

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO**



**ESTUDIO DE RIESGOS DE UN GASOCENTRO DE GLP EN EL
CERCADO DE LIMA**

**TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS PARA
OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
PETROQUÍMICO**

**ELABORADO POR:
JAIME ABEL HUBY VELA**

PROMOCION 1994 - 0

LIMA – PERU

2005

ÍNDICE

CAPITULO I SUMARIO	4
CAPITULO II OBJETIVOS	6
CAPITULO III INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO IV BASE LEGAL	9
CAPITULO V GENERALIDADES DE UN ESTUDIO DE RIESGOS DE UN GASOCENTRO DE GLP	11
5.1 MÉTODOS A SEGUIR EN UN ESTUDIO DE RIESGOS:	12
5.1.1 Método Cualitativo	
5.1.2 Método Semicuantitativo	
5.1.3 Método Cuantitativo	
CAPITULO VI INFORMACIÓN TÉCNICA DEL GLP	14
CAPITULO VII SECUENCIA DE RIESGOS EN GENERAL PARA UN GASOCENTRO DE GLP	17
7.1 FUGAS	17
7.2 INCENDIOS	18
7.2.1 Efectos de un incendio	
7.3 EXPLOSIONES	19
7.3.1 Explosiones que se pueden dar en un Gasocentro	
CAPITULO VIII CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA EN LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD	22
CAPITULO IX CONDICIONES DE LA ZONA A INSTALARSE EL GASOCENTRO (CERCADO DE LIMA)	24
9.1 CONDICIONES NATURALES	24
9.2 CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS	25
CAPITULO X APLICACIÓN DE LAS NORMAS LEGALES Y TÉCNICAS VIGENTES A UN PROYECTO DE GASOCENTRO EN EL CERCADO DE LIMA	26

10.1 DATOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN	26
10.2 SITUACIÓN Y UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN, Y LOCALIZACIÓN DE SUS ELEMENTOS COMPONENTES	26
10.3 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	27
10.3.1 Instalaciones Eléctricas	27
10.3.2 Instalaciones Sanitarias	29
10.3.3 Instalaciones Mecánicas	30
Bombas y Red De GLP	30
Tanques	31
Dispensador	35
CAPITULO XI	
ANÁLISIS DE LOS RIESGOS EN EL GASOCENTRO DE GLP EN EL CARCADO DE LIMA.	38
11.1 POR EL GRADO DE PELIGROSIDAD DEL GLP	38
11.2 EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	39
11.3 EN LA OPERACIÓN	40
11.3.1 Recepción de Combustible Líquido y GLP	
11.3.2 Almacenamiento de Combustible Líquido y GLP	
11.3.3 Despacho de Combustible Líquido y GLP	
11.4 POR LA CORROSIÓN	41
11.5 POR INCENDIOS Y EXPLOSIONES	42
11.6 POR FENÓMENOS NATURALES	46
11.7 POR EL ENTORNO	47
CAPITULO XII	
SISTEMA DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS	48
12.1 DISPONIBILIDAD DE AGUA	
12.2 EQUIPOS DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS	
CAPITULO XIII	
CONTROL DE EMERGENCIAS	50
13.1 PLAN DE EMERGENCIA	50
13.2 CAPACIDAD DE RESPUESTA	52
13.3 ENTRENAMIENTO	52
13.4 ACCIONES A SEGUIR EN UNA EMERGENCIA	53
13.4.1 Incendios y Explosiones	
13.4.2 Sismos	
CAPITULO XIV	
MATRIZ FALLA EFECTOS	55
14.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ	55
14.1.1 Probabilidad de Ocurrencia de los Eventos (Pro)	
14.1.2 Magnitud de los eventos (Mg)	
14.1.3 Importancia del Evento (Im)	
14.1.4 Carácter del Evento (Ca)	

14.2 APLICACIÓN DE LA MATRIZ EN UN GASOCENTRO DE LIMA CERCADO	58
14.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	62
CAPITULO XV	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
15.1 CONCLUSIONES	64
15.2 RECOMENDACIONES	65
CAPITULO XVI	
RELACIÓN DE ANEXOS	67
GLOSARIO	73
BIBLIOGRAFÍA	78

CAPITULO I

SUMARIO

Este trabajo es el resultado de una sistematización de los aspectos fundamentales a tomarse en cuenta en el desarrollo del análisis de riesgos de un gasocentro de GLP en cercado de Lima. En ese sentido, el cumplimiento de las normas legales y técnicas vigentes así como de informes y experiencias previas de profesionales y empresas del ramo dan el sustento necesario para hacer de ella un elemento de referencia de profesionales, estudiantes y público usuario.

De acuerdo a los requerimientos municipales y de OSINERG, este estudio considera los datos generales del gasocentro, la descripción de sus diversas estructuras e instalaciones, así como de su entorno; de aspectos del medio natural y socioeconómico; del proceso de comercialización de acuerdo a las características del producto; y sobre todo, la evaluación minuciosa de los riesgos involucrados, indicando la metodología empleada y la interpretación de los resultados.

Asimismo, se estudian los elementos necesarios para prevenir o combatir dado el caso, las contingencias que se presenten, determinando las acciones a seguir y los equipos necesarios para este propósito. Se llegan así conclusiones y sugerencias que deben ser tomadas en cuenta, dado los parámetros formales y la idiosincrasia del común usuario de GLP para uso automotor.

Por otro lado, las ventajas del GLP sobre la gasolina y su mercado creciente, hace que este trabajo monográfico pueda ser tomado de referencia por los estudiantes de pregrado y profesionales que se inicien en el campo del análisis de riesgos. Así mismo da la posibilidad de extenderse a los usuarios a través de manuales prácticos que orienten el correcto cumplimiento de las normas técnicas de seguridad propias de un gasocentro de GLP.

Finalmente, se ha hecho uso de la bibliografía y los estándares técnicos internacionales que garantizan un estudio de riesgos objetivo y aplicado a nuestra realidad. Sin embargo, no se deja de indicar las limitaciones del presente trabajo y las direcciones de investigación futuras.

CAPITULO II

OBJETIVOS

La esencia del presente trabajo se halla en la evaluación cualitativa de los riesgos de un Gasocentro de GLP, para lo cual, además se hace uso de una matriz falla efecto aplicado en la etapa de construcción, inspección y operación. Ello con la finalidad de corroborar el análisis de los potenciales riesgos a través de la interpretación de los resultados y desarrollar de forma más eficiente de los procedimientos preventivos y de aquellos a seguir en casos de que se presenten emergencias.

CAPITULO III

INTRODUCCIÓN

El GLP es un combustible excelente, ecológico y versátil, que cuenta con millones de consumidores satisfechos en todo el mundo. En el Perú, durante los últimos cinco años ha incrementado su uso como combustible vehicular dado sus ventajas económicas y en la protección del medioambiente; sin embargo, los datos estadísticos del ministerio de transportes y comunicaciones, indican que es aún insuficiente el número de gasocentros de GLP considerando el aumento en la demanda que ha alcanzado sobre todo en Lima.

Los proyectos nuevos, y los ya existentes, requieren que el diseño de Gasocentros de GLP cumplan de manera estricta las normas y los reglamentos expedidos por el ministerio de Energía y Minas y demás autoridades competentes, lo que garantiza operar dentro de marcos de seguridad - cada vez más exigentes -, especialmente por las características del GLP que en su manipulación, almacenamiento, transporte y uso, genera múltiples situaciones de riesgo.

En esa medida, el Estudios de Riesgo debe ser elaborado por profesionales colegiados expertos en la materia, debidamente calificados, autorizados e inscritos en el Registro de la DGH, pero también los estudiantes de pregrado de las carreras involucradas - como lo es la Ing. Petroquímica – pueden ir conociendo y analizando los aspectos básicos de esta tarea, lo que resulta importante en su

formación académica y de proyección a la nueva era que significa el uso del Gas Natural en nuestro país.

Debemos tener presente además que el GLP y el gas natural están prácticamente en igualdad en cuanto a su influencia en el medioambiente, mencionándose por ejemplo que los GLP producen un poco más de anhídrido carbónico y menos compuestos de azufre que el gas natural, ambos no generan humos y sus rendimientos son similares para aparatos de la misma tecnología.

Por otro lado, no se ha hecho en el Perú, un trabajo de educación a nivel de la población, ni específicamente con los usuarios de GLP vehicular, para el uso correcto de este combustible y el buen desenvolvimiento en la prestación de servicios en un gasocentro. Lo que resulta importante en la cultura de seguridad de nuestra población, tomando en cuenta el mayor uso del gas en el futuro.

Finalmente, si bien la explotación del Gas de Camisea ha generado gran expectativa en su uso vehicular, sin embargo esto tomará todavía un tiempo, ya que las instalaciones y la infraestructura para su distribución tardan años en construirse, en ese sentido su abastecimiento se incrementará de manera lenta, tanto a nivel domiciliario como comercial.

CAPITULO IV

BASE LEGAL

El marco legal para la elaboración del Estudio de Riesgos de un Gasocentro de GLP en el cercado de Lima, es el siguiente:

- Reglamento de Establecimientos de Gas Licuado de Petróleo (GLP) para uso Automotor – Gasocentros, aprobado mediante D.S. N° 019-97-EM.
- Texto Único de Procedimientos Administrativos del Ministerio de Energía y Minas – TUPA, aprobado por Decreto Supremo N° 055-99-EM.
- Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo, aprobado por Decreto Supremo N° 01.94.EM.
- Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de Gas Licuado de Petróleo, aprobado por Decreto Supremo N° 27-94-EM.
- Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 052-93-EM.
- Reglamento para la Comercialización de Combustibles Líquidos Derivados de los Hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 030-98-EM.

- Reglamento de Seguridad para Establecimientos de Venta al Público de Combustibles Derivados de los Hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 054-93-EM.
- Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 046-93-EM

CAPITULO V

GENERALIDADES EN EL ESTUDIO DE RIESGOS DE UN GASOCENTRO DE GLP.

La normativa vigente define el estudio de riesgos de la siguiente forma:

“El Estudio de Riesgos, es aquel que debe efectuarse previamente a la autorización de instalación de un Gasocentro, el mismo que abarcará aspectos físico-naturales, biológicos, socioeconómicos y culturales en su área de influencia, con la finalidad de determinar las condiciones existentes y las capacidades del medio; así como, prever los efectos y consecuencias de la instalación y operación del mismo, indicando los procedimientos, medidas y controles que deberán aplicarse con el objeto de eliminar condiciones y actos inseguros que podrían suscitarse en el Gasocentro o en el área de influencia de dicho establecimiento.” (Título I, Art. 2° del Decreto Supremo N° 019-97-EM)

Bajo ese criterio, el análisis de riesgos debe desarrollar un estudio y discusión de los elementos constitutivos y de los procesos que se llevarán a cabo en el Gasocentro para la comercialización del GLP, considerando el riesgo potencial para dicha Estación de Servicios y las construcciones existentes en los predios que colindan con ella.

Los procesos a los que se hace mención están relacionados directamente con las operaciones de recepción, almacenamiento y despacho del GLP, por lo que es necesario analizar cada una de

ellas a fin de establecer los riesgos a las que conllevan, como son la fuga de gas, incendio, explosión o cualquier otra contingencia que ponga en peligro la vida humana, el ecosistema y la integridad física de las instalaciones propias y de terceros.

Por lo anterior, resulta claro que el Estudio de Riesgos no es cuestión de cumplir con una formalidad, sino que es una necesidad imperante para la seguridad de la instalación y la de sus alrededores. Más aún si se toma en cuenta que, como todas las formas de energía, el GLP es un combustible potencialmente peligroso si se manipula incorrectamente.

5.1 MÉTODOS A SEGUIR EN UN ESTUDIO DE RIESGOS:

5.1.1 Método Cualitativo

En este tipo de método se trata de desarrollar un análisis crítico de los riesgos en la instalación pero sin recurrir al análisis numérico, sin embargo se puede hacer uso de diferentes herramientas lógicas y auxiliares. En ese sentido, su objetivo principal es identificar:

- Riesgos.
- Efectos: incidentes y accidentes cuando se materializan los riesgos.
- Causas: orígenes o fuentes de los riesgos.

Dado que los análisis cualitativos sirven, muchas veces, como base para otros semicuantitativos o cuantitativos, es importante su claridad y calidad

5.1.2 Método Semicuantitativo

En este método se emplean técnicas de análisis crítico que utilizan índices globales de potencial de riesgo en el establecimiento, ellos estimados a partir de datos estadísticos. Estos a su vez pueden ser de disposición general o procedente de la experiencia de las

compañías en el diseño y la operación de las instalaciones semejantes a la que se trata de enjuiciar.

