capítulo II:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art 44 - Tanques de almacenamiento diseñados de acuerdo al ASME section VIII Div 1 ó 2. <p>Capítulo III</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 49. - Tanques de GLP especificaciones técnicas para sistemas de tuberías y bombas. <p>Capítulo IV:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 50 al 59 - Referentes a las instalaciones eléctricas <p>Capítulo VI:</p> <p>Art 80 al 83 - Referente a Mantenimiento y Ampliaciones: Inspección periódica del recipiente que almacena GLP, varilla que mide el nivel, válvs. de alivio y emergencia además de otros equipos destinados a prevenir y controlar las pérdidas accidentales de GLP Cuidados previos al mantenimiento, especialmente cuando sean empleadas fuentes de ignición</p>

JERARQUÍA	NORMA	DESCRIPCIÓN
<p>D.S. No. 052-93-EM ()</p>	<p>REGLAMENTO DE SEGURIDAD PARA EL ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS</p>	<p><u>TITULO IV</u> Capítulo VII</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 96.- Respecto a los tanques de GLP, cuando su ubicación, el espaciamiento de los equipos o una limitación en la protección contra incendio, incrementa el riesgo potencial de daño sobre las propiedades adyacentes, un Estudio de Riesgo de las instalaciones deberá ser realizado. El análisis deberá considerar los posibles escenarios de accidentes que puedan ocurrir como fuga de vapores de GLP, fuego, etc. • Art. 97 al 104 - Referentes al sistema de enfriamiento, capacidad del sistema de agua contra incendio, tiempo de activación y duración, aislamiento térmico para reducir el calor que incide sobre el tanque protegido <p>Capítulo VIII</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 105 al 113 - Dispositivos que consideran otras medidas de seguridad como: quedar terminantemente prohibido el fumar o cualquier forma de hacer fuego en todos los locales comprendidos dentro de las áreas peligrosas; carteles instructivos y de informe sobre requerimientos de seguridad y sistemas de emergencia; reglamento interno de las medidas de seguridad; limpieza, todas las tuberías, tanques y aparatos diversos deberán estar conectados a tierra de una forma eficaz. Los sistemas eléctricos, de control, particularmente el cableado usado en activar equipos necesarios en una emergencia, deberán ser protegidos de daños por fuego. La protección del cableado será mediante el uso de una ruta selectiva, por enterramiento, por protección ignea o una combinación de ellas.; adecuada iluminación, etc. <p><u>TITULO VI</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 130 - Las instalaciones que están ya en operación o en proceso de construcción, es propósito de este reglamento, que esas instalaciones sean corregidas de forma que satisfagan los ordenamientos más importantes sobre todo en los que se refiere a los criterios de seguridad y protección ambiental • Art. 131 - Todas las instalaciones para almacenamiento de hidrocarburos, serán objeto de una auditoría técnica • Art. 133 - Tras haber terminado el plazo concedido para la corrección o reparación de la excepción al reglamento, la empresa almacenadora deberá solicitar una nueva auditoría para verificar la corrección o reparación. El incumplimiento originará sanciones a la empresa, las que podrían ir hasta el cierre temporal o definitivo de la instalación

d) Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo - D.S. No. 01-94-EM

Se presenta una síntesis de los artículos que tienen trascendencia y están relacionados con la actividad y recurso hidrocarburífero que se desarrolla en este trabajo de investigación. Así mismo se considera conveniente describir textualmente las definiciones comprendidas en el TÍTULO I - artículo 2 de dicho decreto supremo

- **Gas Licuado de Petróleo**.- En adelante GLP. Hidrocarburos compuestos por propano, butano, propileno y butileno, o mezcla de los mismos en diferentes proporciones, que, combinadas con el oxígeno en determinados porcentajes, forman una mezcla inflamable
- **Camión-Tanque para Gas Licuado de Petróleo**.- Conjunto compuesto por un recipiente de acero con características especiales para contener Gas Licuado de petróleo y construido de acuerdo a las normas técnicas vigentes, incluyendo a la unidad móvil que, portándolo firmemente asegurado o halándolo, conforman un conjunto seguro, especial para transporte y trasiego del GLP a granel.
- **Cilindros para Gas Licuado de Petróleo** - Envases portátiles especiales de acero, fabricados para contener el Gas Licuado y que, por su forma, peso y medidas, facilitan su manipuleo, transporte e instalación
- **Distribuidor a Granel**.- Persona natural o jurídica debidamente autorizada por la Dirección General de Hidrocarburos, que se dedica a la comercialización de GLP a granel, para lo cual cuenta con camiones-tanques y/o redes de distribución de GLP.
- **Empresa Envasadora**.- Aquella persona natural o jurídica que individualmente o en forma asociada se dedica a la explotación de una o más Plantas Envasadoras de GLP.
- **Planta Envasadora**.- Establecimiento especial o independiente en el que una empresa envasadora almacena GLP con la finalidad de envasarlo en cilindros o trasegarlo a camiones tanque. Este establecimiento puede actuar como Planta de Abastecimiento y/o local de venta.
- **Planta de Abastecimiento**.- Instalación en un bien inmueble en la cual el GLP a granel puede ser objeto de las operaciones de recepción, almacenamiento y transvase, para su posterior distribución, sin que en ella se realice el envasado del producto en cilindros
- **Empresa de Auditoría e Inspectoría**.- Aquella que debidamente calificada e inscrita en el Registro de Empresas de Auditoría e Inspectoría de la Dirección general de Hidrocarburos, verifique y/o constate por delegación el cumplimiento de las obligaciones establecidas, entre otros, en el presente Reglamento.

JERARQUÍA	NORMA	DESCRIPCIÓN
<p>D.S. No. 01-94-EM (11/01/94)</p>	<p>REGLAMENTO PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)</p>	<p>TITULO I</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 1 - El presente reglamento comprende las actividades de comercialización de GLP en sus fases de producción, comercio exterior, almacenamiento, envasado, transporte y venta al público. • Art. 2 - Definiciones <p>TITULO III De los requisitos para comercializar GLP:</p> <p>Capitulo I:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art.7 (c) - Registro de inscripción para quienes importen y exporten GLP. Licencia de Apertura de las Plantas Envasadoras, entre otras. <p>Capitulo II</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 10 (2) - Para iniciar la construcción y operación de las Plantas de Abastecimiento y Envasadoras, entre otras, se requiere un informe de conformidad por parte de una empresa Auditora, indicando que cumple con los reglamentos de seguridad, además de: Memoria descriptiva del proyecto, Estudio de Impacto Ambiental, Planos de proceso, distribución, etc. • Art. 12 - Durante la etapa de construcción, se contratará a una empresa Auditora, quien efectuará inspección y revisión detallada de las instalaciones, de acuerdo con los requisitos de los reglamentos de seguridad • Art. 13 - Indica los requisitos administrativos y técnicos a cumplir por los interesados para poder iniciar la operación de la Planta de Abastecimiento, Planta Envasadora • Art. 20 - Correlación con las Disposiciones del Reglamento para la Protección Ambiental D.S. 046-93-EM <p>Capitulo IV: Seguridad de Plantas de Producción, Plantas de Abastecimiento, Plantas Envasadoras</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art.28 - Las Plantas de Abastecimiento y Envasadoras deben cumplir las Normas de Seguridad establecidas en el Reglamento Ley No 26221. • Art. 29 - Responsabilidades para el cumplimiento de las condiciones de seguridad por parte del propietario/operador • Art. 31 - Los propietarios/operadores deberán mantener vigente una póliza de seguro de responsabilidad civil que cubra los daños a terceros por siniestros que pueden ocurrir en sus instalaciones <p>Capitulo VI.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art. 43 - Las Plantas de Abastecimiento y Envasadoras podrán ser autorizados como distribuidores a granel, para ello deben contar con un técnico experto en seguridad industrial, además de otras exigencias <p>TITULO V</p> <p>Art. 66.- El incumplimiento de las disposiciones reglamentarias sobre Normas de Seguridad y Normas de Control Ambiental en construcciones, instalaciones y funcionamiento de las Plantas de Abastecimiento y Envasadoras será sancionado de acuerdo al Texto Unico de Procedimiento Administrativo - TUPA</p>

e) **Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transportes de Gas Licuado de Petróleo**
D.S. No. 027-94-EM

El objetivo de esta norma se fundamenta en establecer los mecanismos para que mejoren las condiciones de seguridad existentes en las instalaciones y transporte de Gas Licuado de Petróleo.

Consta de 10 títulos, 161 artículos. Se indica de manera muy detallada todo lo concerniente a la instalación y operación de las Plantas Envasadoras de GLP, considerando ubicación, distancias mínimas de estaciones o subestaciones eléctricas, así como locales públicos, capacidad de los tanques estacionarios, y otras especificaciones técnicas relacionadas con el buen uso y mantenimiento de los mismos; de igual forma se describen requerimientos de seguridad para las plataformas de llenado, instalaciones eléctricas y sistemas contra incendio.

Cabe enfatizar que el artículo 51 del presente reglamento es bastante específico ante un problema que ocurre con mucha frecuencia en las Plantas Envasadoras y de Almacenamiento de GLP, según el banco de datos SINCAAM, motivo por el cual se cita textualmente:

***Título III - Plantas Envasadoras - art. 51.** - "La operación de carga y descarga de GLP de camiones tanque a tanques estacionarias en las Plantas Envasadoras, no podrá realizarse a una distancia menor a 3 metros entre ellos. En ningún caso, en este tipo de operaciones realizadas en las Plantas Envasadoras, los camiones tanque estarán estacionados en la vía pública. Los camiones tanque dispondrán de conexiones a tierra para descarga de la corriente estática.*

Para minimizar las consecuencias que puede tener la partida de un camión que no ha desconectado las mangueras de trasiego, deberá contarse en la instalación fija próxima a la manguera, con una válvula de cierre de emergencia".

JERARQUÍA	NORMA	DESCRIPCIÓN
D.S. No. 027-94-EM ()	REGLAMENTO DE SEGURIDAD PARA INSTALACIONES Y TRANSPORTE DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO	<p>TITULO I</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art 1 - El reglamento tiene por objetivo dar las pautas para prevenir todo hecho que cause o pueda causar daño a las personas o a la propiedad, cumpliendo con normas mínimas de seguridad tanto en el diseño, construcción, mantenimiento y operación de las instalaciones y equipos para la comercialización del gas licuado de petróleo <p>TITULO III :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Art.6 - La Planta Envasadora con el objeto de prevenir accidentes, deberán tener obligatoriamente equipos de emergencia dotados de materiales y herramientas necesarias para el control de fugas líquidas o gaseosas (cuerpos de cilindros, válvulas, líneas, etc) que les permita atender, en el menor tiempo posible y en cualquier momento, las emergencias de los usuarios, en la comercialización del GLP • Art 7 al 15 - Se Indican los requerimientos de seguridad para una Planta Envasadora pueda instalarse, teniendo presente su ubicación, áreas peligrosas, capacidad de almacenamiento, movilización interna y áreas de estacionamiento, zonas de protección para los tanques estacionarios, fundaciones, altura mínima entre los tanques y la base. • Art. 17 al 27 - Se indican las especificaciones técnicas de los tanques estacionarios : fabricación, accesorios, libro de registro de inspecciones, pruebas de presión hidrostática, válvulas de seguridad, sistemas de medición y control • Art. 28 al 33 - Referidos a la instalación y funcionamiento de bombas, compresores, motores eléctricos, teniendo en consideración las bases de concreto, conexiones a tierra para descarga de la corriente estática, mantenimiento adecuado y zonas de seguridad. • Art. 34 al 40 - Recomendaciones para el uso de tuberías que transportan GLP en las Plantas Envasadoras, indicando materiales, uniones, empaquetaduras, válvulas y accesorios • Art. 41 al 56 - Operación en el Sistema de Bombeo, disponiendo de un sistema de retorno automático Plataforma de envasado construido de material incombustible, diseñado para facilitar las operaciones, respetando las distancias del perímetro de seguridad con respecto a los sistemas de llenado. Deberán disponer de conexiones a tierra • Art. 57 al 63 - Cuidados a considerarse con los sistemas eléctricos, líneas de conducción de energía eléctrica, instalación de pararrayos, instalaciones telefónicas, respetando el perímetro de seguridad. • Art. 72 - Las Plantas Envasadoras deberán contar con detectores continuos de presencia de gases combustibles o de atmósferas explosivas, los mismos que estarán dotados de alarmas sonoras o remotas. • Art. 73 - Requerimientos de seguridad referentes a la instalación de un sistema de protección contra incendios, debiendo ser planificado desde el inicio del proyecto, a base de un calificado Estudio de Riesgos

continúa

JERARQUÍA	NORMA	DESCRIPCIÓN
D.S. No. 027-94-EM ()	REGLAMENTO DE SEGURIDAD PARA INSTALACIONES Y TRANSPORTE DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO	<ul style="list-style-type: none"> • Art. 74 al 76 - Toda Planta Envasadora deberá disponer de extintores portátiles y rodantes. Dependiendo de la capacidad almacenada se dispondrá de equipos de protección para el personal encargado del manejo de los principales medios contra incendios. También deberá contar con sistema de alarma para casos de incendio, avisando en forma efectiva y oportuna a todo el personal de la iniciación de una emergencia. • Art. 77.- El supervisor de seguridad de la planta envasadora colocará carteles con instrucciones específicas para el personal sobre diversos aspectos de seguridad. • Art. 78 y 79 - Toda Planta Envasadora deberá contar con un botiquín de primeros auxilios. Las edificaciones serán construidas con material incombustible. <p><u>TITULO VII</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Art 136 - Referente a las operaciones de transferencia de GLP líquido entre tanques y, entre tanques y cilindros, cuando la transferencia requiera realizar conexiones y desconexiones en el sistema de transferencia. • Art. 137.- Se indica como deben efectuarse las operaciones de transferencia de GLP, teniendo en cuenta los diámetros de conexión, distancia mín y máx de llenado de tanques desde camiones, precauciones para prevenir la descarga incontrolada de GLP ante eventuales fallas de las mangueras o tuberías. • Art. 138 - Las operaciones de transferencia y venteo de GLP a la atmósfera deberán ser efectuadas por personal entrenado. • Art. 140 - Se establecen algunas condiciones para realizar el venteado del GLP al estado líquido o vapor. • Art. 141 - Las fuentes de ignición deben ser cuidadosamente controladas durante las operaciones de transferencia, para ello se recomiendan algunos criterios de operación.

1.3.2 Nivel internacional.- Las normas brasileñas al igual que las normas peruanas consideran como normas referenciales las emitidas por la Environmental Protection Agency - EPA, organismo regulador de los Estados Unidos

a) Norma de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT) :

NB-107	Instalaciones para utilización de gases licuados de petróleo.
NBR-8460	Recipientes transportables de acero para gases licuados de petróleo.
NB-68	Empleo de dispositivos de seguridad en los recipientes transportables para gases licuados de petróleo.
EB-105	Balones fusibles para recipientes transportables para gases licuados de petróleo.

b) Consejo Nacional de Petróleo (CNP)

Portaría No. 76 - 21.07.66	Instalaciones, operaciones de seguridad de terminales de gases licuados de petróleo.
Resolución No. 8/77 - 21.09.71	Instrucciones generales y Norma Brasileña de almacenamiento de petróleo y sus derivados.

c) PETROBRAS

N - 1645 a / feb- 83	Seguridad en el almacenamiento de gases licuados de petróleo.
----------------------	---

- válvula de seguridad, tipo mola;
- rotary-gage, observado en la figura No.2;
- manovacuómetro;
- válvula hidráulica de seguridad;
- válvula de retención;
- válvula "Spia" (límite máximo de llenado);
- válvulas esféricas de bloqueo.

1.4.2 Equipos de Medición

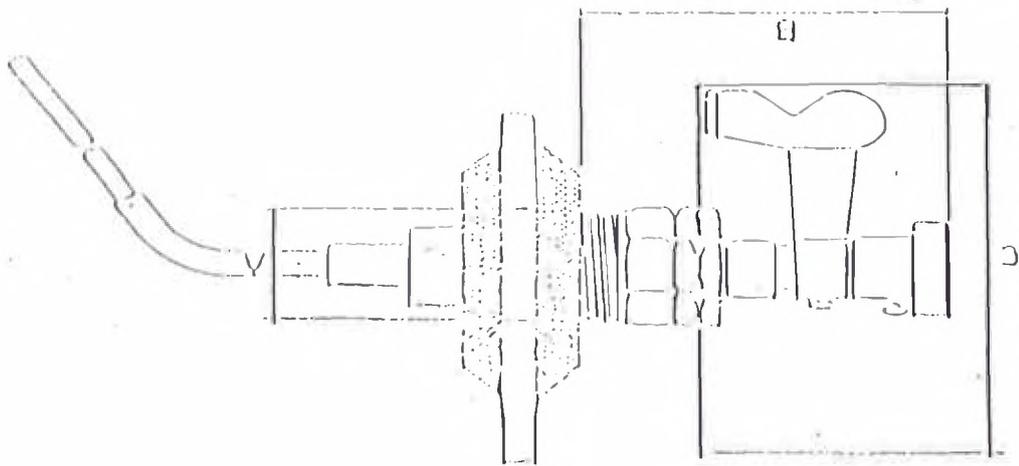
1.4.2.1 Indicador de nivel vertical (varilla medidora) .-

Mide la altura de la fase líquida del GLP en el interior del reservorio. Es constituido por dos varillas deslizantes, poseen graduación milimétrica; una de ellas mide la altura del líquido de la válvula de la mitad del reservorio para abajo, y la otra de la mitad para la parte superior del mismo, tal como se muestra en la figura No.3.

1.4.2.2 Indicador de nivel porcentual-magnético (magnetron)- tipo boya .-

Indica en cualquier momento el nivel del GLP líquido, en porcentaje (%) de la capacidad del reservorio. En la figura No.4, se puede observar mayores detalles de este indicador.

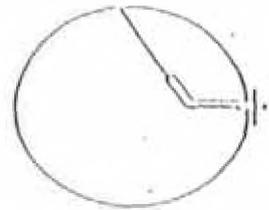
ROTAIRE GAGE (R.G.) - MEDIDOR ROTATIVO



Montagem Lateral



Montagem Frontal



Principais Dimensões

Modelo	Diâmetro	A	B	C	Material
RG 1/2"	112,25	1/4" - 100	105	140	Alc 2500
RG 1"	112,25	1/4" - 100	100	110	Alc 1500
RG 1 1/2"	112,25	1/4" - 100	100	100	Alc 1050

Fig 2

1.4.2.3 Indicador de presión (manómetro).-

Determina la tensión de vapor del producto en la temperatura observada.

1.4.2.4 Indicador de temperatura (termómetro)

De alcohol, con escala graduada de -10 a 40 ° , colocado en el techo del reservorio, en contacto indirecto con el GLP en estado líquido.

1.4.3 Equipos de Seguridad

1.4.3.1 Válvulas de seguridad- tipo multiválvula -

Libera el producto para la atmósfera, caso la presión en el interior del reservorio llegue a 250 psi.

1.4.3.2 Válvulas hidráulicas.-

Permite un bloqueo automático de la salida del producto en caso de incendio, o que un operador a la distancia pueda cerrar las salidas de GLP del reservorio. Estas válvulas son colocadas en las salidas del GLP líquido/vapor, conforme se muestra en la figura No.5.

1.4.3.3 Válvula S ia -

Evita el llenado total del reservorio, debiendo siempre haber un espacio libre en la parte superior, que soporte el aumento de la tensión de vapor, en función de la elevación de la temperatura del medio ambiente.

1.4.3.4 Anillo de nebulización -

El agua esparcida, envuelve totalmente los reservorios, protegiéndolos así de una eventual elevación excesiva de temperatura.

1.4.4 Equipos de Bloqueo

1.4.4.1 Válvulas esféricas flangeadas.-

Permite un bloqueo fácil y seguro, reduciendo la posibilidad de presentar derrame

ESQUEMA GENERAL VALVULA HIDRAULICA RECTA (V.H.R.)

A VALVULA HIDRAULICA, TEM A FINALIDADE DE PROTEGER O L : SOBRE PRESSÃO CONTRA: PERDA DO PRODUTO E DAR SEGURANÇA AOS OPERADORES EM CASO DE SINISTROS COMO, RUPTURA DE MANGUEIRA, QUEBRA DE TUBO LARGO OU PRINCÍPIO DE INCÊNDIO.

PARA INSTALAR A V.H.R. EM VASOS DE PRESSÃO É NECESSÁRIO QUE O LOCAL SEJA PROVIDO DE FLANGES EQUIVOCHE NORMA ASA D.16,5 COM ESTOJOS E FURO ESPECIAL PARA INSTALAR A V.H.R.

PARA INSTALAR A V.H.R. EM TUBULAÇÕES É NECESSÁRIO QUE A TUBULAÇÃO SEJA PROVIDA DE UM CARTETEL.

A V.H.R. ESTÁ NORMALMENTE FECHADA SOB PRESSÃO DE MOLA, E ABERTA QUANDO APLICADA PRESSÃO HIDRAULICA, UMA TUBULAÇÃO É LIGADA POR CONEXÕES DO FLANGE DA V.H.R. À BASE DA BOMBA, NA CARCA OU DESCARCA DO PRODUTO, HOUVER ALGUM VAZAMENTO, O OPERADOR DEVERÁ IMEDIATAMENTE DESPRESSURIZAR A V.H.R. PARA QUE INTERROMPA O FLUXO DO PRODUTO.

COMO PROCEDER ALIVIANDO A PRESSÃO PNEUMÁTICA PELA VALVULA DE TRES VIAS INSTALADA NO CABEOTE DA BOMBA, OU EM OUTRO LUGAR DE FÁCIL ACESSO

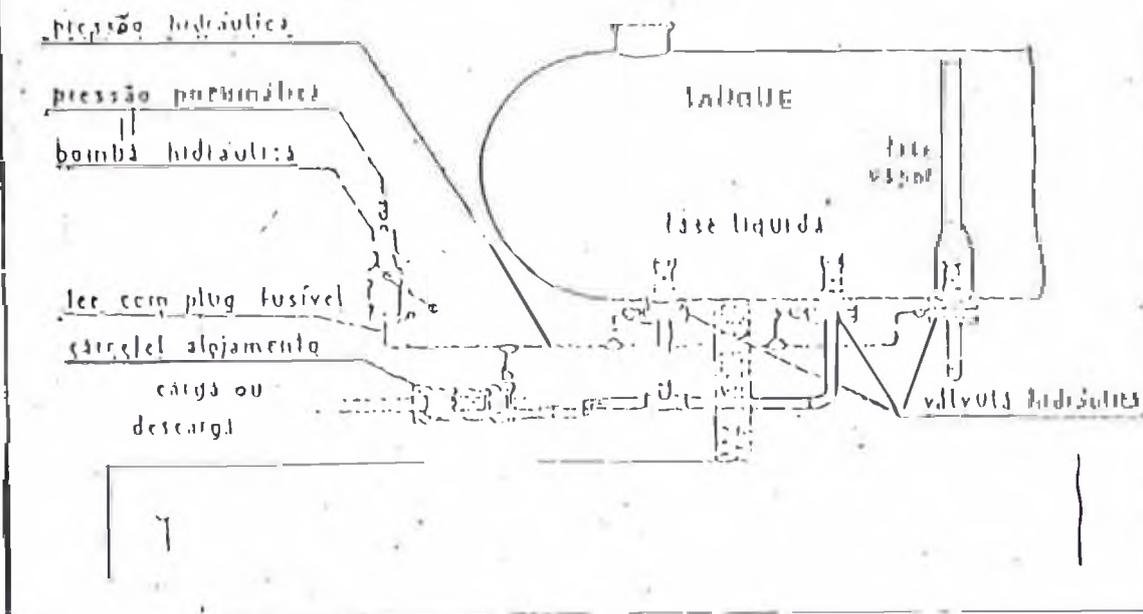


Fig. 5

1.4.5 Tuberías y Conexiones

Las tuberías empleadas para conducir el GLP, son suficientemente resistentes para soportar las variaciones de presión y temperatura observadas en la manipulación del GLP.