5.1.3 Método Cuantitativo

Se caracteriza por el uso de técnicas de análisis crítico que incluyen estructuras y cálculos para establecer la probabilidad de sucesos complejos (siniestros) a partir de valores individuales de la probabilidad de fallo que corresponde a los elementos humanos y equipos implicados en los procesos.

Por las dimensiones de un Gasocentro de GLP y su complejidad, el Estudios de Riesgos correspondiente se basa en el método cualitativo, lo que resulta suficiente y nos garantiza un alto grado de objetividad.

CAPITULO VI

INFORMACIÓN TECNICA BASICA DEL GLP

Los GLP comerciales no son productos puros, sino mezclas de butano y propano con otros hidrocarburos, por esta razón, es necesario considerar las propiedades fisicoquímicas del propano y el butano (Tabla 1) en el diseño de equipos y accesorios así como en la elaboración de las normas de seguridad

Tabla 1: Características Físico-Químicas del Butano y el Propano

	PROPANO		BUTANO			
	Puro	Comercial	Puro	Comercial		
Fórmula química	C ₃ H ₈		C ₄ H ₁₀		-	
Temperatura crítica	96,8		152		°C	
Presión crítica	42		37,5		kg/cm ²	
Temp. ebullición (a 1 kg/cm ²)	- 42,1	- 40	-0,5	- 10	°C	
Límites inflamabilidad en aire	superior	9,5	10	8,5	%	
	inferior	2,2	2,2	1,9	%	
Temperatura inflamación	466	535	405	525	°C	
Peso molecular	44	~46	58	~58		
LIQUIDO	Masa volumétrica a 15° C	0,506		0,582	kg/l (g/cm ³)	
	Densidad (peso específico 20° C)		0,505		kg/l (g/cm ³)	
	Viscosidad dinam. (15° C)	1060		1800	micropoises	
	Calor específico (C.N.)	0,58		0,55	kcal/kg °C	
	Poder calorífico superior	12040	11900	11842	11800	kcal/kg
	Poder calorífico inferior	11080	11000	10930	10900	kcal/kg
	Calor latente vaporización	101,7		92,2		kcal/kg
GAS	Viscosidad (20° C)	80		74	micropoises	
	Densidad rel. (15° C)	1,52	1,43	2,06	-	
	(a presión atmosférica) (20° C)		1,85		-	
	Masa volumétrica (15° C)	1,86		2,46	kg/m ³	
	Calor específico o pres. cte. (a 15° C) a vol. cte.	0,390		0,396	kcal/ m ³ °C	
	Poder calorífico superior (C.N.)	24350	22000 (20°)	32060	28300 (20°)	kcal/m ³
	Poder calorífico inferior (C.N.)	22380	20400 (20°)	29560	26200 (20°)	kcal/m ³
Tensión vapor a 20° C	11	9,2	2,2	2,90	hg/cm ² ab	
Tensión vapor a 50° C	22	18	5	6,6	kg/cm ² ab	
Temperatura máxima llama (en aire)		1925		1895	°C	
Temperatura máxima llama (en oxígeno)		2820		2820	°C	
Índice Wobbe		18390		20750	kcal/m ³	
Punto de rocío (aprox.)		-43		- 4		

Al observar los datos, la diferencia principal en las características del butano y del propano comercial, y que afectan a su manipulación, está en las tensiones de vapor de ambos productos. Si bien esto se explica por su distinta composición (Tabla 2), en condiciones normales de presión y temperatura ambos productos se encuentran en estado gaseoso y se licuan al someterlos a una presión relativamente baja o enfriándolos. Gracias a ello son fácilmente transportables en buques, en vagones y en camiones cisternas, en botellas o en otros recipientes móviles especiales.

Tabla 2. Composición química del propano y butano comercial

PRODUCTO	PROPANO COMERCIAL	BUTANO COMERCIAL
Etano	00.63	00.46
Propano	87.48	09.14
N – Butano	06.30	30.80
I – Butano	05.59	59.60
Pentano (+)	---	---
TOTAL	100.00	100.00

Adicionalmente, otras características de los GLP a considerar son:

- **La toxicidad.** Los GLP no son tóxicos. El butano-propano desplaza el oxígeno, por lo tanto, la muerte se presenta no por envenenamiento sino por asfixia.
- **La odorización.** Los GLP en su estado natural, son inodoros e incoloros, por ello, como en una eventual fuga no podría ser detectado, se les agregan unas sales de azufre llamadas mercaptanos que les confieren ese olor característico.

El GLP por su alto grado de peligrosidad, es calificado así por las siguientes entidades:

UN : 1075
NFPA : 1.4.0 (lo que figura en el Rombo de Riesgo)
IMCO : Clase II, División II
NIOSH : TX 2275000 / 4200000

CAPITULO VII

SECUENCIA DE RIESGOS EN GENERAL PARA UN GASOCENTRO DE GLP

Las instalaciones que trabajan con hidrocarburos se caracterizan por tener pocos accidentes pero, cuando se producen, suelen ser de gran severidad debido a su alcance y a sus efectos. Por ello, los aspectos de seguridad son de gran importancia en las actividades de diseño, operación y mantenimiento de este tipo de instalaciones.

La experiencia acumulada y los datos estadísticos de diversos accidentes producidos a nivel mundial, se establece una secuencia accidental que debe tomarse en cuenta en el análisis de riesgos de un Gasocentro de GLP: *fugas, incendios y explosiones*.

7.1 FUGAS

Denominado específicamente *derrame* en el caso de líquidos o *escape* en el caso de vapores y gases (que es lo que corresponde al GLP). Este incidente se da generalmente por la pérdida en la contención del GLP ya sea en el tanque de almacenamiento o en los equipos, tuberías y accesorios. Como consecuencia de ello se pueden generar incendios y/o explosiones dada las características del producto.

El análisis de una fuga de GLP y sus consecuencias considera:

- Las condiciones de presión y temperatura, y la cantidad de GLP fugado.
- Su alta inflamabilidad, basándose específicamente en su rango de inflamabilidad.
- Tipo de sistema de contención en el que se origina la fuga: tanque de almacenamiento, tuberías, etc.
- Condiciones de entorno (geometría, topografía, meteorología) hacia donde se produce la fuga.

7.2 INCENDIOS

El incendio es la propagación del fuego* que abrasa lo que no está destinado a arder. El fuego alcanza grandes proporciones y escapa de control, se transforma en un elemento destructor que crea en el ser humano sentimientos de terror y pánico, y que adquiere dimensiones dantescas cuando se presenta como efecto complementario de un desastre mayor, contribuyendo a aumentar la desolación en el área afectada.

7.2.1 Efectos de un incendio:

Se pueden esperar los siguientes efectos:

- *Radiación Térmica* que produce daños de por sí y puede propagar la cadena accidental (Tabla 3).
- *Onda explosiva de sobrepresión* cuando se dan las condiciones de aceleración de la velocidad de la reacción y/o de contención. Otro efecto que puede propagar la cadena accidental.

Tabla 3. Efectos de la radiación Térmica de un Incendio

Flujo de Radiación Térmica (Kw/m ²)	Tiempo máximo de la Exposición para las Personas (segundos)	Efectos sobre personas por tiempo de exposición Otros efectos sobre los Materiales y estructuras.
1,2	-	Recibida del sol en verano a Medio día
1,4	Infinito	(1)
1,6	-	Umbral de sensación dolorosa
2,1	60	Dolor
4,0	30	Aparición de ampollas en la piel no protegida
4,7 (2)	15-20 30	Dolor Quemaduras de primer grado Deshidratación de la madera
9,5	6	Descomposición de la madera
12,6	4	Ignición de la madera. Fusión de los recubrimientos plásticos en cables eléctricos
23,0	-	Estructuras ligeras, tanques de Almacenamiento y otros elementos de equipos ligeros y no protegidos pueden fallar
37,8	-	Pérdida de resistencia del acero no protegido y colapso de estructuras no ligeras.

(1) Nivel de intensidad de radiación térmica que se considera totalmente seguro para personas sin protecciones especiales (incluyen radiación solar).

(2) Nivel normalmente utilizado para la ubicación de antorchas para incineración en instalaciones industriales.

7.3 EXPLOSIÓN

Es la expansión de una masa de gases contra la atmósfera que lo rodea y que se da en un tiempo muy corto. Estos fenómenos pueden ser químicos si la energía necesaria para su origen lo proporciona una reacción química (combustión en nuestro caso) o físicas si la energía procede de otra fuente. A su vez, las ondas generadas son: de *presión* cuando se da dentro de sistemas cerrados y de *sobrepresión* si es en espacios abiertos.

7.3.1 Explosiones que se pueden dar en un gasocentro

por la experiencia acumulada, pueden ser:

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Explosión).

El BLEVE es una explosión de vapores en expansión cuando los líquidos están en ebullición. Este tipo de explosiones se pueden dar en un Gasocentro de GLP. Como todo gas licuado, el GLP se almacena dentro de recipientes metálicos a temperaturas por encima de su punto de ebullición y permanece bajo presión mientras el recipiente esté totalmente cerrado y aislado de la atmósfera.

Al reducirse la presión hasta igualar a la atmosférica, como sucede cuando se rompe el recipiente, el calor almacenado en el líquido produce una rápida evaporación de parte de éste, proporcional a la diferencia de temperaturas entre la del líquido al momento de la rotura, y la de su punto de ebullición normal. En muchos casos, esto puede dar como resultado la vaporización de aproximadamente una tercera parte del líquido contenido en el recipiente.

Como los dispositivos de alivio de exceso de presión están dispuestos para comenzar a descargar a presiones correspondientes a una temperatura del líquido superior a la temperatura atmosférica normal, (para impedir una descarga prematura), la temperatura del líquido será mayor que ésta, si la rotura de recipiente tiene lugar cuando el dispositivo de alivio está funcionando. Por lo tanto, en estas condiciones se evaporará mayor cantidad de líquido, generalmente más de la mitad que en ese momento contenía el recipiente. Esto es usual cuando el recipiente se rompe por acción del fuego.

El paso de líquido a vapor produce una gran expansión del GLP. Este proceso de expansión es el que proporciona la energía necesaria para agrietar las estructuras del recipiente, proyectar los fragmentos y ocasionar la rápida mezcla de vapor de GLP con el aire, la cual origina la característica bola de fuego una vez que se produce la ignición al entrar en contacto con el fuego que originó el BLEVE.

UVCE (unconfined vapor cloud explosion)

Hace referencia a la explosión de una nube de vapor no confinada. Es otro tipo de riesgo al que se encuentra potencialmente expuesto un Gasocentro. Se define como la deflagración explosiva de la nube de gases inflamables (componentes del GLP) en el aire y que se hallan en un espacio amplio. La sobrepresión máxima que se alcanza es del orden de 1 bar en la zona de ignición, emitiéndose además del 2 a 10% de su energía calorífica como energía explosiva.

CAPITULO VIII

CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA EN LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD

La primera regla de seguridad es evitar cualquier escape incontrolado de GLP. Todos los sistemas deberán ser diseñados teniendo en cuenta este objetivo principal.

Segundo, el enfoque tradicional de la seguridad se basaba en la utilización generosa del espacio y en los sistemas de defensa contra incendios (D.C.I.) en los casos de emergencia. Cada vez más este planteamiento está dando paso al concepto preventivo de la seguridad mediante un sistema de control de válvulas y equipos capaz de operar automáticamente y por control remoto. Todos ellos combinados con las técnicas para extinción de incendios que se fundamentan en:

- La eliminación del combustible.
- El enfriamiento mediante agua, mejor aún con agua pulverizada.
- sofocación, para disminuir la cantidad de aire que tiene acceso al combustible.

Actualmente, si bien los sistemas de seguridad son cada vez más sofisticados, todavía se puede considerar - y de acuerdo a reglamento - los siguientes equipos básicos se deben tener en un Gasocentro de GLP:

- En el caso de tanques de almacenamiento aéreo es necesario contar, con sistemas de refrigeración mediante equipos de enfriamiento que permitan bajar la temperatura y la presión.
- Válvulas de seguridad que permitan desalojar el gas del tanque al alcanzar una presión determinada.
- Red de detectores de gas.
- Hidrantes para conexiones de mangueras a menos de 100 m del establecimiento.
- Extintores de polvo químico seco (PQS) en lugares distintos y accesibles.
- Conexiones a tierra *

()En los centros productivos y en la manipulación del GLP la descarga de electricidad estática es una causa de preocupación, por ello, tanto las estructuras de acero, tuberías y hasta los uniformes de los operarios, deben considerar este riesgo, conectándose a tierra o siendo antiestáticos.*

CAPITULO IX

CONDICIONES DE LA ZONA A INSTALARSE EL GASOCENTRO (CERCADO DE LIMA)

9.1 CONDICIONES NATURALES: SISMICIDAD, VIENTOS, RUIDOS Y CLIMA

Según el Instituto Geofísico del Perú, el área en estudio corresponde a una zona de alta sismicidad, como toda la Costa Peruana, así mismo, en el Valle del Rimac, las capas geológicas nos indican la presencia de limo, arena y grava llegando a constituir las formaciones que se muestran como aluvión. Las aguas subterráneas de la napa freática se encuentran entre 50 y 70 metros de profundidad.

Esta información tiene que ser considerada en la instalación del tanque y demás obras civiles, tomando en consideración que las estructuras del pozo receptor del tanque de GLP debe diseñarse para soportar cargas dinámicas y movimientos sísmicos hasta el grado VIII de la Escala modificada de Mercalli.

El clima de la zona es catalogado por el SENHAMI como templado y húmedo. En verano (Diciembre a Marzo) la temperatura promedio es de 25°C y en invierno (Junio a Septiembre) varía entre 11°C y 15°C°. La **humedad relativa** varía de acuerdo a la estacionalidad, entre 81% y 89%. Además se presentan garúas tenues cuyos valores oscilan entre 0,6 a 3,0 mm de **precipitación promedio** mensual,

siendo su promedio anual de 18,2mm; esporádicamente ocurren lluvias veraniegas, pero con valores mínimos.

Los datos meteorológicos registran además **vientos dominantes** procedente del **sudoeste**, cuyo promedio anual de velocidad es de 11,4 Km/h, clasificado como “brisa débil”, siendo más intenso entre octubre y marzo; condición importante para la determinación y dirección de la nubes de GLP que se podría presentar por fugas dentro de las instalaciones del Gasocentro.

9.2 CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS

La crisis por la que atraviesa el país, y que se refleja en el aspecto político, económico y social hace que las condiciones de vida de los sectores denominados C, D y E sean cada vez más críticas. Este factor repercute en el análisis previo que deba realizarse en la instalación de Gasocentros, pues el índice delictivo del mercado de Lima a favorecido el retiro de negocios de la zona.

CAPITULO X

APLICACIÓN DE LAS NORMAS LEGALES Y TÉCNICAS VIGENTES A UN PROYECTO DE GASOCENTRO DE GLP EN CERCADO DE LIMA

Desde hace aproximadamente una década atrás se vienen dando las normas legales correspondientes al almacenamiento, transporte y comercialización del GLP en base a estudios técnicos, lo que aplicamos en el presente trabajo para cualquier proyecto de Gasocentro en general dentro del cercado de Lima.

10.1 DATOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

Estos datos forman parte de los REQUISITOS PARA INSTALAR Y OPERAR ESTABLECIMIENTOS DE VENTA DE GLP PARA USO AUTOMOTOR- GASOCENTROS de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento aprobado por Decreto Supremo No. 019-97-EM.

10.2 SITUACIÓN Y UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN, Y LOCALIZACIÓN DE SUS ELEMENTOS COMPONENTES

Planos de Ubicación a escala 1:10,000 (radio de aproximadamente de 500 m) que indique referencias de ubicación, vías de accesos terrestres (Avenidas principales) del distrito y su flujo vehicular.

Planos de Ubicación a escala 1: 5000 con indicación de centros asistenciales, religiosos, educacionales, mercados, cines, teatros, restaurantes, centros comerciales, lugares de patrimonio cultural, reservas nacionales, zonas militares, y policiales, comisarías,

establecimientos penitenciarios, lugares de espectáculos públicos que tengan Licencia Municipal tal fin, edificios u otras instalaciones, en un área tal que demuestre que la ubicación propuesta no infrinja las disposiciones del reglamento vigente.

Planos de Ubicación a escala 1: 500 con indicaciones de carreteras, calles pistas, veredas, postes y torres que conducen cables de media y alta tensión, estaciones y subestaciones eléctricas centros de transformación y transformadores eléctricos; así como, semáforos, indicando la sección vial, incluyendo la red de agua pública con la indicación de los dos hidrantes o grifos contra incendios más cercanos.

Plano de distribución general del proyecto a escala 1:100 que indique las partes más importantes del Gasocentro, tales como los tanques con sus respectivas capacidades, islas, Dispensadores, accesos, cercos, zonas de lubricación, aire comprimido, oficinas y otros contemplados para diferentes servicios.

Toda esta información es utilizada para identificar las zonas vulnerables colindantes del terreno donde se pretende instalar la estación para el expendio de GLP de uso automotor así como las Áreas Sensibles dentro de la instalación. Esto debe ser verificado por una visita de campo donde se haga una observación detallada del entorno del proyecto y se recoja la información de línea base (aspectos ambientales, arqueológicos y culturales, y socioeconómicos) para la ejecución del proyecto.

10.3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

10.3.1 *Instalaciones Eléctricas*

En base al Plano correspondiente, se debe indicar las redes de suministro de energía eléctrica a las diversas áreas que conforman la

estación de servicio o expendio de GLP para uso automotor; esto involucra el tendido eléctrico del tablero general y sub-tableros a los dispensadores, bomba de GLP, luminarias exteriores y a los edificios.

Además durante las instalaciones se deberá tener en cuenta las normas establecidas por el Código Eléctrico del Perú y las normas de la Asociación Nacional de Protección contra el fuego (NFPA) de los Estados Unidos de Norteamérica, así mismo los equipos contarán con las inscripciones o certificados que indiquen la marca, clase, división o grupo, además la identificación de la Entidad que aprobó su uso.

Para el caso de una instalación típica en Lima, se resume a continuación los principales circuitos eléctricos correspondientes a las instalaciones:

- Arranque de la bomba de GLP.
- Suministro de tensión estabilizada en 220 Vac para dispensador e indicadores digitales.
- Suministro de 24 Vdc estabilizado para detectores de GLP.
- Suministro de 220 vac comercial para iluminación y toma corrientes.

Adicionalmente:

- Tuberías para las canalizaciones eléctricas de tipo Conduit galvanizadas en caliente cubiertas por arena similar a la utilizada en la fosa del tanque, en el caso de ser soterrado.
- Zanjas para las canalizaciones eléctricas conformadas por paredes de concreto, considerando en el fondo un solado de concreto, rellena con arena similar a la utilizada en la fosa

del tanque, cubierta con concreto o asfalto, según sea el caso, y preparadas especialmente para soportar la carga de vehículos.

- Unión entre tubos por simple conexión del extremo abocardado y el extremo, con cubierta epóxica o cintas especiales para evitar el ingreso de humedad.
- Los tubos Conduit con salidas a buzones o hacia el exterior debidamente sellados, utilizando sellos a prueba de explosión con cemento tipo Kiwiko y/o tapones, según sea el caso.
- Cintas de señalización en los tramos donde existan tuberías o ductos eléctricos enterrados.
- Pulsadores de parada de emergencia; la activación de cualquiera de ellos originará el corte de energía eléctrica a los equipos de GLP (dispensador y bomba).
- Interruptor principal y pulsador de emergencia. de todo el establecimiento ubicado en la parte exterior de la edificación y protegido con gabinete de fierro galvanizado.
- Pozos de puesta a tierra, uno para descarga de corriente estática y otro para descarga de corriente dinámica.

10.3.2 Instalaciones Sanitarias

Según el plano correspondiente, debe indicarse con claridad:

El abastecimiento de agua para la instalación, que por lo general proviene del sistema de distribución pública existente en la zona.

La red de distribución en la instalación: tuberías, válvulas, conexiones, etc.

Almacenamiento de agua, precisando la dotación mínima de este elemento para el establecimiento, considerando la cantidad de agua para consumo humano, para jardines y demás servicios que se presten. Además el tanque de agua recomendado debe tener una capacidad suficiente para responder a cualquier emergencia de amago de incendio.

Sistema de Desagüe, donde por gravedad las aguas servidas domésticas, son entregadas al colector público. Además las cajas de revisión de paso, no pueden sobrepasar los 12 m de distancia entre ellas, ni hacer quiebres sin dichas cajas de revisión.

En el caso de incluir el servicio de lavado y engrase, los desagües incluyen una trampa de grasas, antes de su ingreso a la red general.

10.3.3 Instalaciones Mecánicas

Incluye la instalación de una red de tuberías de combustible y GLP, tanques, bombas, dispensadores y accesorios.

Bombas y Red de Glp

La bomba más usual utilizada en el sistema de despacho de GLP, es uno del tipo paletas de desplazamiento positivo, especialmente diseñadas para operaciones seguras sin cavitación, con una potencia de 5 HP y antiexplosión Código NEMA.

La bomba trabaja con un caudal de acuerdo al diseño (en litros por minuto) y con un sistema "BY PASS" diferencial para evitar sobre presiones, retornando el exceso de líquido al tanque de almacenamiento de GLP.

El motor de la bomba debe ser a prueba de explosión “EXPLOSIÓN PROF.”, aprobado y certificado para áreas clasificadas Clase I, División I, Grupos C y D, y será dotado de válvulas de corte.

Las conexiones entre bomba y tanque se efectuarán con material adecuados de acero al carbono.

Las válvulas de bola y cheek serán montadas entre bridas de acero al carbono ANSI 150 o 300 libras, según el caso, con carga resaltada, material ASTM A – 105 y dimensiones según ANSI B 16.5.

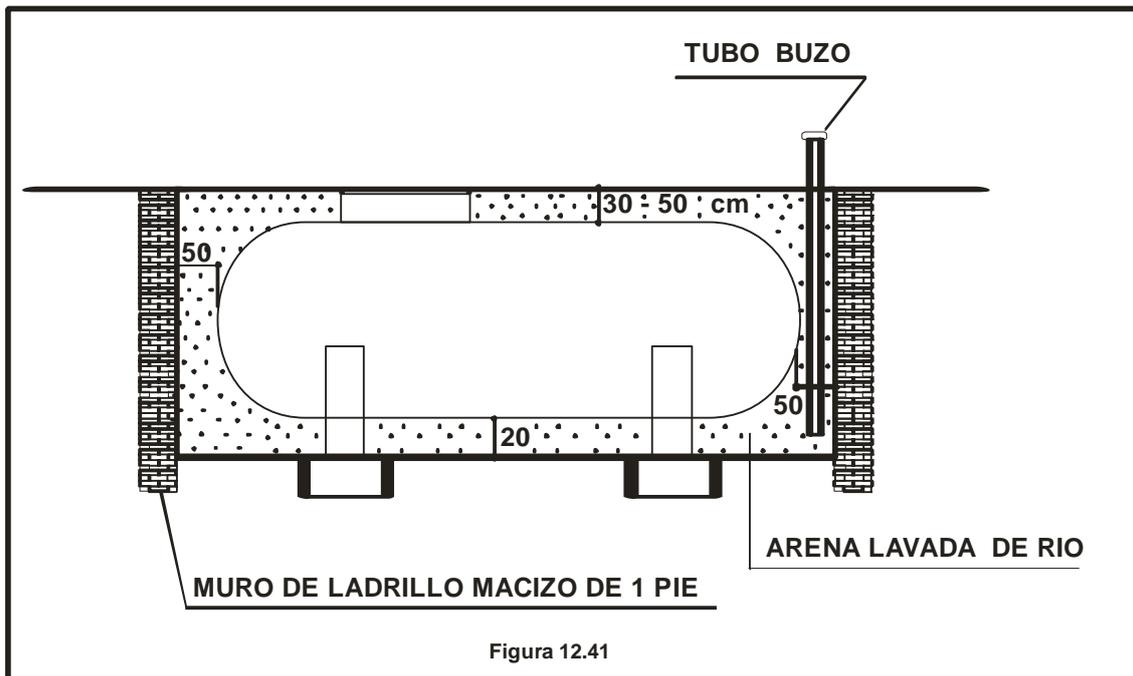
10.3.5 Tanques

El GLP en fase líquida, se almacena en depósitos cilíndricos contruidos de acuerdo con los Reglamentos de Recipientes a Presión vigentes. Se utiliza para ello chapas de acero laminada cubiertas con una pintura reflectante blanca o clara, cuando el depósito se instala en superficie o aéreo; y con un tipo bituminoso (brea de hulla, betún de petróleo o materias plásticas), si el depósito es enterrado.