1.4.5.1 Tuberías internas.-

Para :

- alimentación de las bombas y compresores;
- el punto de transvase;
- el galpón de envasado;
- interconexión entre los reservorios y;
- demás operaciones de manipulación del GLP líquido o vapor.

1.4.6 Punto de Transferencia

Se realiza la operación de transferencia del GLP líquido del camión-tanque para los reservorios y viceversa (carga-descarga). La instalación fue proyectada de forma que se pueda transferir GLP para el camión-tanque y el envasado se procese normalmente.

1.4.7 Planta Envasadora

Es el local donde se procesa el llenado de recipientes transportables de GLP, así como el almacenamiento de balones vacíos y llenos, también el sistema de pintura de los mismos.

1.4.8 Casa de Bombas y Compresores de GLP

Encargados de procesar las más variadas operaciones internas de transferencia de GLP, tales como :

- envasado de balones y cilindros para GLP;
- descarga del tanque decantador;
- transporte de GLP entre los reservorios estacionarios;
- auxilio en el transporte de GLP de cualquier punto del sistema interno.

La mayoría de estas operaciones son realizadas simultáneamente. Además de esto, los compresores auxilian la operación de carga y descarga de los camiones-tanque.

1.4.9 Instalaciones Eléctricas

Las instalaciones eléctricas para almacenamiento y manipuleo de GLP, están encuadradas en la clase I - Grupo D de la National Electrical Code (NEC- ANSI- C1 - NFPA No. 70/1971). En las áreas de peligro en las cuales no se permite llamas abiertas, pueden estar presentes gases inflamables en forma continua, como son la casa de bombas y compresores, plataforma de llenado de balones y puntos de carga y descarga de camiones- tanques. Todos los locales donde puedan existir concentraciones peligrosas de gases durante el funcionamiento normal del terminal, deberán ser proyectados y construidos con material a prueba de explosión.

1.4.10 Contacto a tierra de Equipos

Son previstos por lo menos 2 (dos) aterramientos distintos, para descarga de electricidad estática y para captación de descargas atmosféricas

1.4.11 Instalaciones de Combate a Incendio

Destinado para garantizar las instalaciones civiles e industriales, de eventuales siniestros. Dentro del sistema de protección, enfriamiento y combate a incendios, se cita las siguientes instalaciones:

1.4.11.1 Reservorio para agua -

Cisterna semi-enterrada en concreto armado, debidamente impermeabilizada, con capacidad de almacenamiento de 450 m³ de agua

1.4.11.2 Casa de Bombas -

Las casas de bombas de recalque localizadas al lado del reservorio de agua, recibirá 2 conjuntos moto-bomba, con capacidad de 180 m³/h a 90 m c a , acopladas a un motor de combustión interna, con partida manual y un motor trifásico de 100 c.v., con alimentación individualizada, a fin de que en caso de emergencia, la caja de luz y fuerza, pueda ser desconectado y el referido motor continúe siendo alimentado.

1.4.11.3 Sistema contra-incendio -

Conformado por :

- Tuberías.-

Material galvanizado Sch.40, con diámetros de 6", 4" y 3", abasteciendo las columnas de hidrantes y anillos nebulizadores, con conexiones para ampliaciones futuras. Toda la red de tuberías será probada para una presión hidrostática de 110 psi.

- Columnas hidrantes, mangueras, esguichos, chorros sólidos y neblina Elkarte -

Se tendrá columnas de hidrantes estratégicamente ubicadas para la atención inmediata en caso de incendio o para enfriar las tuberías o tanques. Estas columnas serán de material acero galvanizado, entrada de 4", altura de 1 m. y dos salidas de 2 1/2"

Para cada columna de hidrantes, tendremos 4 lances de manguera, de material fibra sintética de poliéster, cada una con 15 metros, de 2 1/2" por 2 1/2". También se contará con un esguicho, chorro sólido y una neblina Elkarte

- Anillo de Nebulización.-

Los tanques serán individualmente equipados con un sistema de nebulización de agua en acero galvanizado Sch.40, diámetro de 1 1/2" y difusores de latón, montados de forma que el agua esparcida envuelva totalmente los reservorios, protegiéndolos así de una eventual elevación excesiva de temperatura.

1.4.11.4 Conexión para el Cuerpo de Bomberos -

Se constituye de :

- 2 hidrantes móviles de 2 1/2" con enroscamiento rápido;

- 1 válvula de retención tipo portinhola de 2 1/2" para cada hidrante móvil.

1.4.11.5 Móvil .-

Con extintores de incendio, distribuidos y localizados estratégicamente, predominando los del tipo polvo químico seco.

1.4.11.6 Sistema de alarma .-

Acciona el cierre de todas la válvulas hidráulicas existentes en el terminal, a través de la descarga de presión del sistema de aire comprimido, así como el corte instantáneo de energía eléctrica y consecuentemente la paralización total del funcionamiento de las instalaciones. También es procesada la abertura automática de las válvulas neumática del sistema de enfriamiento de los reservorios de GLP, entrando de esta forma en operación la bomba eléctrica del sistema de incendio.

CAPITULO 2

**LA INVESTIGACIÓN
- CONCEPCIÓN -**

2.1 JUSTIFICACIÓN

El problema de los riesgos de accidentes ambientales tiene origen básicamente en los riesgos tecnológicos y naturales, siendo en el primer caso consecuencia de las actividades desarrolladas directamente por el hombre y, en el segundo, producidos por disturbios de la naturaleza. Estos fenómenos naturales, especialmente los que generan elevados perjuicios al medio ambiente, en su mayoría son citados como catástrofes ambientales, impactando el número de muertos y heridos. De igual forma, los accidentes ambientales de carácter tecnológico, pueden generar catástrofes ambientales, afectando el medio ambiente bio-geo-físico y la salud del hombre asociadas a la magnitud de los daños consecuente a tales eventos.

Estos daños de carácter tecnológicos podrán ocurrir a plazos extremadamente cortos, como por ejemplo letalidades inmediatas como consecuencia de explosiones o incendios, como lo ocurrido en México (19/11/84) por la explosión de tanques esféricos de gas licuado de petróleo, destruyendo completamente las instalaciones y lanzando parte de las estructuras metálicas de estos tanques a distancias de aproximadamente 800 metros, ocasionando la muerte de 500 personas y causando heridas graves y leves en cerca de 4000 personas; o a mediano y largo plazo como en el caso de efectos sobre la salud, debido a la contaminación atmosférica en áreas urbanas, podemos citar el accidente nuclear en Rusia (26/04/86) reactores de uranio de Chernobyl, en el cual se vieron afectados directamente los 28 bomberos en atendimento de emergencia y las 300 personas expuestas a la radioactividad, previéndose que más de 100.000 personas sufrirán daños genéticos o tendrán problemas de cáncer debido a este accidente nuclear, en los próximos 100 años. REGINALDO V. LOUREIRO (BIO-1992).

Es difícil comparar en términos genéricos, cual es el más perjudicial a la calidad de vida de los seres humanos, pues las Catástrofes provocadas por los fenómenos naturales generalmente son raras en una misma región; en tanto que los Accidentes Ambientales, provocados por la acción humana, vienen ocurriendo día a día, en mayor número por el incremento industrial, y por la necesidad de transporte y almacenamiento de los productos fabricados. Muchos de estos productos son clasificados como peligrosos, y para su fabricación necesitan de materia prima del mismo grado de riesgo con el que es almacenado en tanques, transportado vía terrestre, marítima, fluvial o aérea, generando riesgos para la región situada en el entorno de los locales de almacenamiento y también para las localidades situadas en los trayectos de ida y vuelta de los medios de transporte utilizados.

Cabe resaltar que, para las actividades de gestión de los riesgos, los de carácter tecnológico pueden ser controlados tanto en la probabilidad de ocurrencia, así como en las consecuencias, es

decir en la magnitud del evento; los riesgos de carácter natural, por lo general no pueden ser controlados en lo que se refiere a la probabilidad de ocurrencia y sí en lo que respecta a sus consecuencias. ENGENHARIA AMBIENTAL (1990).

Estos riesgos de carácter tecnológico, especialmente en las industrias químicas de petróleo y sus derivados, se vienen incrementando en los últimos años, en función del avance y sofisticación de la tecnología, tornando más crítica y arriesgada la operación de las mismas y, aumentando la magnitud de los riesgos. De esta forma, se sabe que en las plantas envasadoras y de almacenamiento, transporte y manipulación del GLP, debido a su naturaleza intrínseca altamente inflamable y, sujetas a una enorme gama de riesgos, pueden eventualmente producir daños irreparables a equipos, estructuras, así como ocasionar lesiones y muertes SANFAMENTO AMBIENTAL (1990).

Por tales motivos, el estudio de Análisis y Evaluación de Riesgos, es muy importante pues a pesar de no eliminar los riesgos, su conocimiento proporciona la **minimización** de los mismos.

En tal sentido, se considera relevante y oportuno de arrollar esta investigación, con el propósito de **evitar y prevenir** accidentes nefastos que podrían perjudicar no solo al hombre sino también al propio medio ambiente.

2.2 OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo de investigación se citan a continuación :

2.2.1 Objetivos Generales

- Identificar los eventos peligrosos, conociéndose el histórico de casos
- Analizar las posibles causas iniciadoras y agravantes de accidentes, consecuencia del uso de GLP
- Presentar las magnitudes de las consecuencias del potencial de riesgo del GLP
- Estimar estadísticamente las actividades que con mayor frecuencia presentan accidentes

2.2.2 Objetivos Específicos

- Presentar un lineamiento básico de los aspectos a ser considerados en la caracterización del uso de GLP, estructurado de manera que determine el potencial de riesgo
- Mapear las zonas vulnerables respecto a los accidentes a nivel industrial.
- Indicar la adopción de medidas de control y mitigación de los riesgos, para contribuir a disminuir la incidencia de accidentes, con base en el análisis crítico de episodios ocurridos en ámbito nacional brasileño e internacional

2.3 CONTRIBUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El contexto de globalización de la economía, mercados más competitivos y deterioro del ambiente, determinan nuevos enfoques en la gestión de las empresas. La búsqueda de la eficiencia, productividad y calidad de los bienes y servicios, motiva a las empresas a internalizar una nueva filosofía de gerenciamiento. Calidad Total, Reingeniería, ISO 9000, entre otras, pasaron a ser expresiones orientadoras en el medio empresarial, estableciéndose de esta manera, nuevos paradigmas para la expresión de Calidad.

En el área del gerenciamiento ambiental viene ocurriendo lo mismo, constituyéndose hoy, en un concepto y una estrategia empresarial que contribuye en hacerla más competitiva en el mercado. Las empresas modernas, especialmente las que operan sistemas complejos y con fuerte potencial de impactos ambientales, vienen procurando alcanzar y mantener un Sistema de Gestión Ambiental, a través de las normas ISO 14000.

El estudio de ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL es uno de los principales instrumentos de Gestión Ambiental al igual como los Estudios de Impacto Ambiental y las Auditorías Ambientales, que va a permitir gerenciar los riesgos, además de conquistar y difundir la imagen de una empresa ambientalmente avanzada y responsable.

Así mismo, en los proyectos que son objeto de Estudio de Impacto Ambiental- EIA, pueden ser aplicadas las técnicas de Análisis y Evaluación de Riesgos, como parte de la etapa de previsión de impactos, tal como se muestra en la figura No. 6.

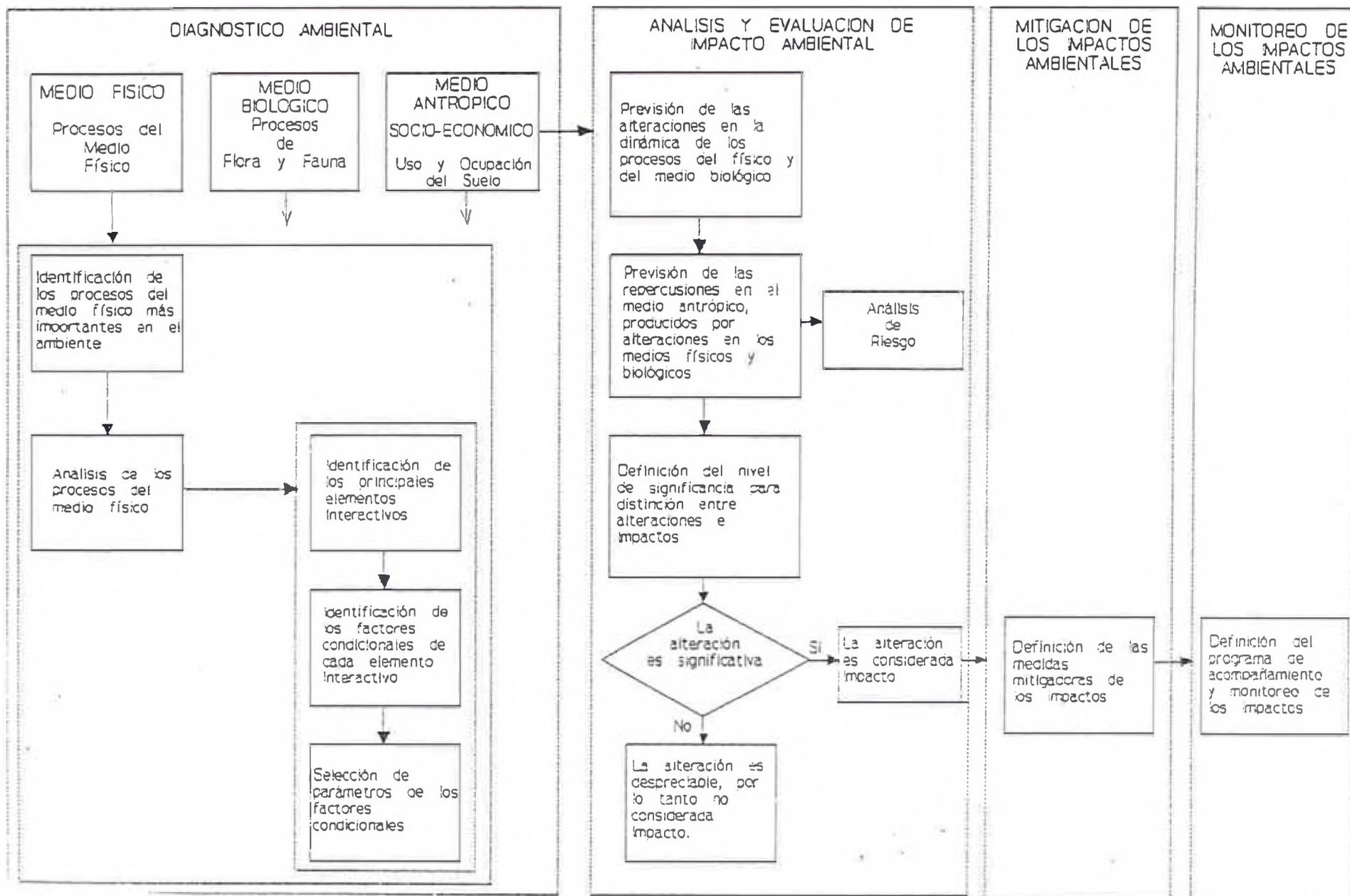
Entendiéndose que el Estudio de Impacto Ambiental -EIA es de carácter **preventivo** a la degradación ambiental, el principio **Prever para prevenir** enfatiza la naturaleza de protección ambiental, que implica anticiparse a situaciones de riesgo para el medio ambiente y actuar en el sentido de evitar el daño.

Según la literatura revisada, principalmente la de nivel internacional, muestra que las investigaciones y los trabajos desarrollados con el objetivo de "aprimorar" los conocimientos relativos a la actividad de estudios de análisis y evaluación de riesgos naturales y tecnológicos, se encuentran en un nivel bastante avanzado, principalmente en los países como España, Inglaterra, Estados Unidos y Alemania, entre otros.

Así mismo, en Brasil, cada vez más los organismos gubernamentales y hasta empresas de consultoría, vienen invirtiendo en el desarrollo de programas de prevención y gerenciamiento de riesgos ambientales. En nuestro país - Perú, aún son poco difundidas y no relacionadas a Evaluación de Impacto Ambiental.

Según lo precedido, aún existen pocas investigaciones y estudios sobre este asunto a nivel académico. De esta forma, el presente estudio pretende contribuir en la divulgación y conocimiento de las técnicas de análisis y evaluación de riesgos ambientales, permitiendo de esta manera identificar los riesgos inherentes con el uso del GLP para la actividad industrial - planta envasadora y de almacenamiento. Además, probablemente traerá subsidios para investigaciones posteriores.

Fig. 6 - RELACION ENTRE EL ANALISIS DE RIESGO Y LA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL



2.4 METODOLOGÍA

El trabajo fundamentalmente buscó seguir la metodología clásica de los Estudios de Análisis de Riesgo. Así mismo, se consideró importante dar énfasis al conocimiento del proceso en estudio por sus particularidades operacionales y desvíos. Se tuvo la intención de definir los riesgos inherentes y particulares, que normalmente no son observados a partir del levantamiento de información en un Banco de Datos.

2.4.1 Tipo de investigación

Entre las diversas dificultades que el investigador enfrenta en la ejecución de un trabajo científico, se destaca la propia formulación de los problemas de la investigación. De acuerdo con Kerlinger (1973):

"No siempre es posible al investigador formular un problema de forma simple, clara y completa. El puede tener frecuentemente apenas noción general, difusa o hasta confusa del problema. Esta es la naturaleza de la complejidad de la investigación científica".

Teniendo en consideración los diferentes tipos de investigación : Descriptiva, Explorativa (Survey) y Explicativa, se verifica que según el objetivo del trabajo, la investigación asume un carácter exploratorio, que encuentra respaldo en Seetiz et alii (1974)

"En el caso de problemas en que el conocimiento es muy reducido, generalmente el estudio exploratorio es el más recomendado. A veces, existe una tendencia para subestimar la importancia de la investigación exploratoria y, considerar como científico apenas el trabajo experimental. Sin embargo para que el trabajo experimental tenga valor teórico o social, es necesario que sea significativo para cuestiones más amplias que las propuestas en el experimento. Esa significación solo puede resultar de la exploración adecuada de las dimensiones del problema que la investigación tenta estudiar".

2.4.2 Delimitación del Universo

La División de Operaciones de Riesgo de la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental (CETESB) mantiene siempre actualizado un catastro de accidentes de variada naturaleza, entre ellos, accidentes producidos por el uso de GLP, a nivel nacional e internacional, destacándose las siguientes actividades :

ACTIVIDADES RELACIONADAS CON GLP		
TRANSPORTE	INDUSTRIAL	RESIDENCIAL
Ferroviario	Almacenamiento	Residencial
Marítimo	Refinería	Distribución
Carretera	Eléctrica	
Ducto	Química	
	Alimenticia	
	Construcción civil	

El registro muestra la frecuencia de accidentes en estas áreas, produciéndose un mayor número de accidentes en el área industrial, según como se aprecia en la tabla No. 1, específicamente en la actividad de almacenamiento, como se verá en el acápite 3.1.1.4.

Tabla 1.- ÁREA DE ACTIVIDADES POR EL USO DE GLP vs CASOS REGISTRADOS DE ACCIDENTES

ÁREA	CASOS REGISTRADOS
Transporte	40
Industrial	109
Comercial	8

Fuente : CETESB /División de Operaciones Especiales (DEO)
Banco de Datos : 1940 - 1987

2.4.3 Técnica de Recolección de Datos

Al desarrollar las técnicas de Análisis de Riesgo, fue necesario contar con las siguientes fuentes de información:

- a) Banco de Datos "Sistema Nacional de Catastro de Accidentes Ambientales" - SINCAAM de la CETESB (1990).
- b) Para el análisis de operabilidad HazOp, fue necesario recopilar informaciones In-Situ, en la misma compañía de gas, a través de entrevistas con funcionarios y técnicos expertos en el funcionamiento de la planta, procurándose buscar en las opiniones los subsidios para identificar los factores que estarían generando la ocurrencia de accidentes

2.4.4 Técnica de Tratamiento de Datos

Fue aplicada una estadística básica para la presentación de algunos de los resultados. Sin embargo, en el análisis de operabilidad (HazOp) ésto no fue posible, pues las técnicas estadísticas de análisis de datos exigirían respuestas conclusivas de un razonable número de entrevistas, motivo por el cual, los resultados del análisis realizado en las diferentes unidades de proceso operacional de la Planta Envasadora y de Almacenamiento, son presentados a través de planillas.

CAPITULO 3

ESTUDIO DE ANALISIS DE RIESGO

En los procedimientos de evaluación de riesgos que alimenta un sistema decisorio responsable por su gerenciamiento, procura asociar a la estimación de aquella probabilidad de ocurrencia del evento indeseado la magnitud del daño producido. El gerenciamiento de los riesgos a su vez, es una responsabilidad de sistemas decisorios de índole empresarial o gubernamental, los cuales decidirán sobre su aceptabilidad, teniendo como base los estudios de análisis y evaluación de riesgos.

Las principales etapas de un Estudio de Análisis y Evaluación de Riesgo comprende la caracterización del proyecto e identificación del grado de riesgo, levantamiento e identificación de los riesgos (definición de las hipótesis accidentales), evaluación de las consecuencias que se producirían de las hipótesis accidentales identificadas, finalmente la implantación de medidas para la reducción y gerenciamiento de los riesgos, tal como se muestra en la figura No 7.

Así mismo, el desarrollo de estos estudios requiere la disponibilidad de algunas herramientas de trabajo, tales como: Bancos de datos de accidentes ambientales, Modelos para la simulación de las consecuencias, Modelos de vulnerabilidad; además de la aplicación de ciertas técnicas, de las cuales se puede destacar: Análisis preliminar de riesgo, Check-list, Análisis de modos de fallas y efectos, Análisis de árbol de fallas, Análisis de árbol de eventos y Análisis de operabilidad.

3.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

La etapa de identificación de los riesgos consiste en la aplicación de técnicas para la búsqueda de información, estructurada o no y, otros métodos para la detección analítica de las fallas, las cuales permiten un conocimiento de los riesgos potenciales de una instalación, propiciando así la definición de las consecuencias accidentales que pueden provocar la liberación de materia y/o energía.

En este trabajo, para la identificación de los riesgos fueron utilizadas el Análisis Histórico de Accidentes; Análisis de Riesgo y Operabilidad, conocida comúnmente como HazOp; se desarrolló también el Árbol de Fallas no cuantificada, y el Árbol de Eventos, los cuales propiciaron los subsidios necesarios para definir las hipótesis accidentales más relevantes.