El grado de llenado de un depósito de GLP no debe exceder del 85% de su volumen geométrico (considerando que el GLP en fase líquida a una temperatura de 20° C), y su vaciado se realiza normalmente hasta que la fase líquida alcanza el 20%.

Si bien los tanques de superficie están permitidos, son **los tanques enterrados** lo que comúnmente se emplea en los Gasocentros de Lima, estos se encuentran totalmente por debajo del nivel del terreno y de forma que su generatriz superior diste entre 30 y 50 cm. de dicho nivel (Véase figura 1).

Figura 1. Esquema de un tanque de GLP soterrado



El tanque se coloca centrado en una fosa, cuyas dimensiones mínimas son:

Longitud	$L + 1\text{m}$
Ancho	$D + 1\text{m}$
Alto	$D + 0.5\text{m}$

Siendo L la longitud del tanque y D su diámetro.

De acuerdo a las características de este tanque (Tabla 4), todas las conexiones serán ubicadas en su parte superior adecuadamente protegidas y tomando en cuenta que, sobre la zona donde se ha instalado el depósito no se prevé la circulación de vehículos. La proyección del depósito sobre el terreno se rodea con una protección adecuada de mallas metálicas de 1.75 a 2 m de altura como máximo. Por reglamento, el tanque soterrado se debe hallar a una distancia mínima de 0.60 m. medido desde la parte superior de la losa que lo cubre, y es cubierto con arena de río, lavada e inerte, seca y

compactada, exenta de arcillas, limos, compuestos de azufre, y de cualquier otra sustancia que pueda atacar químicamente al acero del tanque.

Adicionalmente esta provisto el uso en promedio de 2 ÁNODOS DE SACRIFICIO con placa de MAGNESIO, colocados sobre el cuerpo del tanque y líneas de llegada. Así también de PROTECCION CATÓDICA con placas de zinc (Zn), para la protección contra la corrosión de la estructura del tanque.

En la instalación para el abastecimiento del tanque próximo a la manguera de carga, se debe considerar una válvula de desconexión rápida (**PULL AWAY**), y una válvula de cierre de emergencia (**SHUTT OFF**) que cuente con un cierre automático a través de un activador térmico empleando fusibles con temperaturas de fusión no mayor a 100 °C, además de un cierre manual a una distancia remota.

Tabla 4. Características del Tanque de Almacenamiento de GLP comúnmente usado.

DESIGNACION	CARACTERISTICA
Capacidad	1000 - 5000 gls.
Instalación	Soterrado
Norma de fabricación	ASME Sección VIII División 1
Tipo	Cilíndrico horizontal
Tapas	Semiesféricas
Presión de diseño	250 psi
Presión de operación	90 a 120 psi
Presión de prueba hidrostática	375 psi.
Prueba radiográfica	100% de uniones soldadas
Factor de soldadura cuerpo cilíndrico	1 (Tabla UW-12 ASME Sección VIII)
Factor de soldadura de tapas	1 (Tabla UW-12 ASME Sección VIII)
Protección exterior	Pintura Anticorrosiva (C 200)

El tanque debe contar con los instrumentos y accesorios necesarios tales como:

- Válvula de exceso de flujo de 1-1/4", 3282C (retorno de isla)
- Válvula de exceso de flujo de 2" 3282B (by pass)
- Válvula de exceso de flujo de 2" 3282B (succión)
- Válvula de exceso de flujo de 1-1/4" 3282C (retorno de Vapor).
- Válvula de seguridad de 1-1/4" 759IU
- Válvula de exceso de flujo de 2" A7537N4 (llenado).
- Conexión para termómetros de 1/2"
- Conexión para manómetros de 1/2"
- Válvula de nivel magnético de 3/4" J415-2.
- Entrada de hombre (man hole).
- Domo de protección para instrumentos y accesorios.
- Válvula check en las conexiones de salida de GLP.

Dichos accesorios serán instalados según NFPA 58, 59, así como los dispositivos aprobados por Decreto Supremo No. 27-94-EM y 052-93-EM, respectivamente.

Las tuberías serán de acero al carbono sin costura, calidad ASTM – 53 o similar cédula 80.- Los accesorios, serán de acero al carbono, según lo especificado por las normas ASTM A105, y dimensiones según ANSI/ASME B16.9 y B16.11.- Las tuberías y accesorios deben ser radiografiadas y probados a una presión hidrostática de 1.5 veces la presión de diseño.

Contar finalmente una toma de tierra no conectada al depósito y en las proximidades del estacionamiento, esto para que previsto para el camión cisterna se pueda conectar a tierra durante la descarga.

En los anexos 1, 2 y 3 del presente trabajo se hace referencia a las distancias mínimas de seguridad en torno al tanque de almacenamiento de GLP de acuerdo a su capacidad y tipo.

10.3.6 Dispensador

El dispensador se instala sobre la isla de seguridad para ser destinado al suministro de GLP con salida por un número especificado de mangueras, los que surten independientemente por uno o ambos lados de la isla según las normas. En la tabla 5 se indican dimensiones y distancias para el dispensador.

La pistola metálica de llenado debe disponer de una válvula que permita solo la fluidez de GLP al tanque cuando se mantenga abierta manualmente, sin posibilidad de fijación, cerrándose automáticamente en el momento de soltarse la presión manual - disponiendo de un dispositivo que impide la salida de GLP - si no se encuentra conectada a la válvula de llenado del tanque del vehículo.

Debe contar con un dispositivo de compensación volumétrica que corrija automáticamente las distorsiones en el volumen por efectos de la temperatura y la densidad.

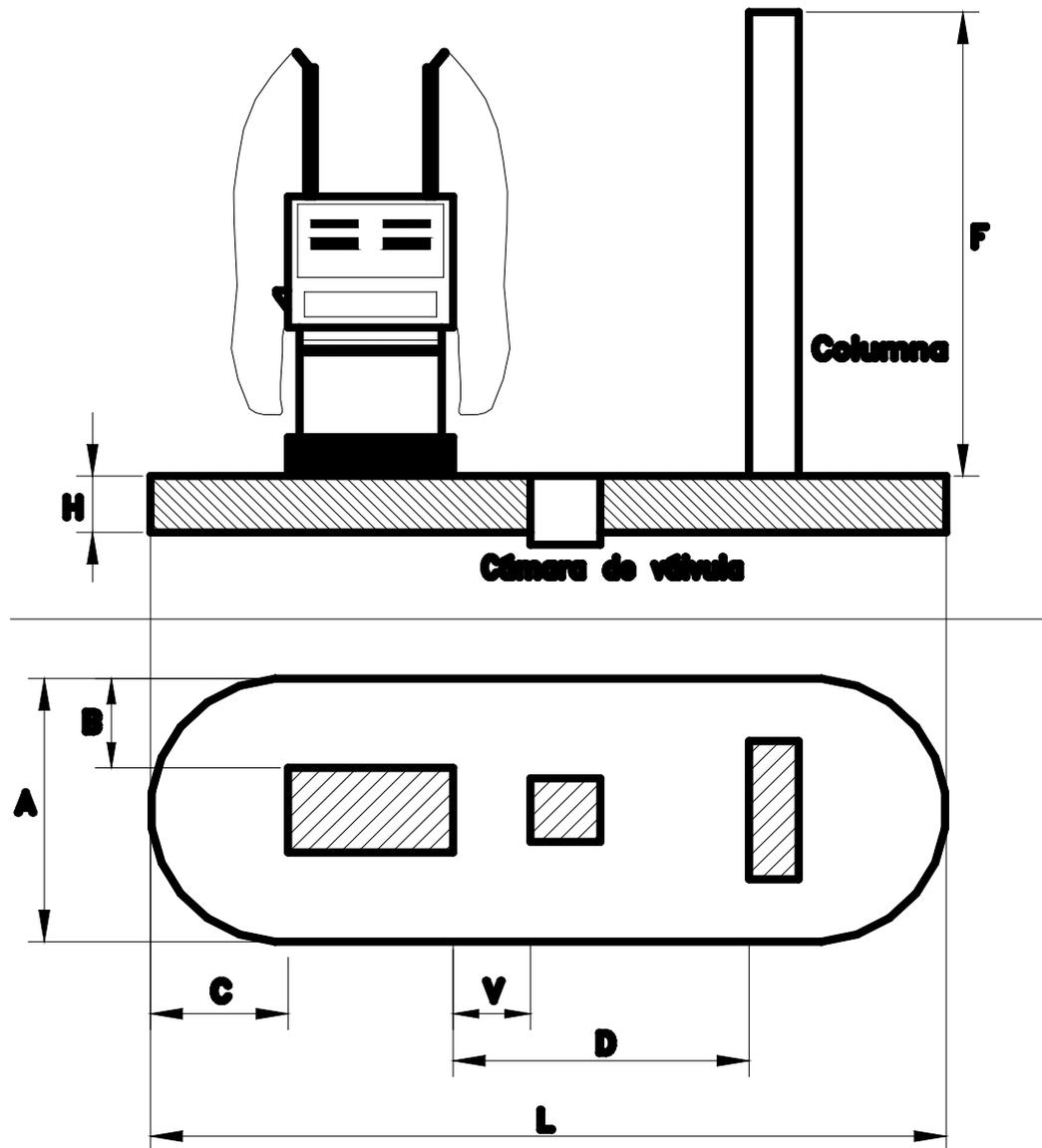
Las mangueras de despacho deben contar con una válvula de cierre rápido en su extremo libre, además de las válvulas de alivio de seguridad contra presión hidrostática excesiva.

La bomba se ubica sobre el nivel de la loza terminada y dentro de la zona protegida con reja metálica que cubre el tanque.

El dispensador contará con conexiones a línea del pozo de tierra adicional a construirse en la zona del Gasocentro, para la descarga de la electricidad estática y dinámica que pudiera producirse.

Tabla 5. Dimensiones de la isla para dispensadores.

REFERENCIA		MÍNIMO(m)	MÁXIMO(m)
A	Ancho de la isla	1.00	-
B	Distancia lateral de isla al dispensador	0.30	-
C	Distancia de la cabecera al dispensador	0.60	-
D	Distancia de la columna (soporte de techo) al dispensador	0.50	-
F	Altura de la columna (soporte de techo)	4.90	-
H	Altura de la isla respecto al carril de carga	0.20	-
L	Largo de la isla	1.80	-
V	Distancia de la válvula de corte manual al dispensador	-	0.50



CAPITULO XI

ANÁLISIS DE LOS RIESGOS EN UN GASOCENTRO DE GLP EN EL CERCADO DE LIMA

Se deben analizar los siguientes aspectos:

11.1 POR EL GRADO DE PELIGROSIDAD DEL GLP

Las características físico-químicas de los GLP los convierten en productos que generan riesgos. Al igual que cualquier fuente de energía, su manejo, uso e incluso residuo (mala combustión), también presenta situaciones de riesgo. A continuación indicaremos algunos peligros inherentes a este producto:

El principal peligro potencial del GLP es el fuego. Esto deriva de su alta inflamabilidad y en casos extremos puede combinarse con las variaciones de presión; que conlleva al fenómeno denominado BLEVE (Explosión de Vapores en Expansión de Líquidos en Ebullición).

También puede surgir un peligro potencial en los puntos de consumo si los productos de la combustión no se dispersan en la atmósfera y se permite la acumulación de monóxido de carbono (CO). Los métodos de ventilación influirán en la dispersión del CO.

La inhalación del vapor de GLP, a parte de la capacidad asfixiante que tiene, puede tener un efecto narcotizante que podría llegar a producir lesiones.

El GLP líquido puede causar quemaduras si se pone en contacto con la piel. El propano con un punto de ebullición bajo, puede ser más peligroso en este aspecto que el butano, el cual, en condiciones frías, es más lento en evaporarse y dispersarse.

Siendo el vapor de GLP más pesado que el aire, puede en caso de escape, acumularse en espacios reducidos y en zonas bajas próximas al suelo, con el riesgo de que pueda encontrar una fuente de ignición mientras se mantiene dentro de sus límites de inflamabilidad. Por esta razón los métodos de ventilación influirán en el movimiento y la dispersión del vapor de GLP.

Un escape de GLP líquido es considerado mucho más peligroso, pues al pasar a la fase gaseosa (vapor), su volumen se multiplica por un factor superior a 200, esto debido a su alto coeficiente de expansión térmica. En ese sentido, los envases y los depósitos deberán tener un espacio vacío que permita la expansión del líquido cuando incremente su temperatura.

11.2 EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Los riesgos que podrían producir una situación de emergencia en lo que al Diseño del Proyecto se refiere, están ligados directamente a los códigos y especificaciones utilizados para efectuar los cálculos de tanques y tuberías, principalmente a las que van a contener GLP, que deberán operar a presiones de aproximadamente 100 psi (a la cual el GLP se mantiene en estado líquido).

También, la selección de la instrumentación y equipos a instalarse, deberán tener las certificaciones de fabricación requeridas y estar de acuerdo con los rangos de operación del Gasocentro, ya que las fallas que en ellos se produzcan, podrían generar una situación de

emergencia, o por lo menos una fuga de combustible con la consiguiente contaminación y pérdida económica.

En lo que corresponde a los trabajos a efectuarse, hay dos aspectos básicos que deben considerarse:

El primero está referido a los trabajos externos, como son la construcción de los tanques, especialmente el de almacenamiento de GLP y que, por lo tanto, están fuera de la supervisión directa del ingeniero responsable del proyecto. Las deficiencias en la construcción de los tanques, podría originar una corrosión localizada, por la cual fugar combustible líquido o gas, con el consiguiente riesgo de que pueda producirse un incendio.

El segundo aspecto se relaciona a los trabajos a efectuarse en la misma Estación de Servicios, y tienen que ver con la instalación de las tuberías de combustible, bombas y elementos de control y seguridad. Las fallas en la instalación también constituirán riesgos potenciales de fugas de combustible líquido o gas.

11.3 EN LA OPERACIÓN

11.3.1 Recepción de Combustible Líquido y GLP

En la operación de recepción del GLP, el riesgo principal, es la fuga de este combustible, que se producen generalmente por acoplamientos incorrectos de la manguera de descarga y la boca de llenado o por acoplamientos y mangueras en mal estado.

También las fugas pueden originarse por un mal alineamiento de válvulas que podría bloquear el flujo del GLP al tanque de almacenamiento o el retorno del gas al camión tanque, con el consiguiente incremento de la presión.

Otra de las fallas operativas durante la recepción se produce por un mal cálculo en la capacidad de recepción de los tanques. Dando como resultado que en la parte superior del tanque no se tenga un

"colchón" de gas que amortigüe las variaciones de la presión en el interior.

11.3.2 Almacenamiento de Combustible Líquido y GLP

Los riesgos de que se produzcan fugas de combustible líquido y gas de los tanques de almacenamiento, se dan principalmente por una deficiente fabricación del tanque o el empleo de planchas y conexiones de mala calidad o que no tienen las condiciones que se indican en la norma utilizada para la construcción del tanque.

Otro aspecto que puede producir una fuga de combustible líquido o gas está relacionado con la instalación de los tanques, que como es el caso del presente estudio, éstos están enterrados, por lo que el material de relleno no debe contener ningún elemento que sea corrosivo, para evitar la corrosión prematura del tanque o una corrosión localizada por la cual se produzca una fuga.

11.3.3 Despacho de Combustible Líquido y GLP

La operación de despacho de los combustibles también posibilita que se pueda producir una fuga de GLP. Estas fugas se producen principalmente por una mala operación o falta de vigilancia durante el despacho, así como también por conexiones deficientes o gastadas.

11.4 POR CORROSIÓN

Se aplica el término general de corrosión al proceso de óxido-reducción mediante el cual un metal libre pasa a formar un compuesto. En el caso especial del hierro, la corrosión da lugar a que se forme herrumbre (óxido férrico hidratado).

El caso más común para los materiales expuestos al aire es la corrosión atmosférica que depende de la temperatura, la humedad y presencia de contaminantes. A nivel del tanque soterrado la

corrosión depende de las características del suelo: por su resistividad, presencia de sales y de bacterias anaeróbicas.

En el caso del Gasocentro, el mayor riesgo en este aspecto es que se produzca una corrosión localizada en el cuerpo o las tapas del tanque enterrado de almacenamiento de GLP, ya que dicha fuga no podría controlarse, al no poder bloquearla, como sería el caso si la fuga se produjera en una línea.

11.5 POR INCENDIOS Y EXPLOSIONES

Para que se produzca un incendio, primero tendría que producirse una fuga de gas y encontrar una fuente de ignición que inicie la combustión. Esta posibilidad es casi nula cuando los diseños de construcción y proceso, procedimientos de operación, inspección, mantenimiento, son los adecuados y basados en técnicas de ingeniería y normas internacionales reconocidas.

La mayoría de las emergencias de este tipo se originan por pequeñas fugas, no necesariamente como consecuencia de la rotura de tanques, pero sí por fugas en los sellos de las bombas, en tuberías o en la toma muestras para análisis en laboratorio.

Históricamente, estos incidentes se han producido por:

- Fugas por sellos de las bombas de transferencia.
- Fugas por los vástagos de las válvulas
- Fugas en líneas y conexiones por corrosión o daño mecánico.
- Fallas en las uniones flexibles sea en succión o descarga de bombas.
- Fugas en los tanques de almacenamiento de GLP por corrosión.
- Sobrellenado, sobre presión o exceso de temperatura.
- Fallas humanas en la operación de válvulas y purgas que pueden congelarse.
- Fugas por las empaquetaduras de bridas de válvulas y accesorios.

- Rotura de recipiente por acción del golpe.
- No enfriamiento de los tanques.
- Inoperatividad de los equipos y accesorios por falta de inspección y/o mantenimiento, etc.

Otra posibilidad de que se produzca un incendio sería el calentamiento de las líneas de GLP por una causa externa. Si el calentamiento llegara al tanque de almacenamiento de GLP, que estará soterrado, podría producirse un BLEVE.

CONSECUENCIAS DE UN BLEVE

Se debe considerar que el funcionamiento satisfactorio de la válvula de alivio calibrada a 250 psi (17 atm) no puede impedir que suceda un BLEVE. Este tipo de válvula por su propio diseño no puede reducir la presión hasta igualar la atmosférica, sino hasta un punto algo por debajo de la presión necesaria para iniciar la descarga.

En la mayoría de los BLEVE que han ocurrido, el calentamiento de la parte del recipiente correspondiente a la cámara de vapor produjo la deformación de metal con la siguiente disminución en su espesor, luego aparecerá una grieta longitudinal que crecerá progresivamente hasta alcanzar una magnitud crítica, es en ese momento en que la zona se hace frágil y la grieta se propaga a velocidad sónica a lo largo de la superficie del metal tanto longitudinal como circunferencial rompiéndose el recipiente en dos o más pedazos.

Los tiempos en que pueda ocurrir un BLEVE por acción de las llamas oscilan entre los 8 y 30 minutos, teniéndose que el 58 % de los mismos han ocurrido en 15 minutos después de iniciada la exposición de los recipientes a fuego directo.

Como se puede apreciar en la tabla 6, de producirse un BLEVE la bola de fuego afectaría no solo al establecimiento mismo sino también las oficinas, y se extendería en forma radial hacia los

costados. Además los efectos del calor serían perjudiciales para las personas que se encuentren dentro del radio de la radiación térmica.

Tabla 6. características de un BLEVE

TANQUE LLENO	RADIO DE LA BOLA DE FUEGO (m)	DURACIÓN (s)	RADIACIÓN TÉRMICA (KW/M2)	
			A 200 METROS	A 300 METROS
85%	76.036	11.8	29.98	10.56
50%	63.7	10.0	16.36	7.6
20%	46.8	7.3	9.42	4.2

Como una referencia de esta radiación térmica indicaremos que en un día claro y despejado de verano la radiación térmica debido al sol es de aproximadamente 1kw/m2.- Como otra referencia señalaremos que en general la piel resiste la energía térmica de 1kw/m2 durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kw/m2 durante solo 0.4 segundos antes de que sienta dolor.

Los efectos de las ondas de sobrepresión debido a un BLEVE se muestran en el anexo 4.

CONSECUENCIAS DE UN UVCE

Asumamos que la fuga se produce por rotura de la línea de 2", originada por causa de factor humano o por sismo. Al ocurrir la rotura el GLP se evaporará por haber cesado la presión a que estaba sometido y tomando el calor del aire se expandirá hasta formar en un minuto una nube de gas de aproximadamente 100 metros cúbicos, la cual, por efecto del viento prevaleciente se desplazará hasta alcanzar las oficinas en segundos y en algunos minutos podría llegar

a una zona de tránsito vehicular por la calle, existiendo la posibilidad de encontrar una fuente de ignición.

Un estudio hecho de una nube de gas producida por un escape de GLP arroja los siguientes resultados:

Primer Caso : Línea de 1 ½”

Kilos de gas en un minuto de descarga : 190

Equivalente en kilos de TNT : 79.8

Segundo Caso : Línea de 2”

Kilos de gas en un minuto de descarga : 460

Equivalente en kilos de TNT : 193

A partir de la Tabla 7 podemos tener más claro las consecuencias de un UVCE y la necesidad de evitar que se produzca.

Tabla 7. Variación de la sobrepresión con la distancia

RADIO (m)		5	10	25	50	75	100	200	300
SOBREPRESIÓN (KPa)	PRIMER CASO	>680	238	64.6	36.7	12.9	5.1	2.1	1.26
	SEGUNDO CASO	>680	354	64.6	19.7	10.9	7.5	2.8	1.8

Por los datos, se puede establecer que:

- A más de 100 metros los vidrios de las ventanas se romperán.
- A los 25 metros las personas serán derribadas y se producirá la rotura del tímpano por efecto de las ondas de sobrepresión.

- A los 10 metros sufrirán daños pulmonares y probablemente se producirán fatalidades.
- Hasta los 5 metros no habrá sobreviviente.

11.6 POR FENÓMENOS NATURALES

Por su incidencia, podemos decir que son los sismos los que tienen la mayor probabilidad de producirse. Un sismo de alta intensidad podría provocar, especialmente en las uniones soldadas, una fisura por la cual el GLP pueda fugar.

La posibilidad de que ocurra una inundación que pueda afectar a la fosa donde se hayan instalado los tanques, debe ser tomada en cuenta debido a:

- Ruptura o colapso de alguna tubería matriz de agua o desagüe.
- Por la ubicación del proyecto, se puede considerar como un riesgo potencial poco probable que se produzca una inundación por precipitaciones pluviales intensas por el Fenómeno del Niño y, como consecuencia de éste fenómeno, la elevación de la napa freática, produciendo la flotabilidad de los tanques que están soterrados.

Las variaciones de temperatura ambiental no tendrían mayor significación ya que dichos cambios no son extremos. Si fuera el caso, el pronunciado incremento de la temperatura haría que se incremente la presión interior en el tanque de GLP a valores que pondrían a actuar la válvula de seguridad, evacuando gas a la atmósfera

Respecto a los vientos que en su mayor parte provienen del SO y están dentro del rango de brisa débil, deberán ser tomados en

cuenta, ya que en el caso que se produzca una fuga de gas, podrían llevar éstos gases hacia áreas de mayor riesgo.

11.7 POR EL ENTORNO

Es importante analizar los predios ubicados alrededor del Gasocentro para ver si ofrecen o no riesgos potenciales al establecimiento, así también, si las actividades y materiales que se realizan en ellos, de producirse un incendio, incrementarían o no su magnitud.

CAPITULO XII

SISTEMA DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO

12.1 DISPONIBILIDAD DE AGUA

El establecimiento debe contar con las facilidades de suministro público de agua a través de la Empresa de Agua Potable y Desagüe del distrito. Además, de acuerdo a las normas se debe disponer de:

- Por lo menos dos hidrantes contra incendios de SEDAPAL en un radio de 100 metros del establecimiento y con un régimen promedio de 500 gpm.
- Un tanque cisterna con suficiente capacidad de almacenamiento para hacer frente a cualquier emergencia.
- Un Gabinete contra incendio.

La presión operativa nominal dinámica en el punto de descarga más distante o crítico no será menor a 75 psi (5 bar).

12.2 EQUIPOS DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO

- Extintores portátiles de 12 Kg. de polvo químico seco (PQS) clase BC ubicados en cada isla y en las oficinas.

- 01 extintor rodante de 50 Kg. de PQS clase BC con impulsión de nitrógeno que será ubicado en una zona segura de la isla y el tanque.
- 01 hidrante contra incendio de 4" con manguera de 30 m de longitud con pitón de chorro de niebla.
- 01 botiquín de primeros auxilios.
- Llave de control de energía eléctrica.
- 01 traje aluminizado.
- 01 exposímetro portátil calibrado para ambiente de GLP.
- 03 detectores de GLP con alarma colocados en la zona de descarga, en la zona del tanque y en la zona de la bomba de transferencia de GLP. La activación automática de la alarma audible (80 dB) será cuando se detecte el 25% del límite inferior de explosividad.
- 01 válvula de desconexión rápida (PULL AWAY).
- 01 válvula de cierre de emergencia (SHUTT OFF).