ESTUDIO DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS

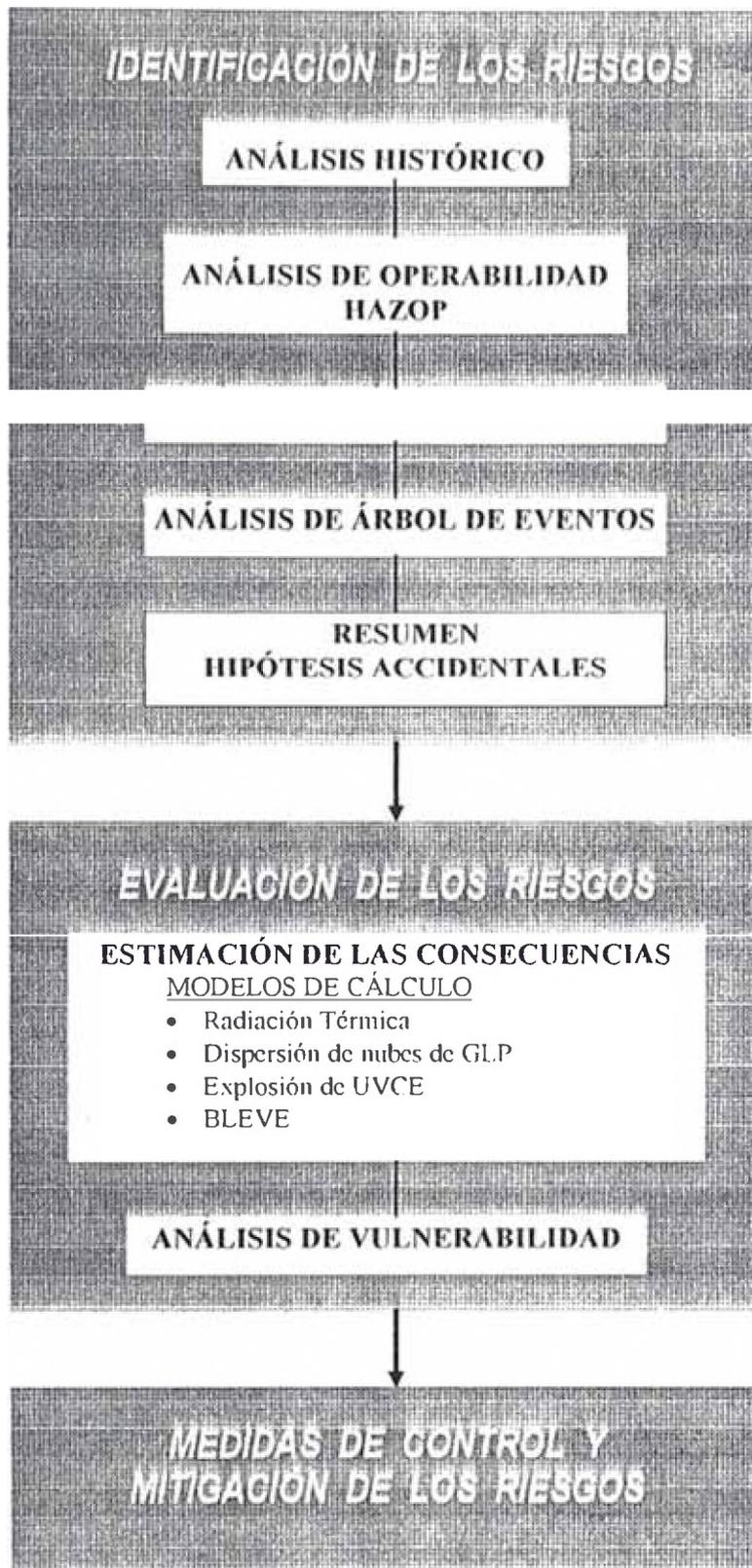


Fig. 7

3.1.1 Análisis Histórico

El análisis histórico se realiza a través de la consulta al banco de datos de accidentes nacionales e internacionales, cuando son disponibles, y/o a través de literatura especializada, las cuales proporcionan las informaciones a ser analizadas, encontrando las causas que generaron accidentes significativos.

El estudio retrospectivo de los accidentes en el pasado, sus causas, efectos y circunstancias en que ocurrieron es de fundamental importancia para la identificación de las situaciones propicias al accidente, facilitando así, la implantación de medidas tanto preventivas, como correctivas y de intervención en situaciones de emergencia.

3.1.1.1 Fuentes de Informaciones

a) Banco de Datos

La investigación para la elaboración del Análisis Histórico fue realizada a través de la consulta al Banco de Datos SINCAAM operado por la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental del Estado de São Paulo - CETESB, Brasil.

El SINCAAM tiene registrado más de 2000 accidentes que ocurrieron en todo el mundo, desde la década del 40. Los accidentes son clasificados por el tipo de actividad, tipo de planta industrial, fuente, tipología accidental, naturaleza del producto, magnitud de las consecuencias, localización y fecha. En el estudio de caso, fue realizada una búsqueda por accidentes, referentes al producto GLP (incluyendo propano y butano).

b) Literatura Especializada

Con la finalidad de complementar y auxiliar la interpretación de las informaciones contenidas en el banco de datos, fueron consultadas las siguientes obras especializadas : Loss Prevention in Process Industries - Lees, Frank P. y Analysis of the LPG Incident, México City 19 november 1984 - elaborado por el The Netherlands Organization for Applied Scientific Research (TNO)

3.1.1.2 Categorías de causas para derrames

Las principales causas iniciadoras de derrames de GLP son divididas en cuatro categorías :

a) Falla operacional

Para efecto de este estudio se entiende por falla operacional, cualquier problema generado por la acción realizada a través del hombre, en el momento del accidente, incluyendo como causas la mala adaptación o acoplamiento equivocado del balón, el olvido del cierre de válvulas o la sobrepresión en una estación de bombeo por operación incorrecta de válvulas

b) Falla mecánica

Se refiere a cualquier problema ocurrido con equipos o materiales, independiente de la acción realizada por el hombre en el momento del accidente. Aunque sea difícil no asociar la falla mecánica del error humano, pues la propia falta de mantenimiento produce falla de los equipos al ser utilizados, y éste es asociado a fallas humanas

c) Fenómeno natural

Entre las causas naturales se tienen problemas asociados a la geología como desmoronamientos y movimientos del suelo; hidrológicos como las inundaciones y, otros naturales como rayos y relámpagos.

d) Desconocidas

No especificadas en los Bancos de Datos, pudiendo ser por falta de información o caso contrario, error de vaciado de datos en los formularios.

3.1.1.3 Tipología de Accidentes

Considerando la información de la C-ETESB (1990), en el Banco de Datos "SINCAAM", fueron detectadas las siguientes tipologías accidentales :

VE	Confined Vapour Explosion Fenómeno explosivo de una nube de vapores inflamables, en ambiente confinado. Gran parte de la energía se manifiesta en la forma de ondas de choque y casi nada en la forma de energía térmica.
UVCE	Unconfined Vapour Cloud Explosion : Fenómeno explosivo de una nube de vapores inflamables en ambientes no confinado.
EXPLOSIÓN	Evento con liberación brutal de energía, asociado a una rápida expansión de gases.
INCENDIO	Incendio genérico sin especificación exacta del tipo de incendio <u>OBS</u> : se utilizó la denominación genérica de incendio porque no fue posible distinguir por los registros si los derrames se produjeron en la fase líquida o gaseosa.
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosión : Fenómeno de explosión de un recipiente con proyección de fragmentos y expansión adiabática.
FLASHFIRE	Incendio de una nube de vapores inflamables, sin efectos de presión apreciables.
FIREBALL	Bola de Fuego, formada a partir de la ocurrencia de Bleve, envolviendo una sustancia inflamable.

3.1.1.4 Accidentes a Nivel Industrial - Planta Envasadora y de Almacenamiento de GLP

a) Tendencia histórica

Los datos investigados en el Banco de Datos SINCAAM/ CETESB muestran que el mayor número de accidentes con GLP ocurren en el área industrial, específicamente en la actividad de almacenamiento, seguido de la actividad en la refinería y, en tercer lugar, en la actividad de transporte por carretera, como se indica en la tabla No. 2

Tabla 2.- ACCIDENTES INVOLUCRANDO GLP POR TIPO DE ACTIVIDADES

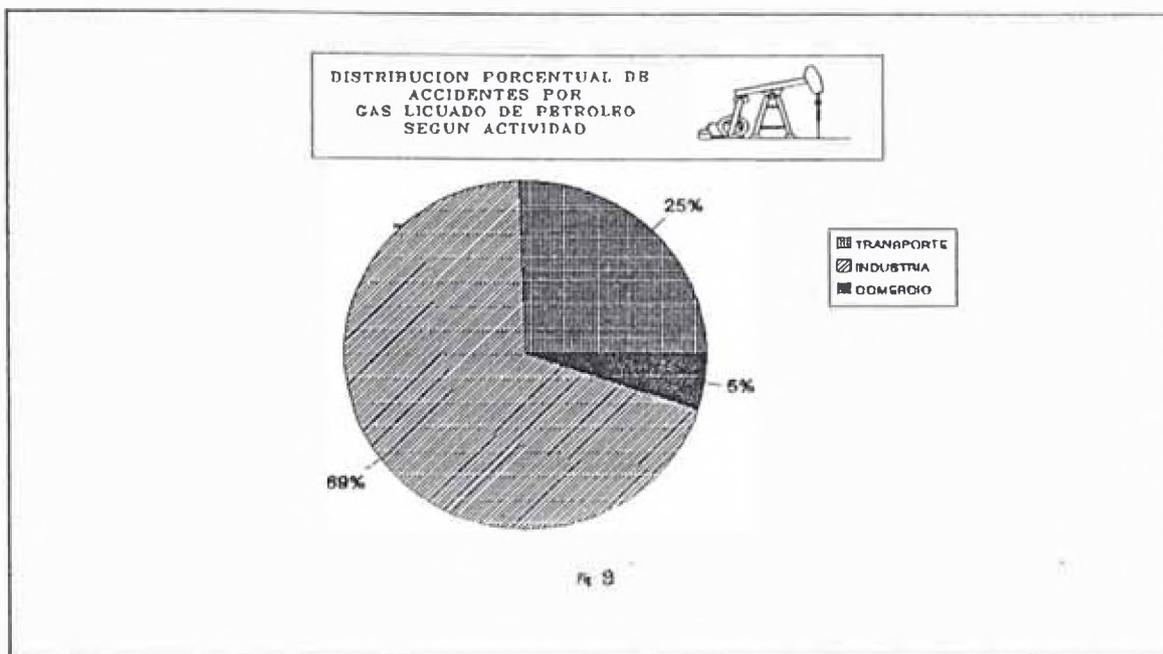
TIPO DE ACTIVIDAD	No. DE ACCIDENTES	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL (%)
TRANSPORTE	40	25.5
Carretera	25	16.0
ferroviario	7	4.5
Ducto	5	3.2
Marítimo	1	0.6
Hidroviario	2	1.2
INDUSTRIAL	109	69.4
Almacenamiento	61	38.9
Refinería	38	24.2
Eléctrica	1	0.6
Química	7	4.5
Alimenticia	1	0.6
Constr. civil	1	0.6
COMERCIAL	8	5.1
Residencial	7	4.5
Distribución	1	0.6
TOTAL	157	100.0

Fuente: CETESB - SINCAAM (1940 - 1987)

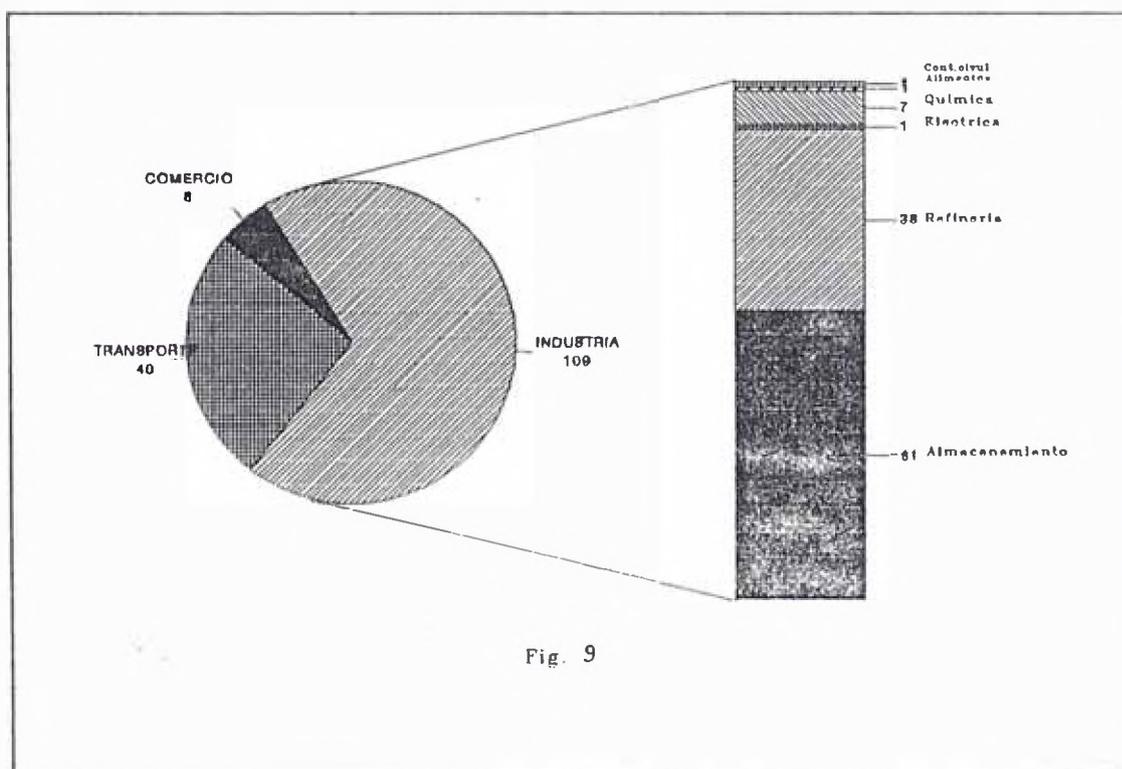
El hecho de producirse más accidentes en la planta de almacenamiento, muestra una mayor vulnerabilidad en los sistemas estáticos cuando envuelven grandes cantidades.

Se debe resaltar que en esta parte del estudio fueron consideradas como planta de almacenamiento todas aquellas integrantes de terminales marítimos y no marítimos, es decir, también fueron consideradas como plantas de almacenamiento de GLP, aquellas destinadas para tal en otras actividades, de esta forma, están involucrados accidentes en la planta de estocagem, terminal marítimo, plantas de transferencia y envasadoras (ductos, tuberías, tanques : superficial y subterráneos, cilindros, camiones-tanque, almacén y/o puestos de abastecimiento).

En la figura 8, puede observarse claramente que la actividad industrial tiene una mayor frecuencia de accidentes, en comparación con las otras actividades que también utilizan el producto GLP.



Igualmente se muestra en la figura 9, que en el rubro de accidentes a nivel industrial la actividad más vulnerable de presentar accidentes es referida a las plantas de almacenamiento.



La evaluación del número de accidentes ocurridos en el período considerado 1940 - 1987, no permite un análisis conclusivo con relación al aumento o disminución de la incidencia de accidentes con GLP en las plantas de almacenamiento, pues los datos son bastante variados a lo largo de cada década.

b) Causas de derrame de GLP

Después del análisis de los datos relativos a los accidentes investigados en el Banco de datos de la CETESB, fueron identificadas las principales causas que originaron tales ocurrencias y resultaron en accidentes relevantes en las plantas de almacenamiento.

La tabla No. 3 presentada a continuación, muestra que el 44% de los accidentes ocurrieron debido a fallas mecánicas, 28% fueron debidos a fallas operacionales y en 26% de los casos analizados, se desconoce el por qué de lo ocurrido.

Tabla 3.- CAUSAS DE DERRAME DE GLP EN PLANTAS DE ALMACENAMIENTO

CAUSAS	NÚMERO DE FALLAS	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL (%)
Falla Operacional	17	28
Falla Mecánica	27	44
Causa Natural	1	2
Desconocida	16	26
TOTAL	61	100

Fuente: CETESB - SINCAAM (1940 - 1987)

Un análisis más depurado de los datos, permite concluir que en la realidad las fallas mecánicas están relacionadas con rupturas de tuberías y conexiones, fallas de válvulas de alivio y medidores de nivel, fallas de soldaduras y volcaduras de tanques. Este hecho puede inducir a la conclusión de que las fallas pueden estar asociadas a:

- Proyecto, construcción y utilización de materiales de baja calidad, lo que denota falla o ausencia de especificaciones de materiales en el control de la calidad y/o en los procedimientos de test.
- Ausencia de inspección o realización de programas de mantenimiento inadecuados.

c) Lista de causas iniciadoras de derrame de GLP

Las principales causas iniciadoras de derrame de GLP en plantas de almacenamiento identificados en los bancos de datos investigados, se detallan a continuación:

- Volcadura de tanque con ruptura de sus conexiones.
- Falla en la transferencia del producto, durante la descarga.
- Ruptura de la conexión del tanque, debido a instalaciones inadecuadas.
- Válvula de descarga del tanque dejada abierta, después de la carga.
- Mal estado de conservación de los mangotes de transferencia.
- Ruptura de la línea de descarga.
- Volcadura del tanque, debido al asentamiento del suelo.
- Ruptura de tubería del fondo del tanque, durante operación de transferencia.
- Olvido de desconectar mangotes, cierre de válvulas, etc.
- Defecto en línea de descarga.
- Transbordamiento del tanque por falla del medidor de nivel.
- Perforación de la manguera de torpedo de propano.
- Ruptura del tanque por choque.
- Ruptura de tubería de la bomba de transferencia.
- Exceso de presión en tanque, con falla en la abertura de la válvula de alivio.
- Ajuste incorrecto en la válvula de retención.
- Obstrucción de la válvula de alivio.
- Falla en la soldadura del tanque.
- Ruptura en tanque, por fallas en el revestimiento.
- Abertura indebida de la válvula de alivio.
- Falla en la transferencia de la línea de presurización.
- Ruptura del tanque, debido a sobrepresión.
- Ajuste incorrecto de la válvula de seguridad.
- Llenado del tanque por encima de lo permitido.
- Choque mecánico ocasionando ruptura de tubería.
- Explosión del tanque, por supercalentamiento.
- Mantenimiento de la válvula de drenaje con tanque no completamente vacío.

Analizando estos datos, se puede concluir que las principales fuentes posibles de ocurrir derrames son : los tanque y/o esferas y todos los equipos que componen los mismos, también las tuberías y conexiones que forman parte del sistema.

d) Tipología de las consecuencias accidentales

Los efectos referentes a la liberación de gas licuado de petróleo (GLP) están relacionados con su característica de inflamabilidad, responsable por la ocurrencia de incendios y explosiones.

La distribución porcentual de los casos estudiados, en función de las consecuencias generadas, indican el comportamiento del GLP después de un derrame, tal como se muestra en el tabla No.4.

En ella se puede apreciar que los resultados de la distribución porcentual de las consecuencias de accidentes que involucran las plantas de almacenamiento, indican que con mayor frecuencia ocurren los derrames de GLP (31%), agravándose hasta explotar u ocurrir un "fireball"; en segundo orden, los incendios (21%) llegándose a producir explosiones y/o Blevé; agravándose cada vez más, siendo difícil de controlar, pudiendo en tercer lugar llegar a desencadenar "Flashfire" seguido de CVE, Blevé; UVCE después de incendio hasta Blevé, luego en quinto lugar, CVE seguido de Blevé y Flashfire/incendio y por último Blevé hasta de Flashfire o Fireball, significando esto, accidentes de grandes proporciones con resultados funestos.

Es importante resaltar que la distribución porcentual de las consecuencias, deben ser consideradas como un indicador estimativo, que ayude al entendimiento de las consecuencias posibles de ocurrir, de los eventos indeseados; no como resultados conclusivos, pues existen muchos factores que incrementan la incerteza de los mismos.

Tabla 4.- **DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS CONSECUENCIAS DE ACCIDENTES INVOLUCRANDO GLP EN PLANTAS DE ALMACENAMIENTO**

EVENTO	NUMERO DE OCURRENCIAS	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL (%)
DERRAME	19	31
. Solo derrame	14	23
. seguido de explosión	4	6
. seguido de fireball	1	2
INCENDIO	13	21
. solo incendio	5	8
. seguido de explosión	5	8
. seguido de Blevé	3	5
FLASHFIRE	10	16
. solo flashfire	6	10
. seguido de CVE	2	3
. seguido de BLEVE	2	3
UVCE	9	15
. solo UVCE	6	10
. seguido de incendio	2	3
. seg. explosión + BLEVE	1	2
CVE	7	12
. solo CVE	5	8
. seg. BLEVE + flashfire	1	2
. seg. BLEVE + incendio	1	2
BLEVE	3	5
. solo BLEVE	2	3
. seguido de fireball	1	2
TOTAL	61	100

Fuente: CETESB - SINCAAM (1940 - 1987)

3.1.2 Análisis de Operabilidad - HazOp

Esta técnica conocida como Estudio de Identificación de Peligros y de Operabilidad - Hazard and Operability, es un método sistemático utilizado para identificar problemas potenciales propios del proceso. En la mayoría de los HazOp, son detectados muchos más problemas operacionales que la identificación de peligros, esto es muy importante por la relación directa entre la eliminación de los problemas operacionales y la disminución de los riesgos de una instalación : la eliminación de los problemas operacionales disminuye la frecuencia de los errores humanos y, por consiguiente, el nivel de los riesgos.

El HazOp se basa en el principio de interactuar recíprocamente diversos especialistas con diferentes formaciones y experiencias, a fin de identificar eventos indeseables con posibilidad de ocurrir problemas operacionales, cuando trabajando juntos, que hacerlo aisladamente para después combinar sus resultados. Los miembros de este equipo evaluador: Jefe del proyecto, Ing. de planta, Ing. de automatización, Ing. electricista, líder del equipo, etc., además de ser profesionales competentes, deben ser peritos en el proceso que está siendo desarrollado en aquel proyecto o en aquella instalación, debiendo tener experiencia de no menos de dos años

Con la finalidad de minimizar la posibilidad de que algo sea omitido, el HazOp es realizado de manera sistemática: cada circuito es analizado, línea por línea, para cada tipo de desvío, pasible de ocurrir en los parámetros de funcionamiento. Cada desvío en el proceso, es examinado usando palabras guías, las cuales permiten identificar las causas y consecuencias de los mismos. THE CHEMICAL INDUSTRY SAFETY AND HEALTH COUNCIL (1987).

A continuación se muestran los desvíos generados por las diversas Palabras-Guía :

PALABRA GUÍA	DESVÍO
Ninguna	Ausencia de flujo o flujo reverso
Mayor	Más, en relación a un parámetro físico importante, p. ejem. mayor caudal, presión, temperatura, vibración, etc
Menor	Menos en relación a un parámetro físico importante, p. ejem. menor caudal, presión, temperatura, etc
Componentes a más	Componentes a más en relación a los que deberían existir, p. e.: fase extra presente (vapor, sólido), impurezas (aire, ácidos, productos de corrosión, contaminantes, etc.)
Otra condición operacional	Partida, parada, funcionamiento de pico, modo alternativo de operación, mantenimiento, etc

En este análisis cada "línea" es una conexión por tubería entre dos equipamientos principales. Por ejemplo, una línea que sale de un reservorio de almacenamiento y va a la plataforma envasadora (pasando por la unidad del equipo de bombas). La serie de palabras-guía es aplicada a esta línea. "Ningún", por ejemplo, significa ningún flujo en la dirección correcta, o el flujo en la dirección inversa en la línea. Se pregunta:

- Es posible ocurrir ausencia de flujo?
 - Cómo esto podría ocurrir ?
 - Cuáles son las consecuencias de la ausencia de flujo?
 - La ausencia representa un estado operacional normal? o es peligroso?
 - Caso sea peligroso, es posible prevenir la ausencia de flujo? Hay forma de protegerse de sus consecuencias, modificando el proyecto o modo operativo?
- Si esto fuera posible, la frecuencia de ocurrencia de esa falla y sus consecuencia justifica el gasto adicional que se va a realizar?

En seguida se prosigue el análisis para la misma línea, con otra palabra-guía, "Mayor":

- Es posible que haya más flujo de lo indicado en el proyecto?
- Cómo ésto podría ocurrir?
- etc.

De esta manera se continúa con otros parámetros, por ejemplo mayor presión, mayor temperatura, etc.

El desarrollo de este análisis permite por sí misma, tomar decisiones sobre que hacer para tornar aceptable los riesgos que se producirían de los peligros identificados. AMERICAN INSTITUTE DE CHEMICAL ENGINEERS (1985)

Las planillas que siguen a continuación, presentan los resultados obtenidos en la aplicación de este método.