CAPITULO XIII

CONTROL DE EMERGENCIAS

Es el conjunto de medidas que deben ser consideradas para controlar eficazmente las emergencias producidas como consecuencia de un siniestro, para lo cual se debe contar con:

13.1 PLAN DE EMERGENCIA

- Breve descripción de la operación, mantenimiento y servicios que se efectúan en el Gasocentro.
- Dispositivos de alarmas y acciones para casos de emergencias.
- Directorios telefónicos de las compañías de Bomberos más cercanos, Defensa Civil y autoridades policiales (Tabla 8).
- Señalización de las rutas de evacuación y ubicación de las zonas de seguridad.
- Organigrama de conformación específica de las brigadas.
- Brigada de apoyo médico, con la descripción de puestos y el detalle completo de los equipos de primeros auxilios.
- Procedimiento de notificación y comunicación entre el personal de la instalación, Dirección General de Hidrocarburos, Defensa Civil, autoridades policiales y políticas.

- Programas anuales de capacitación y entrenamiento de campo para todo el personal.
- Lista de equipos a ser utilizados para hacer frente a las emergencias y desastres.
- Directorio del personal de la empresa involucrado en el Plan de Contingencias.
- Directorio de entidades involucradas en el Plan de Contingencias: consiste en una relación de entidades, los cargos, titulares, teléfonos, fax y dirección de las instituciones, Cía. de Bomberos, Defensa Civil, etc.
- Formato para reportar la secuencia y así poder evaluar la práctica del entrenamiento.
- Plano de Ubicación de los diferentes equipos dentro del Gasocentro a ser utilizados en caso de emergencias.

Tabla 8. Organismos de apoyo para el control de emergencia

ORGANISMO	TELEFONO
Bomberos de Lima Emergencia	(01) 222-0222
Emergencia policial	(01) 494-1175
Bomberos de Lima Emergencia	(01) 222-0222
Emergencia policial	(01) 494-1175
Ambulancias Cruz Roja	(01) 265-8783
MEM	(01) 475-0065
OSINERG	(01) 264-0450

13.2 CAPACIDAD DE RESPUESTA.

El sistema de vigilancia deberá estar equipado para apoyar en el control de las diferentes emergencias que podrían presentarse en las instalaciones. Cualquier incidente mayor en el Gasocentro, requiere de una evacuación total y restricción en el ingreso de vehículos y personas en un radio de 200 m. a la redonda.

Debe de existir estrictos controles de fuentes de ignición e integridad del sistema eléctrico diseñado, así como la supervisión para el estricto cumplimiento de las normas operativas y de seguridad.

Personal calificado y debidamente entrenado, incluyendo la de servicio de vigilancia, deben ser considerados en la nómina laboral para poder actuar todos los días de la semana. El personal de operaciones debe reaccionar para cerrar válvulas, aislar circuitos y controlar las fugas.

13.3 ENTRENAMIENTO

El propietario o responsable del proyecto será el encargado de designar al equipo que dará respuesta a las emergencias (incendios, fugas, terremotos, actos de sabotaje, terrorismo, etc.), debiendo llevarse a cabo simulacros semestrales o anuales, según los requerimientos, de entrenamiento y evacuación.

Dicho programa de entrenamiento será proporcionado por profesionales en la materia, cuyo temario deberá contener los siguientes puntos:

- Composición, propiedades y comportamientos del propano y butano.
- Teoría moderna de la combustión.
- Comportamiento de las nubes de gas.
- Control de incendios de GLP.
- Explosiones de líquidos en ebullición.
- Control de incendios con fuego vivo.
- Actuación de monitoreos fijos y portátiles.
- Técnicas de nebulización y enfriamiento.
- Manejo de extintores rodantes y portátiles.

13.4 ACCIONES A SEGUIR EN UNA EMERGENCIA

13.4.1 Incendios y Explosiones:

La forma mas efectiva de combatir un fuego es cortando el suministro de gas. Si esto no se puede hacer, puede ser mas seguro permitir que el fuego se auto-extinga, esto es, dejar arder hasta que el GLP se agote, a no ser que el fuego pueda producir una escalada de incidentes peligrosos.

El agua es eficaz para enfriar los depósitos de GLP durante el fuego, y ayuda a mantener la temperatura de los depósitos y su contenido por debajo de niveles críticos. El chorro de agua en forma de cortina, puede ser efectivo para proteger a los bomberos que intenten cerrar las válvulas de suministro del GLP en las zonas afectadas por el calor, y para dispersar el vapor de GLP.

En el caso de que se produzca un incendio es necesario tomar las siguientes medidas:

- Alejar de la zona a toda persona ajena a los servicios de extinción y suspender la atención al público y vehículos.

- Cortar la energía eléctrica de inmediato para desactivar el suministro de GLP en la zona de despacho y cerrar las válvulas de combustible necesarias para la alimentación de combustible del foco
- Atacar el fuego en la base de la llama con los extintores adecuados y disponibles.
- Retirar todos los recipientes que contengan gases comprimidos, cualquiera sea su naturaleza, y enfriarlos con agua fría para evitar su posible explosión.
- Si el siniestro (el incendio) alcanza proporciones incontrolables para la Cuadrilla de Emergencia, se debe alertar telefónicamente a la Cía. de Bomberos del Sector.
- Se debe adoptar las medidas de seguridad, aislando el área con el personal disponible, hasta la llegada de los Bomberos y de personal policial o Defensa Civil.
- De existir heridos, evacuarlos en vehículos propios o de servicio público a los centros hospitalarios.
- Se debe evacuar a todo el personal que labora en el Gasocentro, así como también aislar el área, y de ser factible evacuar al vecindario.

Toda acción se debe realizar desde barlovento.

13.4.2 Sismos

Se debe suspender la energía eléctrica de inmediato así como la atención al público y vehículos.

CAPITULO XIV

MATRIZ FALLA EFECTOS

Además del análisis descriptivo y crítico de los potenciales riesgos en Gasocentro de GLP en el cercado de Lima se hace uso de una matriz denominada falla-efectos adaptada a nuestra realidad gracias a la experiencia de profesionales peruanos involucrados en esta tarea. Esta matriz fue utilizada por la empresa MAGMA (inscrita en los registros del Ministerio de Energía y Minas) y presentada a OSINERG, mostrándose en ella un análisis de casualidad entre la acción en cada evento que se realiza en la Gasocentro y el de sus posibles efectos negativos sobre el ser humano, infraestructuras y medio natural.

14.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ

La identificación y valoración de los eventos de riesgos durante la construcción y operación de la gasocentro está determinado por los siguientes parámetros:

14.1.1 Probabilidad de Ocurrencia de los Eventos (Pro): Se valora con una escala entre:

Muy poco probable	0,10	a	0.20
Poco probable	0,21	a	0,40
Probable o posible	0,41	a	0.60
Muy probable	0,61	a	0,80
Cierta	0,81	a	1.00

14.1.2 Magnitud de los eventos (Mg):

Se toma basándose en criterios característicos y diversas cualidades.

Extensión de los Eventos (E): Se valora con una escala de:

Reducida	0
Media	1
Alta	2

Intensidad de los Eventos (I): Se valora con una escala de:

Baja	0
Moderada	1
Alta	2

Desarrollo de los eventos (De): Se valora en una escala de:

Evento de riesgos a largo plazo	0
Evento de riesgos de mediano plazo	1
Evento de riesgos inmediato	2

Duración de los eventos (Du): Se valora en una escala de:

Temporal	0
Permanente en el mediano plazo	1
Permanente	2

Reversibilidad de los eventos (Rev): Se valora con una escala de:

Reversible	0
Reversible en parte	1
Irreversible	2

14.1.3 Importancia del Evento (Im):

Se valora en una escala que se aplica con la importancia del Evento y se relaciona con el valor de riesgo de peligro de ocurrencia de cada evento que interactúa en las operaciones de la Planta:

- 1-3 Evento que se realiza con bajo índice de riesgo y no es relevante.
- 4-5 Evento que se realiza con mediano riesgo y no es relevante.
- 6-7 Evento que se realiza con mediano riesgo y es relevante.
- 8-10 Evento que se realiza con alto riesgo y es relevante.

14.1.4 Carácter del Evento (Ca):

Donde se da valores indicativos del nivel de observaciones que pueda tener los diversos procesos y de acuerdo a cada subíndice que se trata e ingresa en el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de los eventos de riesgo; al ser un indicativo positivo para el cálculo de la probabilidad de error se toma para el cálculo el valor que resta a 100 para que las operaciones sean óptimas (SON LOS VALORES DE FALLA). Los valores indicativos pueden darse del siguiente modo:

0	a	20	No cuenta con los procesos adecuados.
21	a	40	Cuenta con pocos procesos adecuados.
41	a	60	Cuenta con algunos procesos adecuados.
61	a	80	Cuenta con los procesos adecuados.
81	a	100	Cuenta con todos los procesos adecuados.

Entonces el carácter para el cálculo será:

$Ca = (100 - \text{Índice de adecuación de los procesos}) \text{ en } \%$

El impacto será:

$\text{IMPACTO} = \text{Prob} \times \text{Mag} \times \text{Im}$

Donde:

$\text{Mag} = E + I + De + Du + Rev$

El impacto de Fase será:

IMPACTO DE FASE = SUMATORIA DE LOS IMPACTOS

El Impacto Final por Fase será:

IMPACTO FINAL POR FASE = IMPACTO DE FASE x Ca

Finalmente el Impacto Final por Etapa será:

IMPACTO FINAL DE ETAPA = SUMATORIA IMPACTO FINAL
POR FASE

De tal manera que los Eventos de riesgos serán calificados como:

0	a	20	Eventos no peligrosos
21	a	40	Eventos poco peligrosos
41	a	60	Eventos medianamente peligrosos
61	a	80	Eventos peligrosos
81	a	100	Eventos altamente peligrosos.

En las matrices de la evaluación de los eventos creadores de riesgos se presenta el desarrollo y la evaluación de los mismos durante la fase de construcción y operación de la Planta.

14.2 APLICACIÓN DE LA MATRIZ EN UN GASOCENTRO DE LIMA CERCADO.

Con los elementos descritos se arma la matriz correspondiente, tanto en la etapa de construcción (Tabla 9) como en la de operación (Tabla 10); y en base a la experiencia y el criterio se asignan los respectivos valores numéricos.

**TABLA 9
MATRIZ DE RIESGOS PARA LA ETAPA DE CONSTRUCCION**

EVENTOS CREADORES DE RIESGOS PARA LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	Pro	Magnitud					Im	Impacto	Impacto de Fase	Ca	Impacto final por Fase	Impacto de Etapa
		E	I	De	Du	Rev						
Índice Construcción (*1)	Derrames	0.1	0	0	2	0	1	4	1.2	28.8	85	4.32
	Incendios	0.1	0	0	2	0	1	4	1.2			
	Impactos	0.6	0	1	2	0	1	7	16.8			
	Sismos	0.3	0	1	2	0	1	8	9.6			
Índice Inspección (*2)	Derrames	0.1	0	0	2	0	1	2	0.6	11.7	92	0.936
	Incendios	0.1	0	0	2	0	1	2	0.6			
	Impactos	0.4	0	1	2	1	1	4	8			
	Sismos	0.1	0	1	2	1	1	5	2.5			
Índice de Operación (*3)	Derrames	0.5	0	1	2	0	1	6	12	44.2	80	8.84
	Incendios	0.5	0	1	2	1	1	6	15			
	Impactos	0.6	0	1	2	0	1	6	14.4			
	Sismos	0.1	0	1	2	0	1	7	2.8			
Índice de Procesos (*4)	Derrames	0.3	0	0	2	0	1	8	7.2	39	90	3.9
	Incendios	0.5	0	1	2	1	1	6	15			
	Impactos	0.7	0	1	2	0	1	5	14			
	Sismos	0.1	0	1	2	0	1	7	2.8			

Fuente: Magma, Dic. 2002.

*1 Levantamiento topográfico, desmonte, nivelación, excavación de zanja, tendido y doblaje de tuberías, soldaduras, inspección y revestimiento de tanque y tuberías, colocación de tanque y tuberías y relleno de zanjas.

*2 Nivelación, excavación de zanjas y relleno.

*3 Entrenamiento para seguridad, exámenes antidoping, entrenamiento al personal para procesos (desarrollo, documentación e implementación de procesos).