HAZOP - ANALISIS DE OPERABILIDAD

PROYECTO PLATAFORMA ENVASADORA

ETAPA LLENADO DE BALONES -GLP

HOJA : 1 /

PALABRA-GUIA	DESVIO	CAUSAS	CONSECUENCIA	PROVIDENCIA SUGERIDA
MAYOR	PRESION	EXCESO DE TEMPERATURAS	DERRAME DE GLP POR VALVS. DE ALIVIO	<ul style="list-style-type: none"> ACCIONAR LOS ANILLOS NEBULIZADORES DE TANQUES Y, SI NECESARIO MAYOR ENFRIAMIENTO UTILIZAR LOS HIDRANTES SISTEMATIZAR EL ALINEAMIENTO DE VALVULAS, INSPEC. Y AUDITORIA
MENOR	PRESION	DEFICIENCIA DE COMPRESORES Y CONDICION ATM. SEVERA/FRIO INT.	RETARDA LA OPERACION DE LLENADO	<ul style="list-style-type: none"> DETERMINAR FRECUENCIA DE INSPEC DE EQUIPOS FAVORECIENDO Y MEJORANDO LAS CONDICIONES DE TRABAJO
MAYOR	TEMPERATURA	CONDICION ATM. SEVERA O PROX. DE FUENTE DE CALOR	AUMENTO DE PRESION Y FUNCIONAMIENTO DE VALV. DE SEGURIDAD CON RETORNO A LA PRESION NORMAL	<ul style="list-style-type: none"> ACCIONAR DE INMEDIATO LOS NEBULIZADORES DE LOS TANQUES ACCIONAR LOS HIDRANTES SI NECESARIO
MENOR	TEMPERATURA	CONDICION ATM. SEVERA -FRIO INTENSO-	DIFICULTAD PARA ENVASAR	<ul style="list-style-type: none"> AUMENTAR LA PRESION DE OPERACION EN LOS TANQUES
MAYOR	NIVEL	EXCESO DE GLP EN BALON, POR REGULACION INCORRECTA DE BALANZA ENVASADORA	NINGUNA, EL BALON ESTA DIMENSIONADO PARA RESISTIR HASTA 150 PSI, CON SEGURIDAD	<ul style="list-style-type: none"> REGULACION CORRECTA DE BALANZA ENVASADORA
MENOR	NIVEL	LLENADO PARCIAL P/OBS TRUCCION DE VALV., SALLIDA DE BALANZA ENV.	INTERRUP. DE OPERACION PUES LA BALANZA NO DESCONECTA EL PISTON DE LLENADO VALV. BALON	<ul style="list-style-type: none"> CIERRE DE VALVULA ESFERICA DE LA LINEA DE ALIMENTACION DE LA MAQUINA DE LLENADO PARA LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO
NINGUN	AUSENCIA DE FLUJO	FALTA DE GLP EN RESERVORIOS ESTACIONARIOS	NINGUNA	<ul style="list-style-type: none"> ALIMENTACION DE RESERVORIOS
		OBSTRUCCION DE BALANZA ENVASADORA		<ul style="list-style-type: none"> DRENAJE PERIODICA DE RESERVORIOS ESTACIONARIOS
		FALTA DE GLP EN LA LINEA	NINGUNA	<ul style="list-style-type: none"> MANTIENIM. PREVENTIVO E INSPEC. DE DISPOSITIVOS DE LINEA, VALV. BY-PASS, BOMBAS, ETC., QUE PUEDAN SER BLOQUEADOS
		DEFECTO U OBSTRUCCION EN LA VALVULA DEL BALON	DERRAME CON FORMACION DE NUBE INFLAMABLE, SI HUBIERA IGNICION	<ul style="list-style-type: none"> INSPEC. PREVIA DE BALONES VACIOS LIMPIEZA DE VALVS. DE BALONES C/CHORRO DE AIRE COMPRIMIDO
	FLUJO REVERSO	BALON CON DEFECTO EVACUACION EN DIRECCION AL TQ DECANTADOR	NINGUNA, OPERACION NORMAL DESPRESURIZACION LINEA	<ul style="list-style-type: none"> PRESURIZAR LA LINEA
OTRA CONDICION OPERACIONAL	ERRORES	CAIDA DE BALON POR MANIPULEO IMPROPIO O CHOQUE MECANICO.	POSIBLE APLASTAM. DEL BALON, REMOTA POSIB. DE RUPT. DE SOLDADURA	<ul style="list-style-type: none"> MANTIENIM. PREV/PREDITIVO DE LOS BALONES, CUIDADO EN LA MANIPULACION
		RUPT. DE MANGUERA DE LLENADO EN LA BALANZA ENVASADORA, POR SUBDIMENSIONAMIENTO O DETERIORO	CHICOTEAMIENTO EN AREA RESTRICTA AL DERRAME DE GAS C/FORMACION DE NUBE INFLAMABLE	<ul style="list-style-type: none"> CIERRE DE VALV. ESF. DE LINEA DE ALIMENTAC. DE MAQ. DE LLENADO UTILIZAR INSTRUMENTOS C/PATRO-DE CONFIABILIDAD ACEPTABLES. MANTIENIM. PREV. DE ACCESORIOS

HAZOP - ANALISIS DE OPERABILIDAD

PROYECTO PARQUE DE TANQUES

ETAPA RECIBIR Y ALMACENAR GLP

HOJA 1 / 2

PALABRA-GUIA	DESVIO	CAUSAS	CONSECUENCIA	PROVIDENCIA SUGERIDA
MAYOR	PRESION	AUMENTO DE TEMPERATURA	CAMBIO FASE LIQ/VAPOR INT. DE TQ. POSIBLE LIBERACION DE NUBE INFLAMABLE SI LA PRESION ULTRA PASA LA REG. VAL. ALIVIO	ACCIONAR EL SISTEMA DE REFRIGERACION DE TANQUES, A TRAVES DE ANILLOS NEBULIZADORES Y DE HIDRANTES PROXIMOS
		BLOQUEO DE VALV. DE DESCARGA DE BOMBA	AUMENTO DE PRESION. SI HUBIERA FALLA DE PSH HABRA RUPT. DEL SELLO Y SHUT-OFF DE LA BOMBA	PREVER LA OPERACION EN INTER-RUPCION MANTEN. PREVENTIVO DE INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS
		BLOQUEO EN LINEA C/FALLA DE LA PCV		
MENOR	PRESION	PRESURIZACION INSUFICIENTE DE LA LINEA		AUMENTAR PRESION DE LA LINEA AL NIVEL NORMAL DE TRABAJO
		FALLA ABIERTA DE PCV	INEFICIEN. OPERACIONAL	CONFIABILIDAD EN PCV
MAYOR	TEMPERATURA	CONDICION ATM. SEVERA O PROX. DE FUENTE DE CALOR	CITADAS EN ITEM MAYOR PRESION	CITADAS EN ITEM DE MAYOR PRESION
		DEFECTO VALV. DESCARGA, P/FALLA MECANICA O ERROR ALINEAMIENTO	CALENTAMIENTO DE LA BOMBA	MANTEN. PREV/PREDITIVO EN EQUIPOS. SISTEMATIZAR EL ALINEAMIENTO DE VALV. INSPEC. Y AUDITORIA
MENOR	TEMPERATURA	CONDICION ATM. SEVERA -FRIO INTENSO-	NINGUNA	NINGUNA
MAYOR	NIVEL	ERROR OPERACIONAL O FALLA DEL INSTRUMENTO MAGNETRON (INDICADOR DE NIVEL)	ASPIRACION DE LIQ. POR COMPRESOR	INTERRUMPIR LA CARGA POR CIERRE DE CUALQUIER VALV. DEL TRAYECTO
			RUPT. DE CAMARA CABEZAL COMPRESOR, C/DERRAME DE GLP Y FORMACION DE NUBE INFLAMABLE	INSTALAR VARILLA NIVEL EN TQS. COMO MEDIDOR OPCIONAL MANTEN. PREV. EN EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS
			LANZAMIENTO A DISTANCIA COMPRESOR Y LINEA, C/RIESGO PARA PERSONAS Y EQUIPOS	OBEDIENCIA A NORMAS DE OPERACION EVITANDO EL DERRAME DRENAJE CUIDADOSO DEL LIO. EXISTENTE EN LINEA DE VAPOR
MENOR	NIVEL	REGULACION DEFECTUOSA DE VALV. DE ALIVIO	PERDIDA DE GLP PARA ATM C/RIESGO DE INCENDIO SI HUBIERA IGNICION	IMPLANTAR PROGRAMA DE MANTEN. PREV/PRED. REGULACION CORRECTA DE VALV. DE ALIVIO
		TRANSFERENCIA DE GLP SE INTERRUMPE	NINGUNA	PROVIDENCIAR LA CONTINUACION DEL PROCESO DE TRANSFERENCIA
		DEFECTO EN MANOMETRO O INDICADOR DE NIVEL TIPO BOYA	PRESENCIA DE GLP EN COMPRESOR, DEFICIENCIA OPERACIONAL	VERIFICAR SIEMPRE LA VARETA INDICADORA DE NIVEL, ANTES DE INICIAR LA TRANSFERENCIA
NINGUN	AUSENCIA DE FLUJO	VALV. ESF. DE TUBERIAS DE LLEGADA EN EL TQ. CERRADAS	DERRAME DE GLP, POR LA FUERZA DE COMPRESORES	ANTES DE PRENDER LOS COMPRESORES VERIFICAR QUE LAS VALVS. ESTAN ABIERTAS
		VALV. HIDRAUL. RECTA CERRADA		ACCIONAR LA BOMBA HIDRAULICA PARA ABRIR A VALV. HIDRAULICA
		CITADAS EN TRANSF. DE GLP (F.LIQ/VAPOR)	VER TRANSF. DE (F.LIQ/VAPOR)	VER TRANSF. DE GLP (F.LIQ/VAPOR)

HAZOP ANALISIS DE OPERABILIDAD

PROYECTO PARQUE DE TANQUES

ETAPA RECIBIR Y ALMACENAR GLP

HOJA 2 / 2

PALABRA-GUIA	DESVIO	CAUSAS	CONSECUENCIA	PROVIDENCIA SUGERIDA
NINGUN	FLUJO REVERSO	SE VACIA TQ, ENVIANDO GLP PARA LA PLATAFORMA ENVASADORA	NINGUNA. OPERACION NORMAL DE LA INSTALACION	NINGUNA
	AUSENCIA DE POR PRODUCTO EN TANQUE	RUPTURA DEL TQ. EN FALLA MECANICA <hr/> REGULACION INADECUADA DE VALV. DE ALIVIO <hr/> RUPT. DE TUBERIAS O DE UNIONES	PERD. DEL PRODUCTO P/ATM. SE GENERA NUVE INFLAMABLE C/RIESGO DE INCENDIO, SI HAY IGNICION	OBEDIENCIA A NORMAS DE SEGURIDAD AISLANDO LOS TQS. ACCIONAR EL PAE <hr/> MANTEN. PREV. Y REGULACION CORRECTA INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS <hr/> CIERRE DE VALV. PARA AISLAR EL TRECHO DAGNIFICADO
COMPONENTES A MAS	IMPUREZAS	ERROR OPERACIONAL	CONTAMINACION DE GLP EN TANQUES ORIGEM PURGADO INADECUADAMENTE	DRENAJE PERIODICA DE INADECUADAMENTE
OTRAS CONDICIONES OPERACIONALES Y ESTRUCTURALES	RECALQ. DIFERENCIAL DE ESTRUCTURA DE TANQUES (BASES)	FUNDACION SUBDIMENSIONADA	CAIDA DEL TQ. C/RUPTURA DE TUB. EMITIENDO CHORRO A ALTA PRESION Y BAJISIMA TEMP. PUES ES UN AGENTE DE CONGELAMIENTO INSTANTANEO, GENERANDO NUBE, C/RIESGO DE INCENDIO, SI HAY IGNICION. EXPLOSION	OBEDIENCIA RIGIDA A NORMAS DE SEGURIDAD, C/AISLAM. DEL AREA CASO OCURRA EL ACCIDENTE REALIZACION DE PRUEBAS DE CARGA PATRONIZADAS, POR LA ABNORMALES
			RIESGO PARA PERSONAS EN LA INSTALACION	CALCULO PERFECTO DE FUNDACIONES ACCIONAR EL PAE - PROGRAMA DE ACCION DE EMERGENCIA

HAZOP ANALISIS DE OPERABILIDAD

PROYECTO TANQUE DE DECANTACION- ABSORCION DE GLP ETAPA EXCESO CARGA-BALON C/S DEFECTO HOJA 1 / 1

PALABRA-GUIA	DESVIO	CAUSAS	CONSECUENCIA	PROVIDENCIA SUGERIDA
MAYOR	PRESION EN TANQUE	TIEMPO EXCESIVO COMPRESOR U OPERACION NORMAL DE LINEA, ENVIANDO GLP PARA LOS TQS ESTACIONARIOS	TQ.ES PROTEGIDO DE SOBREPRESION POR VALVS.DE ALIVIO, ASI COMO EL TQ. ESTACIONARIO	OBEDIENCIA A NORMAS DE OPERACION DE INSTALACION
MENOR	PRESION	FUNCIONAMIENTO NORMAL COMPRESOR PROPORCIONANDO UNA LINEA DE BAJA PRESION	NINGUNA, NO SE PRODUCE PRESION NEGATIVA QUE CAUSE DANOS A LA INSTALACION	NINGUNA
MAYOR	TEMPERATURA	FUENTE D/CALOR EXTERNA	AUMENTO DE PRESION INT. DEL TANQUE	ENFRIAMIENTO DEL TANQUE ALIVIO A TRAVES DE VALVULAS
MENOR	TEMPERATURA	CONDIC. ATM.SEVERAS - FRIO INTENSO-	NINGUNA	NINGUNA
MAYOR	NIVEL	DEFECTO/DESCUIDO EN INSTRUMENTOS INDICADORES DE NIVEL TQ.	EXCESO GLP EN TQS. LAS VALV.DE ALIVIO ENTRARAN EN ACCION	OBEDIENCIA A NORMAS DE OPERACION
NINGUN	AUSENCIA DE FLUJO PARA ABSORCION	LINEA OBSTRUIDA	RETARDA LA OPERACION	MANTEN. PREVENTIVA E INSPECCION EN LINEAS, INSTRUM. Y ACCESORIOS
		TQ. DECANTADOR C/PRESION POSITIVA, COMPRESOR FUERA DE LINEA		AJUSTE PARA LA PRESION CORRECTA Y CORREGIR FALLAS OPERACIONALES
	AUSENCIA DE ESTACIONARIOS FLUJO (F.VA- CON CARGA COMPLETA POR) PARA TQ. ESTACI.	TANQUES FLUJO (F.VA- CON CARGA COMPLETA POR) PARA TQ. ESTACI.	AUMENTO DE PRESION EN TQS. ESTACIONARIOS FUNCIONAMIENTO DE VALV. DE ALIVIO SI LA PRESION EXCEDE LA DE REGULACION	VERIFICACION DE NIVELES DE TQS. ESTACIONARIOS ANTES DE INICIAR LA OPERACION DE BOMBEAMIENTO
	FLUJO REVERSO	INVERS. DE PRESION INT TORNANDOLA MAYOR QUE DEL CARRO-TQ, CUANDO ESTA ESTUVIERA DESCARGANDO	NINGUNA. OPERACION NORMAL DE INTALACION	NINGUNA

HAZOP - ANALISIS DE OPERABILIDAD

PROYECTO PTO. DE TRANSFERENCIA GLP (F.LIQ/VAP)

ETAPA TRANSF.CARR-TQ --- TQ. ESTACIONARIO

HOJA 1 / 2

PALABRA-GUIA	DESVIO	CAUSAS	CONSECUENCIA	PROVIDENCIA SUGERIDA
MAYOR	CAUDAL	AUMENTO DE PRESION EN LINEA	· FUNCIONAMIENTO DE VALV. SEGURIDAD RETORNANDO LA PRESION NORMAL	· NINGUNA
			· INTERRUMPE OPERACION P/ SOBRECARGA EN TQS.	· ESPERAR LA NORMALIZACION DE LA PRODUCCION
MENOR	CAUDAL	CAIDA DE PRESION EN LINEA	· PROLONGA TIEMPO NORMAL DE DESCARGA O CARGA	· COMPRIMIR LA CARRETA-TQ AUMENTANDO HASTA LA PRESION DE OPERACION
MAYOR	TEMPERATURA	CONDIC. ATM.SEVERAS O PROX. DE FUENTE DE CALOR	· AUMENTO DE PRESION EN LINEA Y FUNCIONAMIENTO DE VALV. DE SEGURIDAD C/RETORNO A LA PRESION NORMAL	· ACCIONAR DE INMEDIATO LOS NEBULIZADORES DE TANQUES · ACCIONAR LOS HIDRANTES CASO NECESARIO
MENOR	TEMPERATURA	CONDIC. ATM.SEVERAS -FRIO INTENSO-	· LENTITUD EN DESCARGA	· MANTEN. PREV/INSPECCION EN LINEAS, INSTRUM. Y ACCESORIOS · CIERRE DE VALV. MAS PROXIMA AL DERRAME · ACCIONAR EL PAE
		DERRAME POR ABERTURA DE UNIONES O RUPTURA DE LINEA	· PERDIDA DE PRODUCTO, GENERACION DE NUBE INFLAMABLE	
NINGUN	AUSENCIA DE FLUJO	PRESION DE ABERTURA DE VALV.ALIVIO MENOR QUE LA PRESION INTERNA DE TRANSFERENCIA	· PEQUENO DERR.GLP P/ATM. C/FORMACION DE NUBE. EFECTO TRANSITORIO, LA VALV.TIENDE A CERRAR, INTERRUMP. EL DERRAME	· INSPEC. PERIODICA Y MANTEN.PREV. EN EQUIPOS, INSTRUM. Y ACCESOR. EN CARRETA-TQ Y EN LINEA TEST DE LA RED (AIRE COMPRIMIDO) ANTES DE COMENZAR A FUNCIONAR
		VALV. ESF. CERRADA POR ERROR OPERACIONAL	· NINGUNA	· NINGUNA
		PRESION CARRO-TANQUE IGUAL A PRESION DE TQ ESTACIONARIO	· MOVIMIENTO DE GLP DEL TQ ESTACIONARIO A CARRETA-TQ. ACCIONA VALV.SEGURIDAD DEL CARRO-TQ	· CUIDADO EN OPERACION DE DESCARGA VERIFICAR LA PRESION DEL TQ ESTACIONARIO Y CARRETA-TQ -PRENDER COMPRESOR -COMPRIMIR CARR.-TQ HASTA QUE LA PRESION SEA MAYOR A PRESION TQ
		RUPTURA DEL DIAFRAGMA DE VALV.HIDRAULICA	· LA VALV.PERMANECE CERRADA	· MANTEN. MECANICA C/SUBSTITUICION DEL DIAFRAGMA
		BRAZO DE TRANSFERENCIA SE SUELTA DEL ENGANCHE DE CARRETA-TANQUE	· RIESGO DE HERIDA GRAVE DEL OPERADOR Y DANOS PARA LA INSTALACION · DESPRESURIZACION RAPIDA DE CARRETA-TQ C/FORMACION DE NUBE INFLAMABLE	· APLICAR MEDIDAS DE SEGURIDAD DEL MANUAL DE OPERACION DEL TERMINAL · ACTUACION EFICIENTE DE BRIGADA CONTRA INCENDIO, DISLOCANDO LA NUBE DE GLP, PERMITIENDO CERRAR VALV DE CARRETA-TQ Y DE INSTALACION · ACCIONAR PAE
		MOVIMIENTO DE CARRETA-TQ AUN ENGANCHADO C/ EL BRAZO DE TRANSFERENCIA	· IGUAL AL ITEM ANTERIOR · ESCAPE DE GASES DE LA CARRETA PUEDE CAUSAR IGNICION DE NUBE CON RIESGO DE INCENDIO E/OU EXPLOSION	· OBEEDIENCIA RIGIDA A NORMAS DE SEGUR., ESPECIAL EN DESCARGA · ATERRAMIENTO DE INSTALACION Y DE CARRETA-TQ · USO OBLIGATORIO DE DISPOSITIVO ANTILLAMA EN ESCAPE DE VIATURAS EN AREA DEL TERMINAL · ACCIONAR EL PAE
		CAIDA DE ENERGIA	· INTERRUP. DE OPERACION	· AGUARDAR OU PROVIDENCIAR EL REGRESO DE ENERGIA

HAZOP - ANALISIS DE OPERABILIDAD

PROYECTO PUNTO DE TRANSFERENCIA GLP (F.LIQ/VAP) ETAPA TRANSF.CARR-TQ --- TQ. ESTACIONARIO HOJA 2 / 2

PALABRA-GUIA	DESVIO	CAUSAS	CONSECUENCIA	PROVIDENCIA SUGERIDA
NINGUN	FLUJO REVERSO	TRANSFERENCIA DE GLP DEL TQ. ESTACIONARIO A CARRETA-TANQUE (OPERACION NORMAL)	SE PRESURIZA TANQUE ESTACIONARIO CON VALOR DE PRESION MAS ALTO QUE LA CARRETA-TQ	NINGUNA
COMPONENTES A MAS	IMPUREZAS	ERROR OPERACIONAL (GLP Y OTROS PRODUCTOS AGUA, ACEITE)	PURGA INADECUADA DURANTE EL LAVADO DE DEPOSITOS, CONTAMINAN EL GLP	DRENAJE PERIODICA DE TANQUES

HAZOP - ANALISIS DE OPERABILIDAD

PROYECTO TRANSPORTE DE GLP (F. LIQ/VAPOR)

ETAPA LINEA DE TRANSPORTE PARA GLP

HOJA 1 / 1

PALABRA-GUIA	DESVIO	CAUSAS	CONSECUENCIA	PROVIDENCIA SUGERIDA
MENOR	CAUDAL	VALV. PARCIALMENTE CERRADA POR DEFECTO O ERROR OPERACIONAL SUBPRESION EN LINEA MAL FUNCIONAMIENTO DE COMPRESOR O BOMBA ALIMENTACION PARCIAL EN TQS. BAJA PRESION	. LENTITUD EN OPERACION INEFICIENCIA OPERACIONAL DISMINUYE LA PRODUCCION	. SISTEMATIZAR EL ALINEAMIENTO DE VALVULAS, INSPECCION Y AUDITORIA . VERIFICAR PRESION DE ABERTURA MINIMA DE VALVS. AL VIVIO . MANTEN. PREVENTIVO DE EQUIPOS . AUMENTAR LA PRESION
NINGUN	AUSENCIA DE FLUJO	VALV. HIDRAULICA CERRADA OC/DEFECTO UNION ABIERTA O RUP-TURA DE LA LINEA FALTA DE FLUIDO EN TANQUES FALLA EN COMPRESOR Y/O EN BOMBA ERROR DE OPERACION	. LIBERACION DE GAS P/ VALV. AL VIVIO, FORMACION DE NUBE INFLAMABLE . DERRAME C/FORMACION DE NUBE INFLAM. E INCENDIO SI HUBIERA IGNICION . NINGUNA	. IMPLANTAR PROGRAMA DE MANTEN. PREVENTIVO Y PREDITIVO . AISLAR LA SECCION DE LINEA DE DERRAME, CERRANDO LAS VALVS. SI HUBIERA INCENDIO, ACCIONAR EL PAE . ENTRENAM. CONTINUO DEL PERSONAL CAPACITANDO P/CASO DE EMERGENCIA . MANTEN. PREVENTIVO, CONTROL DE CALIDAD DE EQUIPAMIENTOS
	FLUJO REVERSO	OPERACION NORMAL	. NINGUNA	. NINGUNA
OTRA CONDICION OPERACIONAL	FALLA MEC.	RUPTURA DE LINEA	. DERRAME C/FORMACION DE NUBE INFLAMABLE C/ INCENDIO SI HUBIERA FUENTE DE IGNICION	. PROTECCION DE LINEA CONTRA CAUSAS MECANICAS . OBEDIENCIA A LAS NORMAS DE SEG. . CONTROL DE TRANSITO EN LA INSTALACION
COMPONENTES A MAS	INTRODUCCION DE LIQ EN LINEA DE VAPOR	ABERTURA VALVS. DE CARRETA-TQ ANTES DEL FUNCIONAMIENTO DE COMPRESOR, EN OPERACION DE DESCARGA	. PARALIZA LA OPERACION EL GAS DE LA CARRETA-TQ ENTRA EN EL COMPRESOR	. ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL CORREGIR ERRORES OPERACIONALES - CONECTAR EL COMPRESOR - ABRIR LA VALV. CARRETA-TQ

HAZOP - ANALISIS DE OPERABILIDAD

PROYECTO PRESURIZAR GLP DE CARR-TQ PARA TQ. ESTACIONARIO

ETAPA COMPRESORES SMC-65

HOJA 1 / 2

PALABRA-GUIA	DESVIO	CAUSAS	CONSECUENCIA	PROVIDENCIA SUGERIDA
MAYOR	PRESION EN LA LINEA	BLOQUEO EN LINEA CON FALLA DE LA PCV	AUMENTA PRESION. ACCIONA VALV. ALIVIO C/EMISION DE GAS. NUBE INFLAMABLE	MANTEN. PREV. DEL COMPRESOR Y ACCESORIOS, VERIFICANDO EL NIVEL DE ACEITE, MANOMETRO, ETC
MENOR	PRESION	FALLA ABIERTA DE PCV	INEFICIENCIA OPERACIO. RETIRAR EL COMPRESOR DE SERVICIO Y USAR EL DE RESERVA	CONFIABILIDAD DE PCV MANTENIMIENTO
MAYOR	TEMPERATURA	FALLAS MECANICAS COMO ROZAMIENTO/ FRICCION EN PIEZAS	RETIRAR EL COMPRESOR DE SERVICIO Y USAR EL DE RESERVA	MANTEN. PREVENTIVO DE LAS PARTES COMPONENTES DEL COMPRESOR
		FALTA DE AGUA DE CONDENSACION	AUMENTO DE TEMP. EN DESCARGA DEL COMPRESOR. DESGASTE DEL ANEL	MANTEN. PREVENTIVO. CONFIABILIDAD EN LA INSTRUMENTACION EXISTENTE
		FALTA DE AGUA EN REFRIGERADOR DE ACEITE DEL COMPRESOR	AUMENTA TEMP. DEL ACEITE CALENTAMIENTO DEL CILINDRO. DANOS MECANICOS	MANTEN. PREVENTIVO Y PERIODICO EN LOS INTERCAMBIADORES
	TEMPERATURA EN EL ACEITE	PERDIDA DE CAPACIDAD DE LUBRIFICACION ALTE RACION CARACT. ACEITE PRESENCIA DE PROD. NO CONDENSABLES C/GLP	DANOS MECANICOS	UTILIZAR ACEITES DE ESPECIFICACION ADECUADA. CONTROL DE CUALIDAD Y ANALISIS PERIODICA CONTROL DE CALIDAD PROD. RECIBIDO RIGOR EN ESPECIFICA. DE COMPRA
MAYOR	CAUDAL	RUPTURA DE JUNTAS Y ACCESORIOS EN DESCARGA DEL COMPRESOR	DERRAME DE GLP PARA LA ATMOSFERA	MANTEN. DE LINEAS. ATENCION EN MOVIMIENTOS DE CARGAS E OBSTACULOS EN LA PLANTA
MENOR	CAUDAL	PROB. MEC. SIST. COMPRESOR (ANEL PRESO)	DANO MECANICO EN COMPRESOR	MANTEN. PREV. ESPECIF. E INSPECTORIA DE MAT. EN ACOPLAMIENTO
		DERRAME P/JUNTAS Y ACCESORIOS EN SUCCION	PERDIDA DEL PROD. DERRAMADO. PROB. OPERAC.	MANTEN. PREVENTIVO. PROCEDIMIENTO OPERACIONAL
MAS	VIBRACION	DESALINEAMIENTO DEL COMPRESOR	DESGASTE DEL MATERIAL	PROCEDIMIENTO DE ALINEAMIENTO ADECUADO. CONFIAB. DEL MATERIAL
		DESBALANCEAMIENTO		REV. DE NORMA DE BALANCEAMIENTO
		FALTA DE GLP	DESGASTE. DANOS MECANICOS	INSTRUMENTACION ADECUADA. CHECK LIST
MAYOR	AMPERAGE	ALTERACION DEL PROD.	ALTERA. DE LA CORRIENTE	RUTINA OPERACIONAL
		DEF. MECANICO EN MOTOR DEL COMPRESOR	DANO MECANICO	MANTEN. PREVENTIVO. CONTROL OPERACIONAL
NINGUN	AUSENCIA DE FLUJO PRESURIZADO	LINEA DE ALTA PRESION OBSTR. P/VALV. CERRADA	AUMENTA PRESION. ACCIONA VALV. SEGURIDAD/ALIVIO	ABERTURA DE VALV. MANTEN. PREV Y PREDITIVO
		LINEA DE ALTA PRESION ABIERTA	DERRAME C/FORMACION DE NUBE INFLAMABLE	INTERRUPCION DE OPERACION DERRAR VALV. ELIMINAR DERRAMES
		FALLA DEL COMPRESOR P/CAUSAS MEC/ELETR.	PARALIZA LA OPERACION EN LA LINEA	DETERM. FRECUENCIA DE CHEQUEO DE EQUIPOS CORREGIR FALLAS DEL COMPRESOR

HAZOP ANALISIS DE OPERABILIDAD

PROYECTO PRESURIZAR GLP DE CARR-TQ PARA TQ.ESTACIONARIO

ETAPA COMPRESORES SMC-63

HOJA 2/2

PALABRA-GUIA	DESVIO	CAUSAS	CONSECUENCIA	PROVIDENCIA SUGERIDA
NINGUN	FLUJO REVER SO	ERROR D/CONEXION ELEC TRICA MOTOR COMPRE- SOR (GIRA SENTIDO IN- VERSO DE ROTACION)	INEFICIENCIA OPERACIO- NAL	CORREGIR LAS UNIONES DEL MOTOR DEL COMPRESOR
COMPONENTES AMAS	IMPUREZAS	MALA CALIDAD D/PRODUCTO RECIBIDO (ACEITE)	PRODUCE MALA LUBRIFI- CACION	CONSULTAR MANUAL DEL FABRICANTE
		LOCAL INADECUADO PARA EL COMPRESOR	DISMINUYE EL TIEMPO DE VIDA DEL COMPRESOR	INSTALAR COMPRESOR EN UN LUGAR LIMPIO
		ERROR OPERACIONAL	PRESENCIA DE EN PRESORES. PARALIZA LA OPERACION	ENTRENAMIENTO Y PERFECCIONAMIE TO CONTINUO DEL PERSONAL

HAZOP - ANALISIS DE OPERABILIDAD

PROYECTO ENVIO DE GLP(LIQ) PARA LAS BALANZAS DE LLENADO

ETAPA BOMBAS DE GLP(LIQ)

HOJA 2 / 2

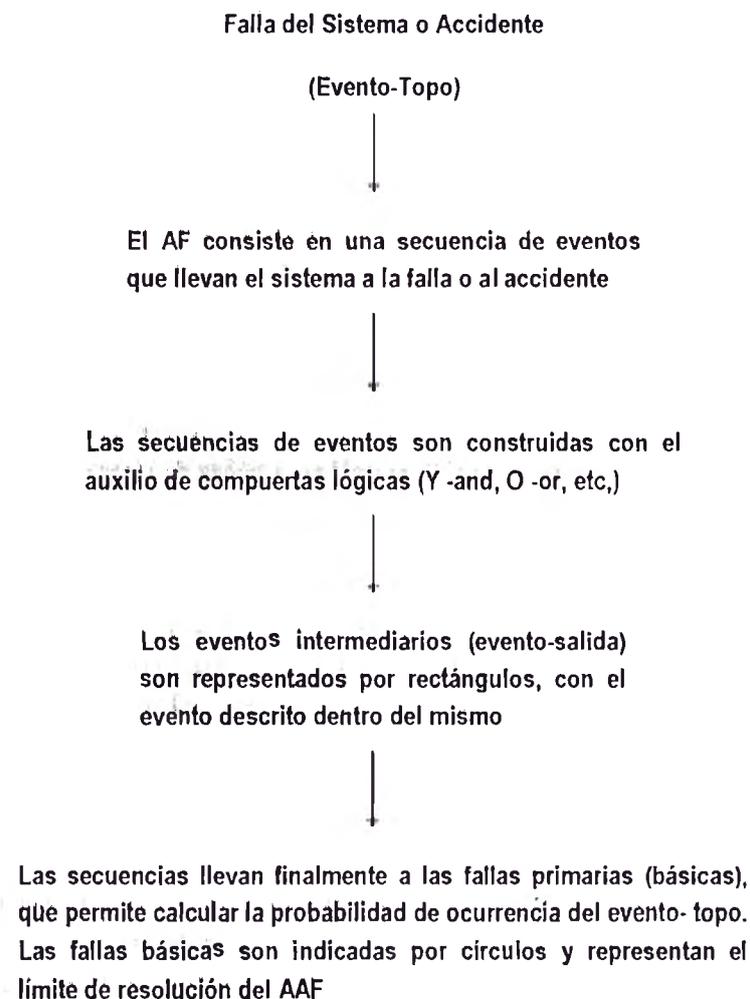
PALABRA-GUIA	DESVIO	CAUSAS	CONSECUENCIA	PROVIDENCIA SUGERIDA
NINGUN	AUSENCIA DE FLUJO PARA LAS BALANZAS	AUSENCIA DE GLP EN TQS. ESTACIONARIOS	NINGUNA	ALIMENTACION DE LOS TANQUES
		FLANGE ABIERTA/RUPTURA DE LINEA DE ALTA O BAJA PRESION	PERD.DEL PROD., GENERACION NUBE INFLAMABLE	CIERRE DE VALVS. PROX. DERRAME MANTEN. PREV.E INSPECCION EN LINEAS, INSTRUM. Y ACCESORIOS ACCIONAR EL PAE
		VALV.ESFERICA DE SALLIDA ESTA CERRADA	AUMENTA PRESION EN LINEA. DERRAME POR LA VAL DE SEGURIDAD RECTA,FORMACION NUBE INFLAM.	ENTRENAMIENTO Y CAPACIACION DEL PERSONAL, MINIMIZANDO ERRORES OPERACIONALES ABRIR LA VALVULA
		VALVULA DE ENTRADA DE BOMBA ESTA CERRADA	INEFICIENCIA OPERACIONAL, PARALIZA LA PRODUCCION	
COMPONENTES A MAS	IMPUREZAS	MALA CALIDAD DEL PRODUCTO ALMACENADO EN TQS. ESTACIONARIOS	NINGUNA, GENERALMENTE LA CONTAMINACION ES REPRESENTADA POR AGUA	DRENAJE PERIODICA DE TQS. ESTACIONARIOS Y DE LINEA
OTRAS CONDICIONES OPERACIONALES	REMESA DE GLP P/OTRO DESTINO	MANIOBRA DE LINEA	NINGUNA. OPERAC.NORMAL DE LA INSTALACION	NINGUNA

3.1.3 Análisis del Árbol de Fallas (AAF)

Es una técnica deductiva que permite la identificación de causas potenciales de accidentes y de fallas de un determinado sistema, además de poder estimar la probabilidad con que determinada falla puede ocurrir.

El AAF consiste fundamentalmente en la determinación de las causas de un evento indeseado, denominado "evento-topo", llamado así porque es colocado en la parte más alta del árbol. A partir de ahí, el sistema es analizado minuciosamente de arriba para abajo, en un número creciente de detalles hasta llegar a la identificación de las posibles fallas de los equipos o procedimientos inseguros que contribuyen para que el evento-topo ocurra.

La estructura básica de un Árbol de Fallas se muestra a seguir :



Como ya se mencionó anteriormente, un AF es constituido de eventos, descritos en rectángulos y de compuerta o simbología utilizada para su estructuración.

- Compuerta Y (\cap) Representa una situación en que todos los eventos bajo la compuerta (evento entrada) deben estar presentes para que ocurra el evento encima de la compuerta (evento salida).
- Compuerta O (\cup) Representa una situación en que cualquiera de los eventos de entrada producirá al evento de salida
- Triángulo Utilizado para la conexión de dos partes del AF, o transferencia de la secuencia de un ramo para otro.

Según ITSEMAP DEL BRASIL (1990), el Análisi del Árbol de Fallas puede ser desarrollada tanto cualitativamente como cuantitativamente. Así esta técnica puede ser utilizada en la forma cualitativa (como es el caso), para analizar y determinar que combinación de fallas de componentes, errores operacionales u otros defectos pueden causar el evento topo; y en la forma cuantitativa, para calcular la probabilidad de la falla, la no confiabilidad o la indisponibilidad del sistema en estudio.

Para el cálculo de la probabilidad de los accidentes, son utilizados elementos del "álgebra booleana", la información de los rangos de fallas sirven para cuantificar los eventos básicos indeseados, y así, estimar la probabilidad de ocurrencia de los eventos topos. IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES (ICI).

Considerando las informaciones anteriores, concluimos que el resultado del Árbol de Fallas es una lista de combinación de fallas humanas y de equipos, que son suficientes para el análisis de los probables accidentes. En este caso, por tratarse de un estudio cualitativo, no se procedió a cuantificar, pero para ilustrar, a seguir se presentan los diagramas de los árboles de fallas (fig 10, 11 y 12).

ANALISIS DE ARBOL DE FALLAS

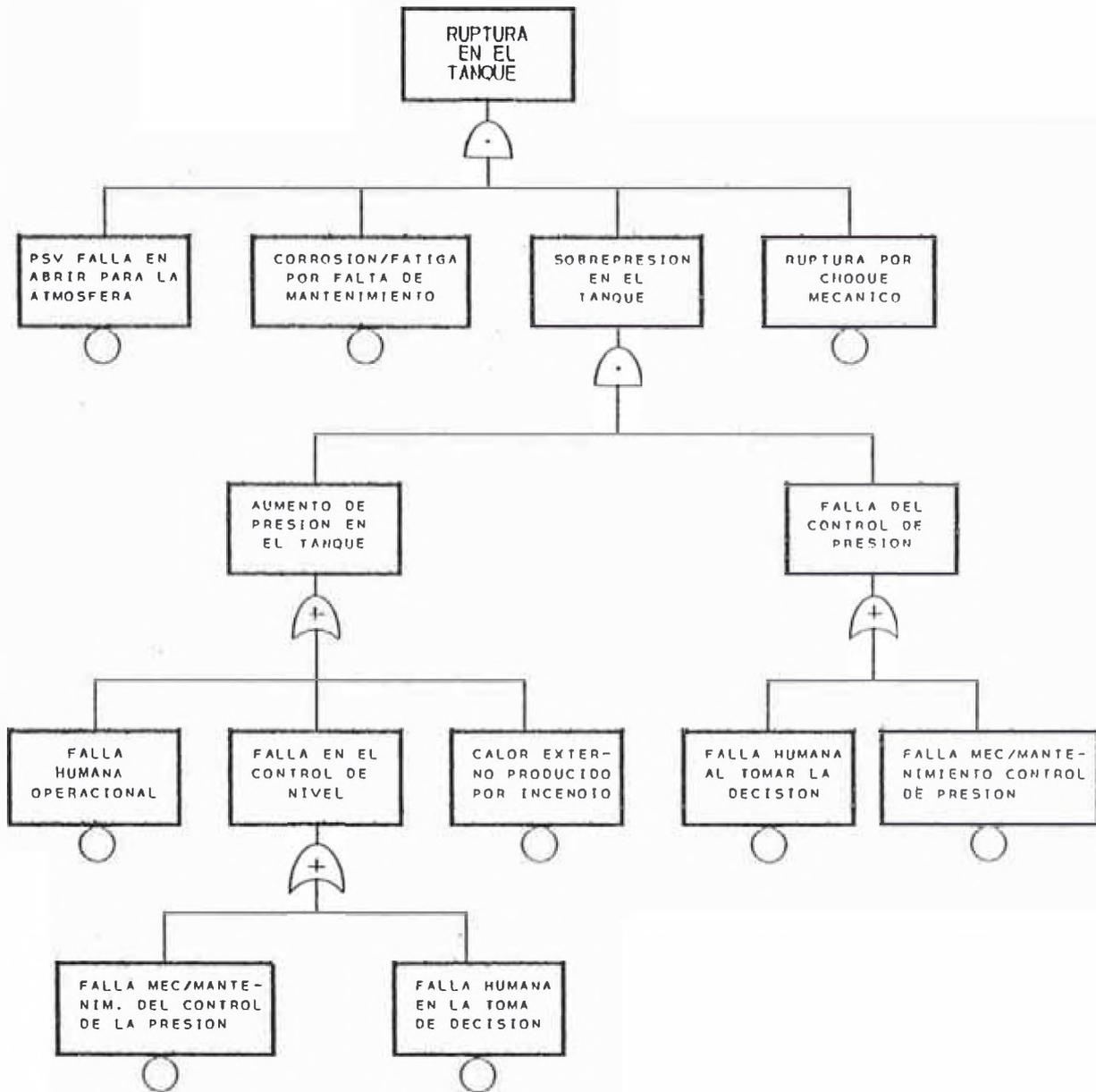


Fig. 10

ANALISIS DE ARBOL DE FALLAS

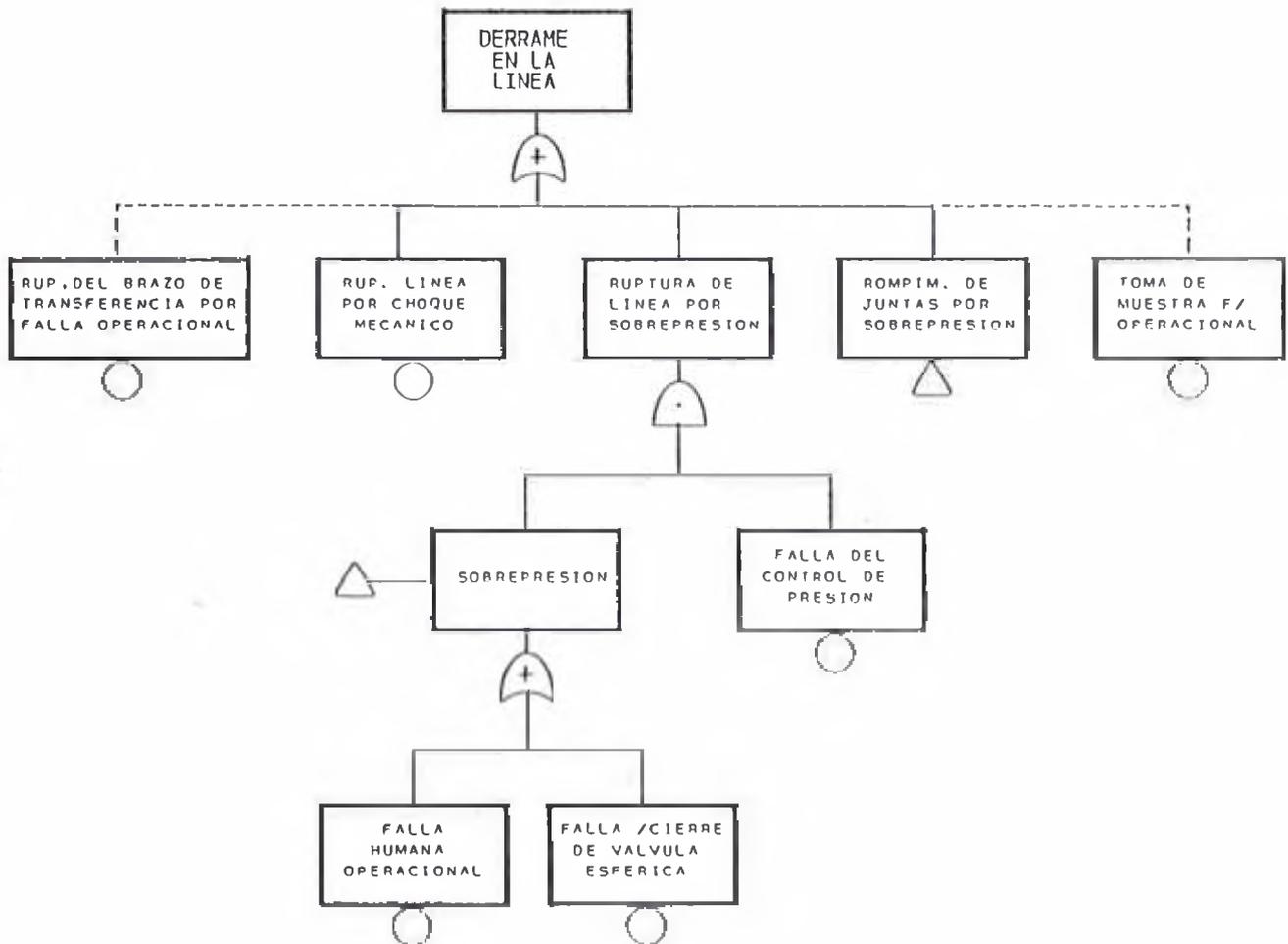


Fig. 11

ANALISIS DE ARBOL DE FALLAS

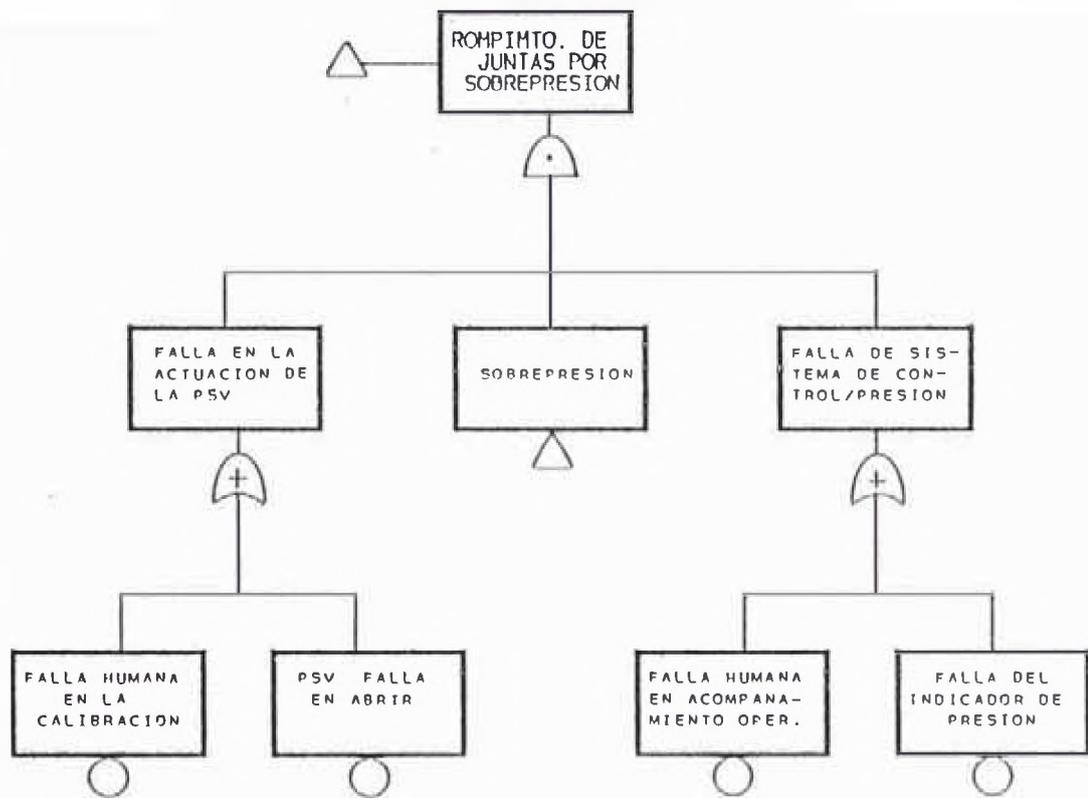


Fig. 12

3.1.4 Árbol de Eventos (AE)

El Análisis del Árbol de Eventos es una técnica para el análisis de las consecuencias de un evento indeseado, que puede ser generado por la ocurrencia de fallas en equipos, por problemas en un determinado sistema o debido a errores operacionales durante la realización de determinada actividad.