*4 Zona de descarga, recepción de camión tanque, revisión camión con matachispas, interruptores de corte eléctrico, conexión a tierra, dispositivos de parada de emergencia, entrenamiento del personal, detectores de gases, información de avisos de emergencia y accesibilidad de apoyo externo.

TABLA 10
MATRIZ DE RIESGOS PARA LA ETAPA DE OPERACIÓN (1)

EVENTOS CREADORES DE RIESGOS PARA LA ETAPA DE OPERACIÓN			Pro	Magnitud					Im	Impacto	Impacto de Fase	Ca	Impacto final por Fase	Impacto de Etapa		
				E	I	De	Du	Rev								
Indice daños por terceros (x ¹)	Condiciones de vida del proyecto	Derrames	0.4	1	1	2	0	1	6	12	30.2	80	6.04	30.335		
		Incendios	0.3	0	0	2	0	1	7	6.3						
		Impactos	0.7	0	1	2	0	0	7	9.8						
		Sismos	0.1	0	0	2	0	1	7	2.1						
	Educación pública	Derrames	0.1	0	1	2	0	1	7	2.1	15.7	85	2.355		30.335	
		Incendios	0.2	0	0	2	0	1	6	4.8						
		Impactos	0.5	0	0	2	0	0	7	7						
		Sismos	0.1	0	0	2	0	1	6	1.8						
	Programa de inspecciones	Derrames	0.1	0	0	2	0	1	6	1.8	9.3	95	0.465			30.335
		Incendios	0.1	0	1	2	0	1	7	2.4						
		Impactos	0.3	0	0	2	0	0	6	3.6						
		Sismos	0.1	0	0	2	0	1	5	1.5						
Indice corrosión (x ²)	Interna	Derrames	0.7	0	0	1	1	2	6	16.8	19	85	2.85	30.335		
		Incendios	0.1	0	0	2	0	0	3	0.6						
		Impactos	0	0	0	0	0	0	2	0						
		Sismos	0.1	0	0	2	1	1	4	1.6						
	Externa	Derrames	0.8	0	1	1	1	2	6	24	26.2	80	5.24		30.335	
		Incendios	0.1	0	0	2	0	0	5	1						
		Impactos	0	0	0	2	0	0	3	0						
		Sismos	0.1	0	0	2	0	1	4	1.2						

Fuente: Magma, Dic. 2002.

*1 Espesor de cobertura, nivel de actividades, vigilancia, sistemas de llamadas de emergencia, educación pública, exposición superficial y condiciones del tiempo de vida del Proyecto.

*2 Corrosión atmosférica, corrosión interna de tanques, corrosión externa de tuberías, condiciones de cobertura, protección catódica, corrosión mecánica y lectura de pruebas.

MATRIZ DE RIESGOS PARA LA ETAPA DE OPERACIÓN (2)

EVENTOS CREADORES DE RIESGOS PARA LA ETAPA DE OPERACIÓN		Pr o	Magnitud					Im	Impact o	Impacto de Fase	Ca	Impacto final por Fase	Impacto de Etapa
			E	I	De	D u	Rev						
Índice Diseño (x ³)	Diseño de operaciones vs presión operaciones admisibles	Derrames	0.8	0	0	2	1	1	8	25.6	30.7	95	1.535
		Incendios	0.1	0	1	2	0	1	7	2.8			
		Impactos	0.1	0	0	2	0	0	4	0.8			
		Sismos	0.1	0	0	2	0	1	5	1.5			
Índice operaciones incorrectas (x ⁴)	Construcción	Derrames	0.5	0	0	2	0	1	7	10.5	36.6	85	5.49
		Incendios	0.3	0	0	2	0	1	7	6.3			
		Impactos	0.6	1	0	2	1	1	6	18			
		Sismos	0.1	0	0	2	0	1	6	1.8			
	Operaciones	Derrames	0.7	0	0	2	0	1	8	16.8	40.2	90	4.02
		Incendios	0.4	0	0	2	0	1	6	7.2			
		Impactos	0.6	1	0	2	0	1	6	14.4			
		Sismos	0.1	0	0	2	0	1	6	1.8			
	Mantenimiento	Derrames	0.5	0	0	2	0	1	5	7.5	15.6	85	2.34
		Incendios	0.1	0	0	2	0	1	7	2.1			
		Impactos	0.2	0	0	2	1	0	6	3.6			
		Sismos	0.1	0	0	2	1	1	6	2.4			

Fuente: Magma, Dic. 2002.

*³ Resistencia de los tanques, factores del sistema de seguridad, prueba de fatiga, prueba de presión, prueba hidrostática y movimientos sísmicos.

*⁴ Identificación de riesgos, sistemas de seguridad, selección de materiales, revisión de los procesos, construcción, operación y mantenimiento.

14.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

14.3.1 Con respecto al Impacto de Etapa en la construcción, el puntaje alcanzado fue de 17.996 de un total de 100, lo que indica que el riesgo durante esta etapa no es peligroso.

- El Impacto de Fase más bajo fue 11.7, y fue calculado para el segmento Índice de Inspección donde se denota que el más alto riesgo se encontraría en el sector de Impactos.
- El Impacto de Fase más alto fue 44.2, y fue calculado para los segmentos de Índice de Operación, donde los riesgos más elevados se encuentran en los factores de derrames, incendios e Impactos.

14.3.2 El impacto de Etapa de operación toma un puntaje de 30.335 con lo que se determinaría que los aspectos operativos del Gasocentro está conformado por eventos poco peligrosos. La implementación de planes y procedimientos de mitigación específicos son claves para minimizar los impactos y los riesgos.

- La parte operativa dentro del índice correspondiente arroja el Impacto de Fase con valor más alto, 40.2 puntos. Esto es razonable ya que se encuentra relacionado más con los factores humanos en las diferentes actividades propias de las obras y operación del Gasocentro; específicamente en cuanto al manejo de los sistemas de seguridad, la revisión de los diferentes procesos, la selección de los materiales, etc.
- El resultado más bajo fue calculado para los segmentos de los Programas de Inspecciones, donde las probabilidades de error

son relativamente bajas o casi nulas por el manejo profesional en que se realiza estas actividades.

- Dentro de los índices de daños por terceros tenemos que el factor de condiciones de vida del proyecto presenta mayores peligros por derrames e impactos.
- Dentro del Índice de Corrosión tanto interna como externa los factores más altos de índices de riesgos se estiman en los derrames.
- al igual que en el caso anterior, en los índices por diseño los derrames alcanzan el mayor riesgo. Aquí se catalogan los factores de fatiga de los materiales, las pruebas de presión, pruebas hidrostáticas, etc.:
- Dentro del factor de Educación pública los peligros más notorios se dan por Impactos de daños a la propiedad privada.
- Es más probable que ocurran para la etapa de construcción e inspección problemas por impactos y sismos que por derrames o incendios, sin embargo lo contrario ocurre en la Operación y procesos.

CAPITULO XV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

15.1 CONCLUSIONES

1. La vulnerabilidad del proyecto frente a las contingencias que puedan suscitarse es mínima, pues un tanque de GLP enterrado no representa mayor peligro sea de incendio y/o explosión, debido a la aplicación total de las normativas para la construcción de este tipo de establecimientos.
2. Hay dos tipos de sucesos que pueden ser iniciadores de incidentes: los internos y los externos. Todos los peligros que se pueden originar internamente como efecto de las actividades de construcción u operación del Gasocentro se conocen como internos, mientras que aquellos que dependen del entorno natural y de las instalaciones colindantes son los externos.
3. Entre las causas que generan los peligros internos se encuentran las siguientes: falla de material, corrosión externa, corrosión interna y explosión interna. Entre las causas externas que generan peligros en este estudio se consideran: los derrames, los incendios, los sismos y los impactos de vehículos, equipo y/o maquinaria.

4. La metodología utilizada es identificar los impactos potenciales, evaluar su probabilidad de ocurrencia, y describir la intensidad y los efectos asociadas a éstos. El administrador del Gasocentro podrá entonces evaluar los impactos ambientales y de seguridad. Se asigna una calificación a cada variable y se establecen “puntajes” para grupos locales de estas variables.
5. En resumen los resultados obtenidos nos presenta una actividad del Gasocentro sin mucho riesgo o peligro de sucesos que causen daños al ser humano o entorno, siempre y cuando la auditoria general sea exhaustiva y técnica en todos sus aspectos.
6. Finalmente, se debe tomar en cuenta que la matriz utilizada en el presente trabajo es solo una, de una variedad que se podrían aplicar al estudio de riesgos de un Gasocentro, por ello tiene sus limitaciones y es susceptible de ser mejorada.

“La administración de riesgos no trata con decisiones futuras, sino con las futuras consecuencias de decisiones actuales.”

15.2 RECOMENDACIONES

1. Realizar Programas Monitoreo, vigilancia, de revisión y mantenimiento de todos los equipos y accesorios (dispensador, bomba, tuberías, etc.) que conforman el Gasocentro semanalmente, para poder detectar algunas fallas y corregirlos a tiempo.
2. Merecen especial y fuerte vigilancia las válvulas, conexiones y accesorios de tanques y cisternas que se utilicen para

almacenar este producto, debido a que son los puntos de mayor riesgo de escape. Así mismo, el sitio donde se ubiquen los tanques de almacenamiento de GLP y las instalaciones que conduzcan este producto deben tener suficiente ventilación para evitar concentración de vapores explosivos en caso de algún escape.

3. Le empresa propietaria del Gasocentro, tiene que cumplir y hacer cumplir estrictamente con lo dispuesto en el presente ESTUDIO DE RIESGOS, tanto en la etapa de instalación como de operación, para así afrontar con éxito cualquier tipo de emergencia que pudiera presentarse, como son incendios, explosiones, fugas de GLP, terremotos, atentados, etc.
4. Así mismo se deben realizar simulacros de EMERGENCIAS anualmente, según los requerimientos, y evaluar los resultados.
5. Se debe Planificar y transformar la información de riesgos en decisiones y acciones concretas. Para ello, hay la necesidad definir prioridades que apunten a mitigar los riesgos o minimizarlos.

CAPITULO XVII

ANEXOS

1. Distancias mínimas de seguridad en torno al tanque de GLP
2. Clasificación de las instalaciones en función de la suma de volúmenes geométricos de todos sus tanques (v)
3. Distancias mínimas de seguridad
4. Efectos de la onda sobrepresión

ANEXO 1

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD “S” Y S_L ” EN TORNO AL TANQUE DE GLP

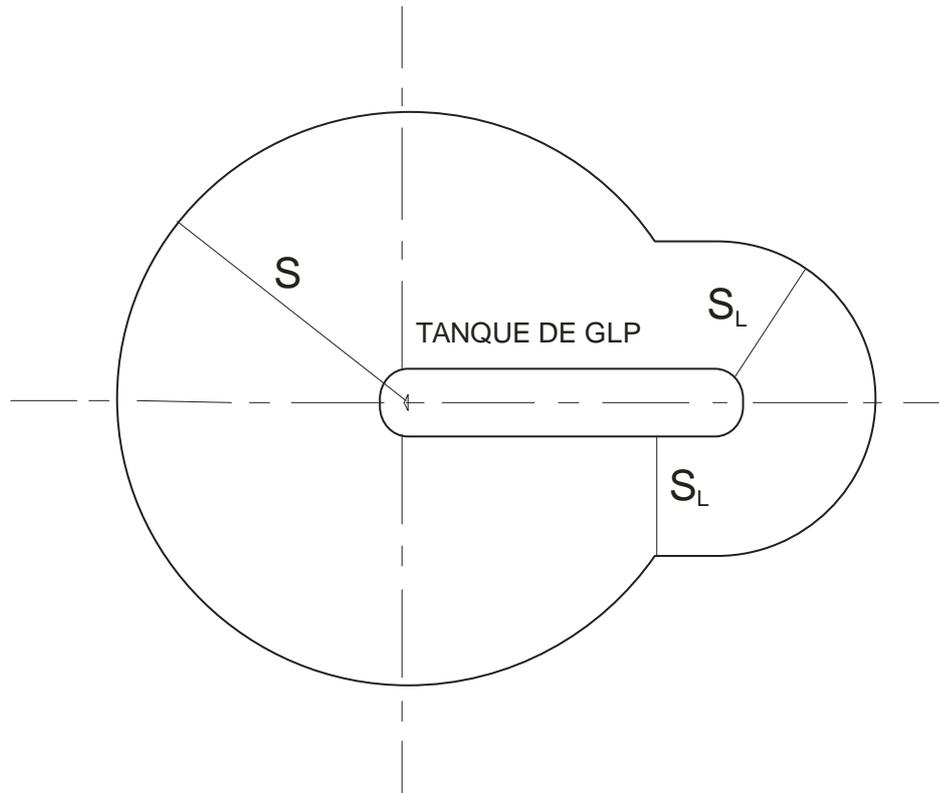


FIGURA 247 12.47

Donde:

S: medida a partir de orificios, entendido como tales a cualquier abertura no cerrada por medio de tapones roscados o bridas ciegas, tales como válvulas de seguridad o boca de carga (si está situada en el depósito).