Los Árboles de Eventos describen la secuencia de los hechos que se desenvuelven para que el accidente ocurra, definiendo cuales son las posibles consecuencias generadas por el mismo evento, estableciendo por tanto, una serie de relaciones entre el evento inicial y los eventos subsecuentes, los cuales combinados resultan en las consecuencias del accidente. CETESB (1990).

Para la elaboración del árbol es necesario desarrollar las siguientes fases consecutivas:

a) Identificación del evento inicial

La selección del evento inicial es tal vez la parte más importante del estudio, pues a partir de él, será desarrollado todo el árbol. El evento inicial podrá ser la falla de un determinado equipo, un error operacional, un disturbio cualquiera del sistema en análisis, o tal vez el evento indeseado más grave, como derrame o explosión.

b) Identificación de Interferencias

Las interferencias mencionadas se refieren a la existencia de sistemas o dispositivos de seguridad, procedimientos operacionales u otros factores que puedan ocasionar diferentes situaciones o "camino" durante el desarrollo del evento en análisis, indicando el accidente posible de ocurrir, generando por tanto diferentes consecuencias.

c) Construcción del Árbol de Eventos

El primer punto a considerar en la construcción del AE, después de haber seleccionado el evento inicial, es definir cuales son las interferencias que podrán intervenir en el evento a ser estudiado, constituido de la siguiente forma:

- El evento inicial es registrado al lado izquierdo de la página,
- Las interferencias deberán ser registradas en la parte superior de la página, en orden cronológico;
- Se traza una línea partiendo del evento inicial, hasta la altura de la primera interferencia, en este punto de la intersección podrá ocurrir dos situaciones :
SI ocurre, NO ocurre.

- Caso el curso del accidente sea afectado por cualquiera de ellos (Si / No), será introducida una ramificación que representa, la línea ascendente: SI ocurre, y línea descendente : NO ocurre.
- Caso el curso del accidente no sea afectado, la línea proseguirá hasta la próxima interferencia.

d) Descripción de las Consecuencias

El último paso en el desarrollo del árbol es la descripción de las consecuencias, representando así una variedad de "salidas" resultantes del evento inicial.

Considerando los datos provenientes de las etapas del estudio ya desarrolladas, como análisis histórico de accidentes y análisis de árbol de fallas, el evento inicial escogido trata de un derrame ya consumado.

Así el árbol de eventos tiene la finalidad de analizar la consecuencias posibles de derrame del producto, no siendo por tanto consideradas como interferencias los sistemas de seguridad existentes, una vez que el evento inicial ya presupone que independientemente de éste, el problema ocurrió y el producto está afectando el medio ambiente. De esta forma, fue elaborado el siguiente árbol de eventos (fig. 13).

ÁRBOL DE EVENTOS

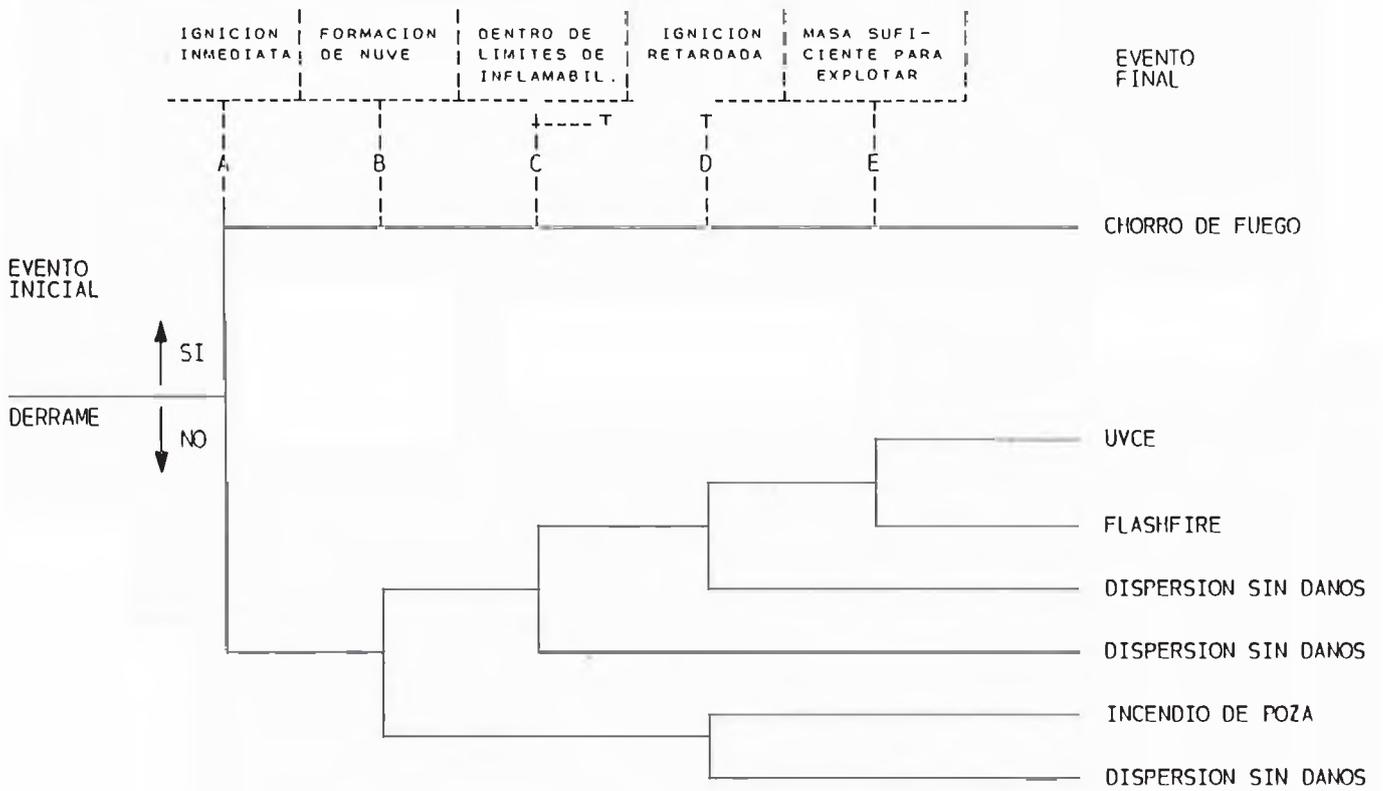


Fig. 13

3.1.5 Hipótesis Accidental

A partir de la elaboración del Análisis Histórico de Accidentes, Análisis de Operabilidad HazOp, Árbol de Fallas, Árbol de Eventos, y de las visitas técnicas realizadas en las instalaciones de la Compañía de gas, fue posible identificar los principales riesgos existentes en el proceso de almacenamiento y envasado, siendo aquellos considerados como los más significativos, los que deben merecer especial atención, de modo que se tenga una visión detallada de las posibles consecuencias generadas, caso las mismas puedan ocurrir.

El análisis histórico desarrollado mostró que la mayor incidencia de accidentes en plantas similares se debió a las fallas mecánicas y operacionales (ver 3.1.1.4 c), más específicamente a la ruptura o perforación en tuberías y conexiones, fallas de válvulas de alivio, medidores de nivel, fallas en las soldaduras y volcaduras de tanques, falla en la transferencia del producto, congelamiento de la válvula en la operación de drenaje, olvido de desconectar mangotes, cierre de válvulas, exceso de presión en el tanque, entre otros

Con base en el HazOp, fue posible establecer un análisis cualitativo de los eventos, considerando para esto, las siguientes clasificaciones (tablas 5, 6 y 7) :

Tabla 5.-

CLASIFICACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS CONSIDERANDO LA SEVERIDAD DEL IMPACTO

CATEGORIA	CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
I	Catastrófica	<p>El riesgo podrá resultar en Impacto Ambiental c/severos daños, degradación del sistema, resultando en</p> <ul style="list-style-type: none"> - varias muertes - lesiones severas - incapacidad permanente - pérdida total de instalación
II	Crítica	<p>El riesgo podrá resultar en Impacto Ambiental, con daños substanciales o representar riesgos inaceptables necesitando de acciones correctivas inmediatas. Probablemente ocurra:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pocas muertes, lesiones de gravedad moderada - daños severos a los equipos y a la propiedad, para producción - Reduce la capacidad del trabajo
III	Marginal o Límitrofe	<p>El riesgo podrá resultar en Impacto Ambiental, con daños de cierta extensión, pudiendo ser compensado o controlado</p> <ul style="list-style-type: none"> - muerte remota, lesiones leves - daños a equipos - daños moderados a la propiedad
IV	Despreciable	<p>El riesgo no irá resultar en Impacto Ambiental:</p> <ul style="list-style-type: none"> - no ocurren lesiones, como máximo primeros socorros - sin daños o éstos no significativos a los equipos y a la propiedad - posibilidad que el evento cause otros daños es extremadamente remota.

Fuente : ITSEMAP DEL BRASIL.

Tabla 6 - **CLASIFICACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA**

<i>PROBABILIDAD DE OCURRENCIA</i>	<i>CATEGORÍA</i>
<i>Probable</i>	A
<i>Razonablemente probable</i>	B
<i>Remota</i>	C
<i>Extremamente remota</i>	D

Fuente : ITSEMAP DEL BRASIL

Tabla 7 - **CLASIFICACIÓN CUALITATIVA DE LOS RIESGOS**

<i>CATEGORÍA</i>	<i>RIESGO</i>	<i>PROBABILIDAD / SEVERIDAD</i>
<i>1</i>	Crítico	A/I B/I A/II
<i>2</i>	Serio	A/III B/II C/I
<i>3</i>	Moderado	A/IV B/III C/II D/I
<i>4</i>	Menor	B/IV C/III D/II
<i>5</i>	Despreciable	C/IV D/III D/IV

Fuente : ITSEMAP DEL BRASIL

La tabla No. 8 muestra el análisis cualitativo de los eventos más significativos en la Compañía de gas.

Tabla 8 - EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LOS RIESGOS

SUBSISTEMA	EVALUACIÓN CUALITATIVA		
	PROB. DEL EVENTO	SEVERIDAD DE CONSECUENCIA	RIESGOS
PLANTA ENVASADORA			
• Derrame de GLP por las válvulas de alivio, causado por sobrepresión	B	III	3
• Derrame de GLP debido a falla en la válvula del balón	B	IV	4
• Derrame por ruptura de manguera de llenado de diámetro 1/2"	B	II	2
PARQUE DE TANQUES			
• Derrame de GLP en operación de drenaje 2"	B	II	2
• Ruptura del cabezal del compresor por falla operacional o instrumental	B	III	3
• Arremezo a distancia del compresor y línea por falla operacional	C	II	3
• Derrame de gran porte p/ruptura del tanque debido a calor externo, superllenado	C	I	2
• Derrame significativo de GLP por sobrepresión en tanques, abertura de la PSV 2"	C	II	2
• Derrame del producto p/ ruptura de tubería o de uniones	B	II	2
TANQUE DE DECANTACIÓN			
• Exceso de GLP tanque, defecto en el indicador de nivel	B	III	3
PUNTO DE TRANSFERENCIA			
• Pérdida del producto por abertura de uniones o ruptura de línea	B	II	2
• Despresurización rápida de camión-tanque, se suelta del enganche de transferencia	C	III	4
• Mover el camión-tanque aun enganchado con brazo de transferencia	C	III	4
LÍNEAS DE TRANSPORTE			
• Derrame de GLP en grandes proporciones por unión abierta o ruptura de línea 4", 6"	C	I	2
• Liberación de gas por defecto de válvula hidráulica	B	IV	4
COMPRESORES			
• Derrame de GLP por ruptura de las uniones y accesorios o algún bloqueo en la línea	C	III	4
BOMBAS			
• Derrame por abertura/ ruptura de línea o defecto en las válvulas	B	III	3

3.1.5.1 Listado de las hipótesis accidentales

De la evaluación cualitativa de los riesgos realizada a cada subsistema o área de proceso - Planta envasadora, Parque de tanques, Tanque de decantación, Punto de transferencia, Líneas de transporte, Compresores y Bombas - fueron seleccionados aquellos que según la probabilidad de ocurrencia y severidad del impacto presentan riesgos más significativos, categoría 1 (ausentes) y 2, riesgos críticos y serios respectivamente.

A continuación en la Tabla No.9 se presenta de manera sucinta el listado de las hipótesis accidentales, el subsistema involucrado, el diámetro de las líneas y el evento esperado.

Tabla 9.- LISTADO DE LAS HIPÓTESIS ACCIDENTAL

HIPÓTESIS	SUBSISTEMA	LÍNEA (pulg)	EVENTO
1	P. Envasadora	1/2	Chorro de fuego
2	P. Tanques (dreno)	2	UVCE
3	P. tanques (PSV)	2	UVCE Chorro de fuego
4	P. tanques (tanques)	-	Fireball BLEVE
5	L. Transporte	4	UVCE Chorro de fuego
6	L. Transporte	6	UVCE Chorro de fuego

3.2 EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS

3.2.1 Estimación de las Consecuencias

La aplicación de los modelos de consecuencia para la simulación de las hipótesis accidentales, requieren una serie de informaciones, las cuales deben estar perfectamente definidas para que se pueda tener una correcta interpretación de los datos.

Por lo tanto, se procuró abordar la preparación de las hipótesis accidentales para su aplicación en los modelos, definir los modelos de cálculo más apropiados, considerar los procedimientos de cálculo que deberán ser desarrollados, así como definir los datos de entrada que son utilizados.

Finalmente se discute de manera objetiva los resultados obtenidos en las simulaciones a través de tablas.

3.2.1.1 Preparación de las hipótesis accidentales para la aplicación en los modelos

Para efecto de la caracterización de la tipología del fenómeno que fue estudiado, se consideró las dimensiones de la sección de la avería (orificio) según una subdivisión por clase de avería, que utiliza la probable distribución de las dimensiones de los orificios asociados a los modos de falla identificados en la tabla No. 10 a seguir.

Tabla 10 - **CLASES DE AVERÍA SEGÚN EL DIÁMETRO DEL DAÑO A LA TUBERÍA**

CLASES DE AVERÍA	INTERVALOS DE DIÁMETRO
1	$d < 5\% D$
2	5 a 10% D
3	10 a 20% D
4	20 a 100% D

d : diámetro del daño
D : diámetro de la tubería en estudio

Esta subdivisión en las clases de avería considera el hecho de que :

Las averías con diámetro equivalente de pequeña dimensión son las que más ocurren, pues no siempre son percibidas por la indicación de los valores de presión y caudal de la instrumentación existente.

- Los huecos con diámetro equivalente o superior a 20% del diámetro de la tubería, se pueden propagar conformándose en una avería en forma de guillotina.

De esta forma, de acuerdo con los datos anteriormente expuestos, fue estudiada la siguiente hipótesis accidental, por tratarse de la peor condición

- Derrames a través de orificios de diámetro equivalente a 20% del diámetro del sistema - colapso, para las líneas de 1/2" (llenado de balones), de 4" y 6", fase líquida.
- Derrame a través de orificio de diámetro equivalente a 100% del diámetro del sistema - colapso, para una sobrepresión del tanque estacionario, ocurriendo el derrame en la fase vapor, a través de la PSV de 2" de diámetro, y para la línea de drenaje de 2", fase líquida.

Es así, que para cada una de las hipótesis accidental formulada (ver 3.1.5.1), fueron aplicados los principios anteriormente mencionados.

3.2.1.2 Modelos de cálculo

La evaluación de las consecuencias de los eventos accidentales (chorro de fuego, UVCE, etc.) generados por los derrames de sustancias inflamables, fue realizada a través de la aplicación de modelos matemáticos. Para estos cálculos fue utilizado el conjunto de programas denominado World Vence Hazard Analysis - WHAZAN, desarrollado por la Technica International Ltda (1986), y adoptado por el Banco Mundial.

Los modelos matemáticos utilizados fueron:

- cálculo de caudal de salida del líquido;
- cálculo de caudal de salida del vapor y líquido (bifásico);
- cálculo de formación del chorro;
- cálculo de radiación térmica proveniente del chorro;
- cálculo de dispersión de nube de gas pesado;
- cálculo de explosión de nubes de vapores no confinados UVCE;
- cálculo de la radiación térmica por avería catastrófica BLEVE.

Los modelos de cálculo del código WHAZAN, que fueron utilizados en las simulaciones son presentados a seguir :

- **LIQUID OUTFLOW** .- para estudio del derrame de sustancias líquidas a través de un orificio y de la cantidad "flasheada" durante el derrame, debido a la diferencia de presión entre el ducto o tanque y el ambiente. El programa requiere como datos de entrada las características del ducto o tanque (presión y temperatura) y del orificio; proporciona la velocidad de derrame (Kg/s) y la fracción de producto "flasheada".
- **TWO-PHASE OUTFLOW** .- para estudio del derrame de sustancias licuadas cuando el orificio ocurre en la fase vapor. El programa requiere como datos de entrada la temperatura del transporte o almacenamiento y, el área del derrame; proporciona como datos de salida la velocidad de derrame (Kg/s).
- **JET DISPERSION** .- para estudio del derrame de gases y vapores a alta velocidad a partir de ductos o tanques. El programa requiere como datos de entrada la temperatura y presión del transporte o almacenamiento y, la temperatura ambiente; proporciona como datos de salida las dimensiones del chorro para la concentración específica y la temperatura después de la expansión.
- **JET FIRE** para cálculo del perfil de la radiación térmica de un chorro de fuego. El programa requiere como datos de entrada la presión y temperatura del transporte y almacenamiento, el área del orificio y un nivel de radiación definido; proporciona como dato de salida las distancias de daños para los niveles de radiación definidos.
- **DENSE CLOUD DISPERSION** .- para estudio de la dispersión de vapores provenientes de una poza y/o flasheados, a partir de la velocidad del derrame. El programa requiere como datos de entrada la velocidad y la duración del derrame, la temperatura de transporte o almacenamiento, la categoría de estabilidad atmosférica, la velocidad del viento, temperatura y la humedad ambiente y la concentración de interés, proporciona como datos de salida el perfil de concentración en función de la distancia y el tiempo necesario para que la nube se diluya a la concentración de interés especificada
- **VAPOUR CLOUD EXPLOSION** .- para estudio de los daños generados por la explosión de una nube de vapor no confinada. El programa requiere como datos de entrada la cantidad de producto que se encuentra en condiciones de inflamabilidad y el rendimiento de la explosión; proporciona resultados sobre los daños generados por la sobrepresión y función de la distancia.

- **FIREBALL AND BLEVE** .- calcula los daños generados por la ruptura catastrófica de un tanque, por lo cual, el programa requiere como datos de entrada la masa almacenada, proporciona como datos de salida las distancias de daños para los niveles de radiación definidos.

3.2.1.3 Metodología y procedimiento de cálculo

En el flujograma de proceso de la planta almacenadora y envasadora (Plano- Cap. 1.4), se muestra las características diferentes de las líneas que componen el sistema. Por tanto, los derrames estudiados fueron considerados en las líneas de diámetro 1/2", 4" y 6" - fase líquida, simulando las consecuencias de los posibles accidentes.

Los tanques fueron estudiados separadamente. Vale resaltar que los derrames estudiados fueron considerados en los sistemas de seguridad 2" (P V) - fase vapor, y en la línea de drenaje 2" - fase líquida.

Conociendo la característica del GLP, así como las condiciones de transporte y almacenamiento del sistema en estudio, se elaboró la siguiente secuencia para el sistema presurizado

a) Sistema Presurizado (tanques y líneas)

En este caso, el derrame de GLP bajo presión a través de un orificio, ocurre con una rápida vaporización de una parte del producto, debido a la diferencia de presión entre el sistema y el ambiente. Esta vaporización es denominada fracción flasheada. Si esta masa proveniente del flash estuviera en condiciones inflamables y ocurre una ignición inmediata, se forma una llama característica denominada "chorro de fuego" (Jet fire). Una vez establecidas las dimensiones del chorro, se puede evaluar el valor de la radiación térmica recibida por puntos próximos a la llama. En el caso de no ocurrir la ignición inmediata, se puede estudiar el comportamiento de la nube de gas formada a partir del flash, a través del modelo de dispersión de nube densa.

Este modelo posibilita obtener la masa de producto en condiciones inflamables. Una vez formada esta nube en condiciones inflamables al encontrar una fuente de ignición, podrá ocurrir dos fenómenos: flashfire y UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion).

El flashfire es la ignición retardada de una nube de gas sin efectos de sobrepresión, pero sí con efectos térmicos, y la UVCE es la ignición retardada de una nube de vapor donde ocurren efectos significativos de sobrepresión, generando daño a las personas, equipos y edificaciones.

No se dispone de un modelo para el estudio de las consecuencias de un posible flashfire. En este fenómeno ocurre la ignición de la masa de gas sin una considerable emisión de radiación térmica a lo largo de la distancia; pero para el individuo dentro del área ocupada por la misma mezcla inflamable, puede producirle radiación letal.

3.2.1.4 Definición de los Datos de Entrada

a) Tiempos de derrame

El código de cálculo utilizado en la investigación permite estudiar los fenómenos de dos maneras distintas : continuo e instantáneo. Las hipótesis accidentales estudiadas caracterizan un derrame del tipo continuo ya que ocurren en un período de tiempo prolongado. El modelo de dispersión de nube densa requiere como dato de entrada el tiempo de derrame. Sin embargo como el derrame es del tipo continuo, y tanto la velocidad como las condiciones atmosféricas fueron consideradas constantes durante todo el derrame, el tiempo de derrame es importante para indicar la duración del fenómeno y no influencia en la distancia máxima del daño.

Así en las simulaciones realizadas fue utilizado un valor medio estimado de 15 minutos ya que los modelos necesitan de este dato de entrada.

b) Condiciones atmosféricas

Con relación a las condiciones atmosféricas, fueron utilizadas en el desarrollo de este estudio las siguientes informaciones

Humedad relativa del aire : 80%

Temperatura ambiente : media anual igual a 25 ° (298 °K).

Categorías de estabilidad atmosférica o categoría de Pasquill: las condiciones atmosféricas fueron clasificadas en 6 (seis) categorías de estabilidad de A a la F, siendo A la más inestable y F la más estable de acuerdo con la intensidad de la radiación solar y de la velocidad del viento. En este estudio fueron realizadas simulaciones utilizándose las categorías B (inestable) y E (estable). Estos valores fueron escogidos en función de los valores de velocidad del viento y radiación solar predominantes en la región en estudio. La categoría B ocurre solamente durante el período diurno, en cuanto que la categoría E ocurre solamente durante el período nocturno como puede ser observado en la tabla contenida en el manual del WIIAZAN, aquí reproducida en la tabla No. 11.

- Velocidad del viento : 1 m/s y 5 m/s

Los datos relativos a la frecuencia de velocidad del viento de los últimos cinco años en la región de Guarulhos, presentaron los siguientes valores : 44% de 0 - 1.5 m/s, 29% de 1.6 - 2.5 m/s y 27% de 2.6 - 5.5 m/s CETESB (1986/1990).

Por tal motivo se consideró importante analizar las consecuencias para dos valores 1 m/s y 5 m/s, rango que comprende la variación de los vientos. Cabe resaltar que para una velocidad del viento de 1 m/s se estaría incorporando una menor cantidad de aire en la nube, retardando su dilución, posibilitando de esta forma, un aumento en la masa del producto en condiciones inflamables

Tabla 11 - CATEGORÍAS DE ESTABILIDAD PARA DIVERSAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

VELOCIDAD DEL VIENTO	PERÍODO DIURNO INSOLACIÓN			PERÍODO NOCTURNO NEBULOSIDAD	
	FUERTE	MODERADA	DÉBIL	PARCIALMENTE CUBIERTO	CUBIERTO
A 10 m. (m/s)					
2	A	A - B	B	-	-
2 - 3	A - B	B	C	E	F
3 - 5	B	B - C	C	D	E
5 - 6	C	C - D	D	D	D
6	D	D	D	D	D

Fuente : Manual del WHAZAN, Technica International Ltd.

c) Otras consideraciones

- Rugosidad de la región

Para fines de este estudio la región fue considerada como área urbana (código 0 17), debido a que la industria se encuentra bastante próxima de las residencias.

- Rendimiento de una explosión

El modelo de cálculo de la sobrepresión generada por una UVCE requiere como dato de entrada el rendimiento de la explosión (Explosive Yield). Este dato proporciona el porcentaje

de energía disponible en la masa inflamable que se irá convertir en sobrepresión. De acuerdo con estudios realizados envolviendo nubes de GLP y butano, y bibliografía especializada internacional, se sabe que tales productos presentan rendimiento de 11%.

- Explosión de una UVCE

La ignición de una nube inflamable podrá originar un flashfire o una UVCE. La diferencia fundamental entre los dos fenómenos es la masa en condiciones inflamables envuelta en la nube.

De acuerdo con la literatura especializada producida por la CETESB, se sabe por experimentos ya realizados, que la probabilidad de una explosión no confinada es significativa apenas cuando la masa del producto en condiciones inflamables fuera superior a 1 000 Kg. En esta investigación, a pesar que muchas de las hipótesis no hayan alcanzado esta masa mínima como es el caso del derrame de las líneas de diámetro de 1/2" y 4" (ver tabla No. 16), fueron simuladas y se encuentran en tablas

- Valor de referencia adoptado

Los modelos de dispersión de nube densa y dispersión de chorro, requieren un valor de referencia para el cálculo de dilución del producto. En este caso, fue utilizado como referencia el límite inferior de inflamabilidad dividido por 1.5; lo que permite resultados más confiables y conservadores, de acuerdo con la propia recomendación constante del manual teórico del código de cálculo utilizado.

- Cálculo de la masa involucrada en la UVCE

Del modelo de dispersión de nube densa, se obtienen la distancia y el tiempo necesario para que ésta se diluya hasta el valor de referencia adoptado. Multiplicándose la tasa de derrame por este tiempo, se obtiene la masa de producto en condiciones inflamables a cualquier instante durante todo el tiempo de derrame.

3.2.1.5 Análisis de los resultados obtenidos en las simulaciones

Después de la ejecución de las simulaciones de consecuencia es necesario analizar e interpretar los resultados obtenidos en términos de distancias peligrosas afectadas por los niveles definidos de radiación térmica y sobrepresión.

Estos niveles adoptados por el Banco Mundial están definidos a seguir en la tablas 12, 13, 14 y 15 :

Tabla 12 - NIVELES DE RADIACIÓN TÉRMICA :
PROBABILIDAD DE MUERTE vs TIEMPO DE EXPOSICIÓN

RADIACIÓN TÉRMICA (kW/ m ²)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN PARA % DE MUERTE (S)		
	1%	50%	100%
1.6	500	1300	3200
4.0	150	370	930
12.5	30	80	200
37.5	8	20	50

Fuente : Banco Mundial

Estos niveles de radiación térmica también pueden ser definidos de la siguiente manera :

Tabla 13 - NIVELES DE RADIACIÓN TÉRMICA

RADIACIÓN TÉRMICA (kW/m ²)	CARACTERÍSTICAS
1.0 -1.6	Radiación soportable sin uso de ropas protectoras
4.0 - 5.0	Radiación soportable con el uso de ropas protectoras Malestar a la salud y a la vida
12.5	Radiación que provoca quemaduras no letales Peligro a la salud y a la vida
37.5	Radiación que provoca quemaduras letales Peligro a la vida

Fuente : Banco Mundial

Las tablas 14 y 15 a seguir muestran los daños asociados a los niveles de sobrepresión

Tabla 14 - NIVELES DE SOBREPRESIÓN

NIVEL DE SOBREPRESIÓN (bar)	CARACTERÍSTICAS
0.01	Sobrepresión que provoca ruptura en aprox. 10% de los vidrios, con baja probabilidad de causar heridas
0.03	Sobrepresión que provoca ruptura total de vidrios, puede causar heridas por lanzamiento de astillazos. Malestar a la salud
0.1	Sobrepresión que provoca daños reparables en edificios y estructuras. Malestar a la salud
0.3	Sobrepresión que provoca daños graves en edificios, estructuras y equipos. Peligro a la vida

Fuente : Banco Mundial

Tabla 15.- RELACIÓN ENTRE VALORES DE SOBREPRESIÓN Y % DE LETALIDAD POR PICOS DE SOBREPRESIÓN; DURACIÓN Y MUERTE POR HEMORRAGIA PULMONAR

SOBREPRESIÓN (bar)	DAÑOS % DE LETALIDAD
1.0	1
1.2	10
1.4	50
1.75	90
2.0	99

Fuente : Banco Mundial

a) Valores adoptados

El GLP presenta riesgos de incendio y explosión, no siendo relevante su toxicidad, una vez que los mismos son considerados como asfixiantes simple.

Para determinar las áreas bajo riesgo debido a las radiaciones térmicas provenientes de incendios, y las sobrepresiones consecuencia de explosiones, fue necesaria la adopción de algunos valores de referencia.

Así para los casos de incendio, el valor de referencia adoptado fue el de 12.5 kW/m^2 , lo que representa, conforme muestra la tabla No. 12, una probabilidad de muerte de hasta 1% de la población afectada, para una explosión de 30 segundos.

Ya para los casos de sobrepresión fueron adoptados como referencia los valores de 0,1 y 0,03 bar. El primero representa daños reparables a las estructuras (paredes, puertas, tejados, etc.) y, por tanto, peligro a la salud y a la vida. El valor de 0,03 bar representa 100% de chance de ruptura de vidrios, pudiendo provocar heridas a las personas. Estos valores son presentados en la tabla No. 14.

Se puede observar que los valores de referencia adoptados para las sobrepresiones están relacionados con daños materiales y no directamente con letalidad. Esto es justificado por el hecho de que la principal causa de letalidad es la hemorragia pulmonar; sin embargo, según lo expuesto en la tabla No. 15, el cuerpo humano es mucho más resistente a impulsos de presión que las estructuras rígidas como las edificaciones, o sea, considerándose los efectos de sobrepresión, una persona tiene mayor probabilidad de muerte dentro de un edificio del que al aire libre. Consecuentemente, la letalidad puede estar asociada a valores menores de sobrepresión que aquellos mostrados en la referida tabla.

b) Resultados de las simulaciones

Las simulaciones de las consecuencias se encuentran en el ANEXO-2, y sus resultados están descritos y tabulados a continuación.

TANQUES 1, 2, 3, 4, 5, 6

Datos de entrada

Producto	GLP
Presión	10 Kg/cm ²
Temperatura	ambiente (298 °K)
Volumen	115 m ³ c/tanque, total: 690 m ³
Área del dique	sin dique

Derrames estudiados

- colapso de las líneas de llenado de 1/2" (fase líquida)
- colapso de las líneas de drenaje de 2" (fase líquida)
- colapso de las líneas de transferencia de 4" (fase líquida)
- colapso de las líneas de transferencia de 6" (fase líquida)
- colapso de las PSV de 2" (válvulas de seguridad de los tanques (fase vapor)
- Fireball / BLEVE de los tanques

Resultados

A) Fase líquida

Como la instalación no tiene un área de contención (sin dique), si ocurriese un derrame, no se formaría una poza, pues la rapidez con que el producto escurriría, de por sí se evaporaría; por lo tanto no se estudió incendio de poza.

A.1) UVCE

a) Cantidad de producto dentro de los límites de inflamabilidad y distancias máximas alcanzadas por la nube.

- Colapso (d= 20% D) para las líneas de 1/2", 4" y 6".
- Colapso (d= 100% D) para las líneas de 2" (abertura de la válvula de drenaje).

Tabla 16.- **DISTANCIA MÁXIMA ALCANZADA POR UNA UVCE PARA LOS DIÁMETROS DE 1/2" , 2" , 4" y 6"**

DIÁMETRO DE LÍNEA (pulg)	VELOCIDAD VIENTO (m/s) + PASQUILL	MASA DE GAS (Kg)	DISTANCIA MAX ALCANZADA (m)
1/2	1 B	0.8	8.0
	5 E	0.2	9.0
2	1 B	6200.0	154.5
	5 E	800.0	99.4
4	1 B	441.6	69.3
	5 E	64.0	48.5
6	1 B	1450.0	100.0
	5 E	188.5	66.5

Como puede apreciarse, el derrame en la tubería de drenaje de 2" para una velocidad del viento de 1 m/s tiene consecuencias bastante significativas por el volumen de masa que involucra y por los efectos retardados que podría producir la ignición de una UVCE en cuanto a sobrepresión se refiere, alcanzando una distancia de 154.5 m., generando daño a las personas, equipos y edificaciones. Sigue en menor grado, la consecuencia generada por el derrame del colapso de la tubería de 6" alcanzando 100 m. de distancia y el de 2" con viento de 5 m/s, cuyos efectos son sentidos hasta una distancia de 99.4 m.

b) Distancias alcanzadas por los niveles definidos de sobrepresión

Tabla 17.- **DISTANCIAS ALCANZADAS POR LOS NIVELES DEFINIDOS DE SOBREPRESIÓN PARA LOS DIÁMETROS 2", 4" y 6"**

DAÑOS PROBABLES	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) + PASQUILL	DISTANCIAS ALCANZADAS (m)		
		DIÁMETRO DE LÍNEA (pul)		
		2	4	6
Daños Catastróficos (0.3 bar)	1 B	94.6	39.2	58.3
	5 E	47.8	*	*
Daños Reparables (0.1 bar)	1 B	189.3	78.5	116.6
	5 E	95.6	*	*
100% Ruptura de vidrios (0.03 bar)	1 B	473.1	169.1	291.5
	5 E	239.1	*	*
10% Ruptura de vidrios (0.01 bar)	1 B	1260.0	523.0	777.3
	5 E	637.6	*	*

Obs: Los resultados para la línea de 1/2" no fueron tabulados por ser considerados despreciables.

(*): valores despreciables

A.2) CHORRO DE FUEGO

Distancias alcanzadas por los niveles definidos de radiación térmica

Tabla 18.- **DISTANCIAS ALCANZADAS POR LOS NIVELES DEFINIDOS DE RADIACIÓN TÉRMICA PARA LOS DIÁMETROS DE 1/2", 4" y 6"**

RADIACIÓN TÉRMICA (kW7m ²)	DISTANCIAS ALCANZADAS (m) COLAPSO DIÁMETRO DE LÍNEA (pul)		
	1/2	4	6
4.0	3.74	28.33	42.48
12.5	3.00	21.89	32.82
37.5	2.99	18.94	28.42

B) Fase vapor

B.1) UVCE

a) Cantidad de producto dentro de los límites de inflamabilidad y distancias máximas alcanzadas por la nube.

- Colapso ($d=100\% D$)

Tabla 19.- **DISTANCIA MÁXIMA ALCANZADA POR UNA UVCE PARA EL DIÁMETRO DE 2"**

DIÁMETRO DE LÍNEA (pul)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) + PASQUILL	MASA DE GAS (Kg)	DISTANCIA MAX. ALCANZADA (m)
2	1 B	885.8	86.1
	5 E	124.0	58.4

b) Distancias alcanzadas por los niveles definidos de sobrepresión.

Tabla 20.- **DISTANCIAS ALCANZADAS POR LOS NIVELES DEFINIDOS DE SOBREPRESIÓN PARA EL DIÁMETRO DE 2"**

DAÑOS PROBABLES	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) + PASQUILL	DISTANCIAS ALCANZADAS (m) DIÁMETRO DE LÍNEA (pul) 2
Daños Catastróficos (0.3 bar)	1 B	49.47
	5 E	*
Daños Reparables (0.1 bar)	1 B	98.94
	5 E	*
100% Ruptura de vidrios (0.03 bar)	1 B	247.40
	5 E	*
10% Ruptura de vidrios (0.01 bar)	1 B	659.70
	5 E	*

(*): Valores despreciables

B.2) CHORRO DE FUEGO

a) Dimensiones del chorro en condiciones inflamables

Tabla 21.- **DIMENSIONES DEL CHORRO EN CONDICIONES INFLAMABLES PARA EL DIÁMETROS DE 2"**

DIMENSIONES (m)	COLAPSO
	DIÁMETRO DE LÍNEA (pul)
	2
Longitud	30.78
Diámetro	2.78

b) Distancias alcanzadas por los niveles definidos de radiación térmica

Tabla 22.- **DISTANCIAS ALCANZADAS POR LOS NIVELES DEFINIDOS DE RADIACIÓN TÉRMICA PARA EL DIÁMETROS DE 2"**

RADIACIÓN TÉRMICA (kW7m ²)	DISTANCIAS ALCANZADA (m)
	COLAPSO DIÁMETRO DE LÍNEA (pul)
	2
4.0	70.34
12.5	54.35
37.5	46.96

Obs: En el derrame bifásico (fase vapor) se consideró que toda la fracción "flasheada" pasará al estado gaseoso, por tanto participará de la nube inflamable.

B.3) Fireball / BLEVE

a) Distancias alcanzadas por los niveles definidos de la radiación térmica

Tabla 23.- **DISTANCIAS ALCANZADAS POR LOS NIVELES DEFINIDOS DE RADIACIÓN TÉRMICA PARA LOS TANQUES 1, 2, 3, 4, 5 y 6**

RADIACIÓN TÉRMICA (kW/m ²)	DISTANCIAS ALCANZADAS (m)
	TANQUES 1, 2, 3, 4, 5, 6
1.6	1,010.00
4.0	637.50
12.5	360.60
37.5	208.20

Como se ha mencionado anteriormente, la radiación que provoca quemaduras letales y peligro a la vida es aquella expuesta a 37.5 kW/m², según como se muestra en esta tabla, serían afectados todos aquellos que se encuentran cercanos al punto de generación de tal evento hasta una distancia de 208.20 m., diluyéndose sus efectos hasta una radiación térmica de 1.6 kW/m² sintiéndose sus efectos a la distancia de 1,010 m.

El desencadenamiento de un evento como éste, derrame de GLP en tanques, generalmente resulta ser de grandes proporciones, primero por la cantidad de producto inflamable liberado, segundo por sus consecuencias y finalmente por el efecto de sinergismo o dominó que puede producirse, explosión de uno de los tanques con lanzamiento de estructuras metálicas y gotículas de fuego del GLP incandescente, alcanzando otros depósitos de reservorios de GLP, creando nuevos focos de incendio y de explosiones sucesivas, agravando aún más tal situación.

3.2.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

El análisis de vulnerabilidad fue realizada con la finalidad de identificar las posibles áreas que tendrían impactos debido a las consecuencias generadas por las hipótesis accidentales anteriormente estudiadas. Los resultados de estos análisis fueron expresado en los Mapas de Vulnerabilidad - planos de la región en escala 1:10,000 , en los cuales están representadas las distancias alcanzadas por las intensidades de las radiaciones térmicas provenientes de los incendios, y también de las sobrepresiones producidas por las explosiones de nubes de vapor no confinado (UVCE).

Cabe recordar que para el caso de incendio el valor de la radiación térmica adoptado (12.5 kW/m^2), representa la probabilidad de muerte de hasta 1% de la población afectada para una exposición de treinta segundos. Para los casos de explosión, el valor de sobrepresión de 0.1 bar, representa daños reparables a las estructuras, y el valor de sobrepresión de 0.03 bar, representa 100% de chance de ruptura de vidrios, pudiendo provocar heridas a las personas.

En la tabla No. 24 están resumidas las áreas vulnerables, mostrados en los planos del ANEXO -3, las cuales corresponden a los resultado de los eventos estudiados en las hipótesis anteriormente consideradas. Se observa en esta tabla que los datos de las simulaciones realizadas muestran que las distancias alcanzadas por las radiaciones térmicas generadas por las hipótesis 1, 3, 5 y 6 se restringe al área interna de la planta de almacenamiento; en la hipótesis 4 sus efectos tienen un radio de acción amplio, abarcando el área aledaña.

Los probables riesgos causados por la radiación térmica a los funcionarios de la Compañía, pueden ser considerados como no relevantes, una vez que la radiación emitida por el chorro decrece rápidamente con la distancia en este tipo de incendio estacionario, permitiendo de esa forma la fuga de los operadores; lo que no elimina la posibilidad de personas que eventualmente estén dentro de los límites del área considerada peligrosa, se encuentren sujetas a lesiones.

Tabla 24- RESUMEN DE LOS DATOS REFERENTES A LAS DISTANCIAS ALCANZADAS POR LAS RADIACIONES TÉRMICAS Y EL MEDIO VULNERABLE

HIPÓTESIS	DIST. ALCANZADA POR RADIACIÓN TÉRMICA (m)	MEDIO VULNERABLE
1	3	Área interna de la Cía.
3	54	Área interna de la Cía.
4	361	Área interna de la Cía. Trecho de la carretera Puesto de salud Residencias
5	22	Área interna de la Cía.
6	33	Área interna de la Cía.

Si se presupone que la fuente de ignición se ha retardado, no habiendo formación del chorro como lo citado anteriormente, podrá ocurrir una explosión de la nube de vapor no confinada (UVCE).

La peligrosidad de la UVCE está relacionada al hecho de que el fenómeno ocurra extremadamente rápido, no permitiendo la fuga de las personas, siendo ésta por tanto la situación de mayor peligro tanto para el personal de la Compañía, cuanto para los equipos existentes en el área expuesta.

Se observa en la tabla No. 25, que las personas sujetas al peor efecto de sobrepresión de 0.1 bar, serían los propios funcionarios de la Cía. En la hipótesis 2 y 6 los daños también podrán alcanzar a los que se trasladan en la carretera, debido a la proximidad con la carretera Presidente Dutra.

Para los niveles de sobrepresión de 0.03 bar, donde los daños previstos están relacionados a 100% de chance de quiebra de vidrios, según las hipótesis 2, 3 y 6, estos daños podrán alcanzar un mayor número de dependencias y establecimientos, tales como centros de salud y escuelas, además de residencias. Las distancias y el número probable de personas afectadas se muestra a seguir.

Tabla 25-

**RESUMEN DE LOS DATOS REFERENTES A LAS DISTANCIAS
ALCANZADAS POR SOBREPRESIONES Y EL MEDIO VULNERABLE**

<i>HIPÓTESIS</i>	<i>DIST. ALCANZADAS (m) POR LA SOBREPRESIÓN UVCE</i>		<i>MEDIO VULNERABLE</i>	<i>No. DE PERSONAS SUJETAS A LAS SOBREPRESIONES</i>
	0.1 bar	0.03 bar		
2	189	473.1	Área int de Cía Trecho carretera Otra industria Área int de Cía Trecho carretera Puesto de salud Escuela Residencias Otra industria	80 35 100 80 100 150 500 9 600 100
3	99	247.40	Área int de Cía Trecho carretera Área int de Cía Puesto de salud Trecho carretera Residencias	80 20 80 150 45 2.160

Continua...

... Continuación

HIPÓTESIS	DIST. ALCANZADAS (m) POR LA SOBREPRESIÓN UVCE		MEDIO VULNERABLE	No. DE PERSONAS SUJETAS A LAS SOBREPRESIONES
	0.1 bar	0.3 bar		
5	79	169.10	Área int de Cía Área int de Cía Residencias Otra industria	80 80 960 100
6	117	291.50	Área int de Cía Trecho carretera Otra industria Área int de Cía Trecho carretera Puesto de salud Residencias Otra industria	80 25 100 80 50 150 3.120 100

3.3 MEDIDAS DE CONTROL Y MITIGACIÓN DE LOS RIESGOS

Para la composición de las medidas de control y mitigación, se inició el examen de las medidas sugeridas en el HazOp, de las secuencias presentadas en los árboles de fallas, árboles de eventos y de las observaciones en campo, agrupándose en dos subtemas

a) Medidas de Control y Mitigación para anomalías identificadas

- Mantenimiento y adecuación de los brazos de transferencia.
- Mantener las válvulas de bloqueo de alivio de la línea de GLP en la posición abierta.
- En caso de maniobras con maquinaria pesada y/o vehículo en el área de tanques, garantizar que las mismas sean acompañadas, evitando colisión con estructuras o equipos.
- Adoptar una rutina de inspección para la evaluación del nivel de corrosión de las líneas, evitando de esta forma los posibles orificios.
- Identificar líneas y válvulas.
- Crear procedimientos que tiendan a patronizar el mantenimiento de los equipos e instrumentos como medida preventiva.
- Reevaluar y/o efectuar test de performance de los conjuntos motobomba de combate a incendio para toda el área, conforme Norma NFPA No. 20 (Centrifugal Fire Pumps)
- Mantener el colector de residuos junto a las muestras de las líneas.
- Adoptar procedimientos de mantenimiento en cuanto al tratamiento y pintura de los equipos y líneas, evitando corrosión severa en los mismos.
- Adoptar procedimientos operacionales y check-list.
- Mantenimiento preventivo en la regla de medición del nivel de los tanques de alivio.
- Mantenimiento preventivo y correctivo en las cámaras de espuma de prevención y combate a incendio de los tanques.

b) Medidas de Control relativas a los riesgos del HazOp

Las medidas de control y mitigación de los riesgos referentes a los desvíos del HazOp, son presentados en las siguientes planillas:

MEDIDAS DE CONTROL Y MITIGACION

HOJA

RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL Y MITIGACION
PLANTA ENVASADORA	
<ul style="list-style-type: none"> • DERRAME DE GLP POR LAS VALVULAS DE ALIVIO CAUSADO POR SOBREPRESION 	<ul style="list-style-type: none"> • ACCIONAMIENTO DE ANILLOS NEBULIZADORES DE TANQUES Y, SI SE ABORTA EL PROCESO DE LLENADO, DEBE SER POR MEDIO DE LA VALVULA DE CIERRE DE EMERGENCIA/ INSPECCION PERIODICA A LOS INSTRUMENTOS MEDIDORES • ATENCION A LAS OPERACIONES PARA EVITAR SOBREPRESION EN LOS TANQUES O EN LAS LINEAS
<ul style="list-style-type: none"> • DEFECTO U OBSTRUCCION EN LA VALVULA DEL BALON DE NUBE INFLAMABLE, SI HUBIERA POSIBLE FORMACION DE NUBE INFLAMABLE, SI HUBIERA IGNICION 	<ul style="list-style-type: none"> • INSPECCION PREVIA DE LOS BALONES VACIOS • LIMPIEZA DE VALVULAS DE BALONES A TRAVES DE CHORRO DE AIRE COMPRIMIDO • MEDIDAS DE COMBATE A INCENDIO
<ul style="list-style-type: none"> • ROMPIMIENTO DE MANGUERA DE LLENADO EN LA BALANZA ENVASADORA, POR SUBDIMENSIONAMIENTO O DETERIORO 	<ul style="list-style-type: none"> • CIERRE DE VALVULAS ESFERICAS DE LA LINEA DE ALIMENTACION DE LA MAQUINA DE LLENADO • UTILIZAR INSTRUMENTOS CON PATRONES DE CONFIABILIDAD ACEPTABLES/ MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS ACCESORIOS
PARQUE DE TANQUES	
<ul style="list-style-type: none"> • DERRAME DE GLP CUANDO SE HACE MUESTREO/ OPERACION DE DRENAJE 	<ul style="list-style-type: none"> • OBEDIENCIA A PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES Y NORMAS DE SEGURIDAD • MEDIDAS DE COMBATE A INCENDIO/ENTRENAMIENTO A OPERADORES
<ul style="list-style-type: none"> • RUPTURA DEL CABEZAL DE COMPRESOR POR FALLA MECANICA O INSTRUMENTAL, PRODUCIENDO EXCESO DE PRODUCTO EN LOS TANQUES 	<ul style="list-style-type: none"> • INSTALAR VARILLAS DE NIVEL EN TANQUES COMO MEDIDOR OPCIONAL • MANTENIM. PREVENTIVO EN EQUIPAMIENTOS, INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS
<ul style="list-style-type: none"> • ARREMOSO A DISTANCIA DEL COMPRESOR Y LINEA POR FALLA INSTRUMENTAL 	<ul style="list-style-type: none"> • OBEDIENCIA A NORMAS DE OPERACION EVITANDO EL DERRAME DRENAJE CUIDADOSO DEL LIQUIDO EN LA LINEA DE VAPOR
<ul style="list-style-type: none"> • DERRAME DE GRAN PORTE POR RUPTURA DEL TANQUE EXTERNO, SUPERLLENADO/ POSIBILIDAD DE BLEVE 	<ul style="list-style-type: none"> • ENFRIAMIENTO DE TANQUES/ MEDIDAS DE COMBATE A INCENDIO RIGIDA A NORMAS DE SEGURIDAD CON AISLAMIENTO DEL AREA CASO OCURRA EL ACCIDENTE • ACCIONAMIENTO DEL PAE
<ul style="list-style-type: none"> • ROMPIMIENTO DEL SELLO Y SHUT-OFF DE LA BOMBA 	<ul style="list-style-type: none"> • PREVER LA OPERACION EN LA INTERRUPCION • MANTENIM. PREVENTIVO DE LOS INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS
<ul style="list-style-type: none"> • PERDIDA DE GLP PARA LA ATMOSFERA C/RIESGO DE INCENDIO PARA PERSONAS Y EQUIPOS, DEBIDO A REGULACION DEFECTUOSA DE VALVULA DE ALIVIO 	<ul style="list-style-type: none"> • IMPLANTAR PROGRAMA DE MANTENIM. PREVENTIVO Y PREDITIVO • REGULACION CORRECTA DE VALVULAS DE ALIVIO
<ul style="list-style-type: none"> • PRESENCIA DE GLP EN EL COMPRESOR POR DEFICIENCIA OPERACIONAL O INSTRUMENTAL 	<ul style="list-style-type: none"> • VERIFICAR SIEMPRE LA VARILLA INDICADORA DE NIVEL, ANTES DE INICIAR LA TRANSFERENCIA • ENTRENAMIENTO DE OPERADORES
<ul style="list-style-type: none"> • VALVULAS ESFERICAS DE TUBERIAS DE LLEGADA EN TANQUE CERRADAS 	<ul style="list-style-type: none"> • ANTES DE PRENDER LOS COMPRESORES, VERIFICAR SI LAS VALVULAS ESTAN ABIERTAS
<ul style="list-style-type: none"> • EL ROMPIMIENTO DE LAS TUBERIAS O JUNTAS 	<ul style="list-style-type: none"> • CIERRE DE VALVULAS PARA AISLAR EL TRAMO DAGNIFICADO
<ul style="list-style-type: none"> • DERRAME SIGNIFICATIVO EN LOS TANQUES, ABERTURA DE LAS PSV 	<ul style="list-style-type: none"> • MEDIDAS DE COMB. A INCENDIO/ AISLAMIENTO / EVALUACION • ACCIONAR EL PAE/ ENTRENAMIENTO DE OPERADORES

MEDIDAS DE CONTROL Y MITIGACION

HOJA 2 / 3

RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL Y MITIGACION
<p>TANQUE DE DECANTACION</p> <ul style="list-style-type: none"> · EXCESO DE GLP EN TANQUE, DEBIDO A DEFECTO O DESCUIDO EN INSTRUMENTOS INDICADORES DE NIVEL 	<ul style="list-style-type: none"> · OBEDIENCIA A PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES Y NORMAS DE SEGURIDAD · MANTENIM. PREVENTIVO DE EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS
<p>· SOBRELLENADO EN LOS TANQUES ESTACIONARIOS AUMENTANDO LA PRESION</p>	<ul style="list-style-type: none"> · VERIFICACION DE NIVELES DE TANQUES ESTACIONARIOS ANTES DE INICIAR LA OPERACION DE BOMBEO/ TQ. DECANTADOR/ TQ. ESTACIONARIO · OBEDIENCIAS A LAS NORMAS DE OPERACION · ENTRENAMIENTO DE OPERADORES
<p>PUNTO DE TRANSFERENCIA</p> <ul style="list-style-type: none"> · AUMENTO DE PRESION EN LINEAS, DEBIDO A PROXIMIDAD CON FUENTE DE CALOR 	<ul style="list-style-type: none"> · ACCIONAR INMEDIATAMENTE LOS NEBULIZADORES DE TANQUES ACCIONAMIENTO DE LOS HIDRANTES CASO NECESARIO
<ul style="list-style-type: none"> · PERDIDA DE PROD. P/ ABERTURA DE JUNTA O RUPTURA DE LINEA, POSIBLE GENERACION DE NUBE INFLAMABLE 	<ul style="list-style-type: none"> · MANTENIM. PREVENTIVO E INSPECCION EN LINEAS, INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS · MEDIDAS DE COMB. A INCENDIO/ ENTRENAMIENTO DE OPERADORES · CIERRE DE VALVULA MAS PROXIMA AL DERRAME · ACCIONAR EL PAE
<ul style="list-style-type: none"> · TRANSFERENCIA DE GLP DEL TANQUE ESTACIONARIO A CARRETA-TANQUE, POR IGUALDAD DE PRESIONES 	<ul style="list-style-type: none"> · CUIDADO EN OPERACION DE DESCARGA, VERIFICANDO LAS PRESIONES DEL TANQUE ESTACIONARIO Y CARRETA-TANQUE · ENTRENAMIENTO DE OPERADORES
<ul style="list-style-type: none"> · DESPRESURIZACION RAPIDA DE CARRETA-TANQUE CON RIESGO DE LESION GRAVE AL OPERADOR Y DANOS PARA LA INSTALACION, DEBIDO A QUE EL BRAZO DE TRANSFERENCIA SE LIBERA DEL ENGANCHE 	<ul style="list-style-type: none"> · APLICACION DE MEDIDAS DE SEGURIDAD Y OBEDIENCIA A NORMAS DE OPERACION · MEDIDAS DE COMBATE A INCENDIO · ACCIONAR EL PAE
<ul style="list-style-type: none"> · ESCAPE DE GASES, IGNICION DE NUBE CON RIESGO DE INCENDIO Y/O EXPLOSION POR MOVIMIENTO DE CARRETA-TANQUE AUN ENGANCHADO AL BRAZO DE TRANSFERENCIA 	<ul style="list-style-type: none"> · USO OBLIGATORIO DE DISPOSITIVO ANTILLAMA EN EL ESCAPE DE LAS VIATURAS · ATERRAMIENTO DE LA INSTALACION Y CARRETA-TANQUE · ACCIONAR EL PAE
<p>LINEAS DE TRANSPORTE</p> <ul style="list-style-type: none"> · VALVULA HIDRAULICA CERRADA O CON DEFECTO 	<ul style="list-style-type: none"> · IMPLANTAR PROGRAMA DE MANTENIM. PREVENTIVO Y PREDIATIVO
<ul style="list-style-type: none"> · DERRAME SIGNIFICATIVO DE GLP POR ABERTURA DE JUNTA O RUPTURA DE LINEAS, POSIBLE FORMACION DE NUBE INFLAMABLE E INCENDIO SI HUBIERA IGNICION 	<ul style="list-style-type: none"> · AISLAR LA SECCION DE LINEA DE DERRAME, CERRANDO LAS VALVULAS · AISLAMIENTO DEL AREA/ MEDIDAS DE COMBATE A INCENDIO · ACCIONAR EL PAE · PROTECCION DE LINEAS CONTRA CAUSAS MECANICAS · OBEDIENCIA RIGIDA A LAS NORMAS DE SEGURIDAD, CONTROL DE TRANSITO EN LA INSTALACION
<ul style="list-style-type: none"> · GAS DE CARRETA-TANQUE ENTRA EN EL COMPRESOR DEBIDO A ERROR OPERACIONAL 	<ul style="list-style-type: none"> · ENTRENAMIENTO AL PERSONAL, CORREGIR ERRORES OPERACIONALES - PRIMERO, PRENDER EL COMPRESOR - SEGUNDO, ABRIR LA VALVULA DE CARRETA-TANQUE PARA LA OPERACION DE TRANSFERENCIA

MEDIDAS DE CONTROL Y MITIGACION

RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL Y MITIGACION
COMPRESORES	
. BLOQUEO EN LA LINEA CON FALLA DE PCV	. MANTENIM. PREVENTIVO DEL COMPRESOR Y ACCESORIOS, VERIFICANDO EL NIVEL DEL ACEITE, MANOMETRO, ETC.
. FALLAS MECANICAS COMO ROZAMIENTO Y FRICCION EN PIEZAS POR EXCESO DE TEMPERATURA	. CONFIABILIDAD EN LA INSTRUMENTACION EXISTENTE
. RUPTURA DE JUNTAS Y ACCESORIOS EN LA DESCARGA DEL COMPRESOR	. MANTENIM. DE LINEAS, ATENCION EN EL MOVIMIENTO DE CARGAS Y OBSTACULOS EN LA PLANTA
. FALLA DEL COMPRESOR POR CAUSAS MECANICO-ELECTRICAS, PARALIZANDO LA OPERACION	. DETERMINAR LA FRECUENCIA DE CONTROL DE LOS EQUIPOS. MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CONTROL OPERACIONAL
. DANOS MECANICOS POR PERDIDA DE LA CAPACIDAD DE LUBRIFICACION	. CONTROL DE CALIDAD, UTILIZAR ACEITES DE ESPECIFICACION ADECUADA, CONTROL DE CALIDAD Y ANALISIS PERIODICA
. PRESENCIA DE GLP EN COMPRESORES DEBIDO A ERROR OPERACIONAL	. ENTRENAMIENTO Y APERFECCIONAMIENTO CONTINUO DEL PERSONAL
BOMBAS	
. ROMPIMIENTO DEL SELLO Y SHUT-OFF DE BOMBA POR BLOQUEO EN LINEA Y VALVULA POR FALLA DE LA PCV Y BLOQUEO EN LA DESCARGA	. PLANIFICACION PROGRAMADA DE CONTROL DEL TIEMPO DE VIDA Y MANTENIM. PREVENTIVO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS . PREVENIR OPERACION DE INTERRUPCION
. VALVULA DE DESCARGA NO ABRE POR FALLA MECANICA O ERROR DE ALINEAMIENTO, PRODUCIENDO CALENTAMIENTO DE LA BOMBA	. SISTEMATIZAR EL ALINEAMIENTO DE VALVULAS, CONTROL Y AUDITORIA
. PERDIDA DEL PROD., GENERACION DE NUBE INFLAMABLE SI HUBIERA FUENTE DE IGNICION, POR ABERTURA O RUPTURA DE LA LINEA	. CIERRE DE VALVULA MAS PROXIMA AL DERRAME . MANTENIM. PREVENTIVO E INSPECCION EN LINEAS, INSTRUMENTOS, ACCESORIOS . AISLAMIENTO DEL AREA / MEDIDAS DE COMBATE A INCENDIO . ACCIONAR EL PAE
. VALV. ESFERICA DE SALIDA CERRADA POR ERROR OPERACIONAL, AUMENTANDO LA PRESION EN LA LINEA, POSIBLE FORMACION DE NUBE INFLAMABLE	. ENTRENAMIENTO Y CAPACITACION DEL PERSONAL, MINIMIZANDO LOS ERRORES OPERACIONALES

CAPITULO 4

CONSIDERACIONES FINALES

El estudio proporciona una serie de recomendaciones amplias, indicando medidas de prevención y control en sus aspectos básicos, que al ser adecuadamente desarrolladas e implementadas en las industrias, generarán acciones en el sentido de minimizar los riesgos. Es importante observar que toda medida tiende esencialmente a

- Eliminar o reducir la probabilidad de ocurrencia de eventos generadores de daños;
- Minimizar las consecuencias (daños) si el evento se materializa.

Cuando se realiza el Análisis de Riesgo y se concluye que la probabilidad de producirse algún evento indeseable es poca o remota, a pesar de ello, existe la necesidad de cada vez más invertir en "Programas de Gerenciamiento de Riesgos" con el objeto de perfeccionarnos permanentemente en las técnicas de análisis, de modo que podamos reducir al máximo las frecuencias de ocurrencia así como sus consecuencias de efectos ambientales; garantizando de esta forma una mejora del nivel de seguridad, un mayor control de la calidad y gestión ambiental, lo cual beneficiará tanto a los empresarios, como a los trabajadores, comunidad y medio ambiente.

4.1 CONCLUSIONES

Realizar el análisis de riesgo en la fase de proyecto, u operación, es importante como medida capaz de detectar preventivamente problemas y proveer eventuales redireccionamientos y complementaciones en el sentido de dar mayor seguridad operacional, así como para propiciar protección al medio ambiente y a la comunidad

En el momento de escoger los datos y seleccionar las informaciones a nivel de análisis histórico, surgen dificultades. En los bancos de datos de accidentes normalmente consultados, debe ser considerada la existencia de una fragilidad relativa en la descripción del evento y dificultades de interpretación de las causas descritas. Tales circunstancias ocurren tanto en los Bancos de Datos nacionales cuanto en los internacionales, pudiendo en algunas oportunidades ser utilizados estos datos en forma distorsionada para el cálculo de probabilidades de los eventos

- Los resultados del Análisis Histórico deben ser tomados como un indicador de los eventos que ocurren frecuentemente. Más aún para confirmar que representan una probabilidad, son necesarias muchas informaciones colectadas durante años, teniendo la casi seguridad de que todos los accidentes ocurridos durante ese período fueron registrados.
- Del análisis histórico desarrollado se obtuvo como información que las plantas de almacenamiento y envasadoras similares, presentaron mayor incidencia de accidentes debido a fallas mecánicas y operacionales.
- El presente estudio enfatizó el análisis cualitativo por considerar ser de gran importancia para los objetivos trazados y así obtener la información necesaria para realizar el análisis interactivo entre los procedimientos productivos de una industria con su medio ambiente. Sin embargo, es necesario mencionar que un estudio cuantitativo, implica analizar las fallas de equipos y materiales en los bancos de datos internacionales, los principios de control de calidad, mantenimiento, proyecto, construcción, operación e interferencias externas, estas pueden variar de caso a caso, influyendo sobre la tasa de falla descrita, con pesos diferenciados para el cómputo final de las probabilidades, lo mencionado puede influir desfavorablemente en el proceso decisorio, principalmente si es considerada la probabilidad de ocurrencia de un hecho comparado a otros tipos de eventos.
- El HazOp fue realizado en los 7 subsistemas de proceso: Plataforma envasadora, Parque de tanques, Tanque decantador, Punto de transferencia de GLP, Línea de transporte, Compresores y Bombas. De acuerdo al análisis cualitativo de los riesgos, las que requieren de una evaluación de riesgos para su posterior análisis de vulnerabilidad fueron las siguientes: *Plataforma envasadora* - derrame por ruptura de manguera de 1/2"; *Parque de tanques* - derrame en operación de drenaje en tubería de 2", por ruptura de tanque y sobrepresión de la PSV de 2"; *Línea de transporte* - derrame por ruptura de líneas de 4" y 6".
- En la evaluación de los riesgos, se efectúa una estimación de las consecuencias, para los cuales se desarrolla modelos matemáticos, bajo ciertas premisas; basados en esos números, esta evaluación pueden tener una serie de problemas y virtudes inherentes a los mismos. Lo importante es tener en mente la posibilidad de ocurrencia de esas impropiedades, debiendo la interpretación de la fuente ser relativa y no absoluta, para la toma de decisión.

La simulación efectuada para la estimación de las consecuencias muestran que de producirse una UVCE la distancia máxima alcanzada es de 154.5 m. debido al derrame de GLP por la tubería de drenaje de 2". Este mismo evento podría registrar niveles de sobrepresión altos. Respecto a radiación térmica la de grandes proporciones con consecuencias nefastas sería atribuido al evento de Fireball/BL.EVI de los tanques de GLP.

4.2 RECOMENDACIONES

4.2.1 Recomendaciones Generales

Teniendo como base la realización del Estudio de Análisis de Riesgo, proceder a la concientización de la población circundante a esta actividad industrial y autoridades en general, del riesgo al que están expuestos y la necesidad de elaborar Planes de Contingencia y atendimento a emergencias ambientales.

Realizar Planes de Acción de Emergencia (PAE) que sean claros, objetivos y completos, estableciendo claramente las funciones, responsabilidades y procedimientos para la movilización de las personas y de los organismos de atendimento a las emergencias - Salud, Saneamiento, Medio Ambiente, Cuerpo de Bomberos, Defensa Civil, y otros; de acuerdo al reconocimiento, evaluación de las consecuencias y análisis de vulnerabilidad, citados en esta investigación. Dichos Planes de Acción de Emergencia serán subdivididos en cuatro fases : Plan de acción preventiva, Plan de acción alerta, Plan de acción de emergencia y Plan de acción de recuperación

4.2.1 Recomendaciones Específicas

Prever la utilización de una válvula dupla, de preferencia a control remoto, para ser utilizada en el momento de realizar la actividad rutinaria de drenaje o toma de muestra, colocada en la parte inferior de los tanques.

Eliminar, si es posible, en un radio de 180 m. de la instalación, llamas libres y fuentes de calor.

Prever la interrupción del tráfico de vehículos en las áreas próximas a la instalación, en caso de derrame y formación de nube del gas licuado de petróleo.

- El estado de emergencia debe ser declarado lo antes posible, como máximo hasta una hora después de haber ocurrido el derrame sin ignición.
- Un tanque expuesto al fuego, puede explosionar (BLEVE) en 20 ó 30 minutos, a pesar que las válvulas de alivio se encuentren abiertas y los nebulizadores enfriándolos. Por eso, es necesario evacuar el área en 20 minutos como máximo.
- La "bola de fuego (Fireball)" puede causar quemaduras mortales en un radio de hasta 120 m.; por tanto, es necesario la organización de la empresa así como de la comunidad, evacuando lo antes posible, caso ocurra este evento indeseado.
- Nada debe ser almacenado próximo al parque de tanques y plataforma de envasado. En la operación de descarga o carga de carreta para el tanque depósito o viceversa, medidas eficientes deberán ser tomadas para evitar que el chofer, por cualquier razón parta con el mangote en la instalación y en la carreta. Se sugiere:
- Prohibir que el chofer permanezca en la cabina del vehículo transportador, durante la operación de carga o descarga del camión tanque.
- Estacionado el camión-tanque para cargar o descargar, el chofer debe salir, colocar una placa en la puerta de la cabina, indicando la operación que se está efectuando en aquel momento "carga" o "descarga" y entregar la llave del vehículo al jefe de la operación (empleado de la instalación que recibe o entrega carga)

4.3 SUGERENCIAS PARA INVESTIGACIONES ADICIONALES

Teniendo en vista las conclusiones presentadas y las limitaciones discutidas, resta ser hecho una sistematización y discusión de las posibles lagunas dejadas y de los puntos levantados por el presente estudio. Se espera que tal esfuerzo motive la realización de otras investigaciones, inclusive más profundas, sobre los temas abordados.

A continuación se presentan algunos temas que podrían ser objeto de otras investigaciones en este campo :

- Salud ocupacional.
- Plan de contingencia.
- Plan de acción emergencia.
- Análisis y criterios de aceptabilidad/tolerancia de los riesgos.
- Otros estudios de análisis de riesgos tecnológicos o naturales.

CAPITULO 5

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFLALO, F. et alii. Aspectos sobre Segurança do trabalho em um terminal de GLP. Belém, Brasil. 1975.
- AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. Guidelines for hazard Evaluation Procedures. New York, EUA. 1985
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instalações para a utilização de gases liquefeitos de petróleo - NB 107. Rio de Janeiro, Brasil. 1962.
- Recipientes transportáveis de aço para gases liquefeitos de petróleo - NBR 8460. Rio de Janeiro, Brasil. 1984.
- Emprego de Dispositivos de Segurança nos recipientes transportáveis para gases liquefeitos de petróleo - NB 68. Rio de Janeiro, Brasil. 1988.
- Bujões fixáveis para recipientes transportáveis para gases liquefeitos de petróleo - NB 105. Rio de Janeiro, Brasil. 1988.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. - CETESB. Técnicas de Análise de Risco. PROCOP. São Paulo, Brasil. 1990. v.1, v.2.
- Ficha de informação sobre o produto químico.
- Dados meteorológicos referentes às Estações de Guarulhos. São Paulo, Brasil. 1986, 1987, 1988, 1989 y 1990.
- Sistema Nacional de cadastramento de Acidentes Ambientais. SINCAAM Banco de Dados. São Paulo, Brasil. 1989
- CONSELHO NACIONAL DE PETRÓLEO. Instalações, operações de segurança de terminais de gases liquefeitos de petróleo. Portaria No. 76. Brasil. 21/07/66.
- Instruções gerais e Norma Brasileira de armazenamento de petróleo e seus derivados. Portaria No. 8/77. Brasil. 21/09/71.
- DE CICCIO, F.; FANTAZZINI, M.L. Introdução à Engenharia de Segurança de Sistemas. 3 ed. São Paulo, Brasil. 1988.
- IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES. Control of Hazard in the Chemical Industry. An appreciation course.

ITSEMAP DO BRASIL. Tópicos Especiais de Gerência de Riscos. Fasc.4, 1990.

-----Análise de Risco voltada ao meio ambiente. Informap No. 25, feb-1990.

KERLINGER, Fred N. Foundations of Behavioral Research. 2 ed. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1973.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS / DGH - Ley Orgánica de Hidrocarburos - Ley No. 26221. Lima, Perú. 1993.

-----Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos - D.S. 046-93. Lima, Perú 1993.

-----Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos - D.S. 052-93. Lima, Perú 1993.

-----Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo - D.S. 01-94. Lima, Perú 1994.

-----Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de Gas Licuado de Petróleo - D.S. 027-94. Lima, Perú. 1994.

PETROBRAS. Segurança na armazenagem de gases liquefeitos de petróleo. N- 1645a, feb-1983

REVISTA BIO. Reginaldo Vello Loureiro. Catástrofes e Acidentes Ambientais e suas implicações relacionadas à Segurança e Saúde das comunidades afetadas. São Paulo, Brasil. Año IV, No.2. Abr-Jun 1992.

REVISTA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Análise de Risco no Gerenciamento Ambiental na Petrobrás. No. 3, São Paulo, Brasil. 1990.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Relatório de Impacto Ambiental Gasoduto de GLP, interligação Petrobrás - Liquigás. Almoa-Santos, Brasil. 1987/1988

SELLTIZ, C. et alii. Método de Pesquisa nas Relações sociais. São Paulo, Brasil. 1974.

THE CHEMICAL INDUSTRY SAFETY AND HEALTH COUNCIL. A guide to Hazard and Operability Studies. London. 1987

WORLD BANK HAZARD ANALYSIS/ WHAZAN. Manual of Industrial Hazard Assessment Techniques. Technica Intemational Ltd. World Bank, 1986.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- LEES, F. P. *Loss Prevention in the process industries : Hazard identification assesment and control* Butherworths & Co. Ltd. London, v.1, v.2.
- TNO - The Netherlands Organization for Apllied Scientific Research. *Analysis of the LPG Incident, México City*. 1984.
- MARTINEZ, E ; GUILLERMO,C. *Reflexiones sobre el desastre de Ixhuatepec y Prevención de desastres por gas licuado de petróleo*. Memoria del Seminario sobre Desastres Tecnológicos Asociados con Agentes Químicos. México, D F. 1987.

ANEXOS

ANEXO 1

FICHA TÉCNICA DE INFORMACIÓN
GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)