S_L: medida a partir de las paredes del tanque.

ANEXO 2

CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES EN FUNCIÓN DE LA SUMA DE VOLÚMENES GEOMÉTRICOS DE TODOS SUS TANQUES (V)

TANQUES DE SUPERFICIE (AÉREOS):

INSTALACIÓN	V_T (m ³)
A-0	HASTA 5 m ³
A-1	MAYOR DE 5 Y HASTA 10 m ³
A-2	MAYOR DE 10 Y HASTA 20 m ³
A-3	MAYOR DE 20 Y HASTA 100 m ³
A-4	MAYOR DE 100 Y HASTA 500 m ³
A-5	MAYOR DE 500 Y HASTA 2000 m ³

TANQUES ENTERRADOS O SEMIENTERRADOS:

INSTALACIÓN	V (m ³)
E-0	HASTA 5 m ³
E-1	MAYOR DE 5 Y HASTA 10 m ³
E-2	MAYOR DE 10 Y HASTA 100 m ³
E-3	MAYOR DE 100 Y HASTA 500 m ³

NOTA. El volumen máximo unitario permitido para depósitos enterrados o semienterrados es de 40 metros cúbicos.

ANEXO 3

CUADRO DE DISTANCIAS

Distancias mínimas de seguridad expresadas en metros

S= Desde orificios

S1 = Desde paredes

Clasificación Volumen m ³	INSTALACIONES DE SUPERFICIE											
	A-0 V < 5		A-1 5 < V < 10		A-2 10 < V < 20		A-3 20 < V < 100		A-4 100 < V < 500		A-5 500 < V < 2000	
	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1	S	S1
Referencia 1		0,60		0,60		1,00		1,00		1,00		2,00
Referencia 2		1,25		1,25		1,25		3,00		5,00		15,00
Referencia 3		0,60		0,60		1,00		5,00		5,00		10,00
Referencia 4	3	2,00	5	3,00	7,5	5,00	10	7,50	15	10,00	30	20,00
Referencia 5	6		10		15		20		30		60	
Referencia 6									3			

Clasificación Volumen m ³	INSTALACIONES ENTERRADAS			
	E-0 V < 5	E-1 5 < V < 10	E-2 10 < V < 100	E-3 100 < V < 2000
	S	S	S	S
Referencia 1	0,8	0,8	0,8	0,8
Referencia 2	1,5	2,5	5,0	7,5
Referencia 3	0,8	1,0	2,5	5,0
Referencia 4	3,0	4,0	5,0	10,0
Referencia 5	6,0	8,0	10	20,0
Referencia 6				

Referencia 1: Espacio libre alrededor de la proyección sobre el terreno del depósito.

Referencia 2: Distancia al cerramiento.

Referencia 3: Distancia a muros o paredes ciegas (RF-120)

Referencia 4: Distancia a límites de Propiedad, abertura de inmuebles, focos fijos de inflamación, motores de explosión, vías

públicas, férreas o fluviales, proyección de líneas aéreas de alta tensión, equipos eléctricos no protegidos, sótanos, alcantarillas y desagües.

Referencia 5: Distancias a edificios de uso docente, de uso sanitario, de hospedaje, de culto, de esparcimiento o espectáculo, de acuartelamientos, de centros comerciales, museos, bibliotecas o lugares de exposición públicos. Estaciones de servicios. (Bocas de almacenamiento y puntos de distribución).

Referencia 6: Distancia de la boca de carga a la cisterna de trasvase

ANEXO 4

EFFECTOS DE LA ONDA SOBREPRESIÓN

(Producto de un BLEVE o de una UVCE)

EFFECTOS SOBRE EL HOMBRE

SOBREPRESIÓN		SOBREPRESIÓN
Psi	kPa	
1	6.8	Personas derribadas o tendidas
5	3.4	Rotura del tímpano.
10-30	68-204	Daños pulmonares
35-40	238-272	Umbral de víctimas morales
50	340	50% víctimas mortales
65-100	442-680	99% víctimas mortales

EFFECTOS SOBRE LAS ESTRUCTURAS

SOBREPRESIÓN		SOBREPRESIÓN
Psi	kPa	
0.1 –0.15	0.7 –1.0	5% vidrios de ventas rotos
0.2 - 0.4	1.4 –3.0	50% vidrios de ventas rotos
0.5 –0.9	3.0 –6.0	90% vidrios de ventanas rotos, daños menores en estructuras, tabiques y marcos de puertas arrancados.
0.8 –1.3	6.0-9.0	Marcos de puertas y ventanas rotas.
2.0 - 4.0	14.0 –28.0	Caída parcial o total de techos, demolición de una o dos muros exteriores, daños serios en los tabiques que soportan peso.
65 –37.0	80.0 – 260.0	Demolición total.

GLOSARIO

Análisis de riesgo: El estudio para evaluar los peligros potenciales y sus posibles consecuencias en una instalación existente o en un proyecto, con el objeto de establecer medidas de prevención y protección.

Camión-tanque: En el Transporte de Hidrocarburos, es el vehículo automotriz equipado con Tanque de Carga montado sobre su chasis, conformando una sola unidad.

Comburente: Es el medio en el cual es posible la combustión. Si un lugar carece de oxígeno (Comburente mas conocido), no se producirá un incendio.

Combustible: Es toda sustancia inflamable es decir capaz de arder (Madera, papel, tejidos, petróleo, gasolina, GLP, etc.).

Deflagración: si se propaga isobáricamente y a velocidad subsónica (inferior a 340 m/s en el aire).

Detonación: si es una explosión no isobárica que se propaga a velocidad supersónica.

Dispensador: En las Instalaciones y transporte de GLP es el conjunto de elementos conformado generalmente por un medidor volumétrico, computador, manguera y pistola, que tiene como objetivo medir y

transferir el GLP desde el Tanque de Almacenamiento al Tanque del vehículo (surtidor).

Distancia mínima de seguridad: En el Almacenamiento de Hidrocarburos, es la distancia horizontal mínima que debe haber entre los lados de Tanques de Almacenamiento y otros tanques, instalaciones o edificaciones.

Establecimiento de venta al público de GLP para uso automotor, (Gasocentro): Instalación en un bien inmueble para la venta de GLP exclusivamente para uso automotor a través de Dispensadores, el mismo que deberá contar con la autorización de la DGH; y que, además, puede prestar otros servicios, en instalaciones adecuadas y aprobadas por la DGH, tales como:

1. Lavado y engrase.
2. Cambio de aceite.
3. Venta de llantas, lubricantes, aditivos, baterías, accesorios y demás afines.
4. Cambio y reparación de llantas, alineamiento y balanceo.
5. Venta de artículos propios de un minimercado.
6. Cualquier otra actividad comercial ligada a la prestación de servicio al público en sus instalaciones, sin que interfiera con su normal funcionamiento, ni afecte la seguridad del establecimiento.

Electricidad estática: representa un desequilibrio temporal en la repartición de las cargas en la superficie de dos materiales en contacto por transferencia de electrones, creando un campo eléctrico y una diferencia de potencial entre aquellos que puede ser muy elevada.

La generación de cargas electrostáticas es un fenómeno natural, asociado a la propia estructura atómica de la materia, que se produce como resultado del movimiento relativo entre dos superficies en contacto, generalmente de sustancias diferentes, tanto líquidas como

sólidas, una de las cuales, o las dos, no es buena conductora de la electricidad. Dos son los procesos fundamentales de formación de las cargas: el contacto-separación de sustancias y la fricción.

Explosímetro: Instrumento para medir el contenido de gases de Hidrocarburos, en el ambiente.

Fuego: proceso de combustión caracterizado por una reacción química de oxidación de suficiente intensidad para emitir luz, calor y en muchos casos llamas. A temperaturas elevadas aumenta rápidamente la velocidad de oxidación, produciendo cantidades cada vez mayores de calor por unidad de tiempo, hasta alcanzar un nivel en que se sostiene a sí misma por el calor que produce. Para que el fuego se origine es necesaria la presencia de tres elementos: combustible, comburente y fuente de ignición.

Fuente de ignición: Fuego abierto, material incandescente expuesto, arco de soldadura eléctrica, lámpara no aprobada o cualquier chispa o llama producida por cualquier medio.

Matachispas: Accesorio que previene del pase de llamas o chispas de o hacia un aparato o equipo.

Presión de vapor: Es la presión absoluta, medida en libras por pulgada cuadrada (psia), ejercida por los vapores de un líquido; conforme se determina según la norma ASTM D323, Método estándar de Prueba de Presión de Vapor de Productos de Petróleo (NFPA 30).

Punto de inflamación: La mínima temperatura de un Líquido, con la que suficiente vapor es producido para formar una mezcla explosiva con aire, cerca de la superficie del Líquido o dentro del recipiente usado, determinada por procedimientos y equipos apropiados.

Rombo de Riesgo El rombo de identificación de Riesgos nos permite conocer de manera general las principales propiedades del

GLP respecto a su comportamiento para con el fuego (rojo), su efecto a la salud (azul) su comportamiento reactivo (amarillo). El tamaño del rombo debe ser de aproximadamente 24 cm de lado (dependiendo del tamaño del tanque). La ubicación del mismo está dado en la ficha técnica de letreros de identificación del tanque (ver ficha técnico Tanques Estacionarios Presentación Externa). Todo combustible para su almacenamiento y transporte deberá de poseer un rombo de identificación de riesgos

Válvula de alivio: Mecanismo de liberación de presión, automático, accionado por la presión corriente encima de la válvula. La válvula se abre en proporción al aumento de presión sobre la presión de apertura. Es usada principalmente en Tanques que almacenan Líquidos.

Válvula de exceso de flujo: El propósito principal de una válvula de exceso de flujo es proteger contra un flujo excesivo cuando se produce una ruptura de las tuberías o de las mangueras. Cuando hablamos de una ruptura, se asume una completa separación. Es obvio que si el daño es sólo una fisura o si la tubería ha sido aplastada en el punto de ruptura, el flujo de la fuga será restringido y puede ser que pase o no pase suficiente vapor o líquido para causar que se cierre la válvula de exceso de flujo.

Una válvula de exceso de flujo, cuando está en su posición abierta normal, permite el flujo de líquido o gas en ambas direcciones. Este flujo se controla sólo en una dirección. Cada válvula de exceso de flujo está marcada con una flecha que indica la dirección en la cual el flujo es controlado. Si el flujo en esa dirección excede un índice predeterminado, la válvula se cierra automáticamente. Los catálogos de los fabricantes muestran el índice de flujo de cierre para líquidos y vapor.

SIGLAS Y ABREVIATURAS

El siguiente listado incluye siglas de instituciones:

ANSI : American National Standard Institute.

Gas Distribution Systems.

API : American Petroleum Institute.

ASME : American Society of Mechanical Engineers.

ASTM : American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales).

CEP : Código Eléctrico del Perú.

DEM : Dirección de Energía y Minas.

DGH : Dirección General de Hidrocarburos.

DREM : Dirección Regional de Energía y Minas.

GLP : Gas Licuado de Petróleo

INDECOPI : Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección a la Propiedad Intelectual.

ISO : (IOS) International Organization for Standardization.

MEM : Ministerio de Energía y Minas.

NEMA : Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos.

NFPA : National Fire Protection Association.

NPGA : National Propane Gas Association.

NTP : Norma Técnica Peruana.

OSINERG : Organismo Supervisor de la Inversión en Energía

TUPA : Texto Único de Procedimientos Administrativos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ecología y Contaminación, por: knesse USA 1974
- Manual DE seguridad en Plantas en Plantas Químicas y Petroleras, por J. M. Storch de Gracia.
- Estudios para el Análisis y Evaluación de Riesgos, por J. M. Storch de Garcia.
- Control de Poluciones y Derrames, Miten – Japan.
- Valoración Económica de la Calidad Ambiental, por: Diego Azqueda Oyarzun.
- Boletines de INGEMMET.
- Carta Nacional del Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.).
- Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA.