

29  
2es.



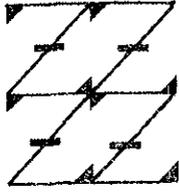
# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA  
CARRERA DE BIOLOGIA

ANALISIS PROCEDIMENTAL DE ACTIVIDADES  
RIESGOSAS CASO ESPECIFICO: ESTACIONES DE  
ABASTO DE GAS L.P.

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**B I O L O G O**  
P R E S E N T A :  
**DEMETRIO MONDRAGON**

UNAM  
FES  
ZARAGOZA



LO HUMANO EJE  
DE NUESTRA REFLEXIÓN

DIRECTOR DE TESIS: BIOL. JUAN MANUEL RAZO GOMEZ  
ASESOR INTERNO: M. EN C, MIGUEL CASTILLO GONZALEZ

MEXICO, D. F.,

MAYO DE 1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

264130



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**A Rita, Rico, Laura y Arturo los seres que me han dado mayor impulso para seguir con esto.**

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi reconocimiento por la paciencia y ayuda brindada al M en C. Miguel Castillo González, Biól Juan Manuel Razo Gómez y Biól Maricela Arteaga Mejía.

Gracias

# INDICE

---

<b>Resumen</b>	
<b>Capítulo I. Introducción.</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo II. Antecedentes.</b>	<b>2</b>
<b>Capítulo III. Marco Jurídico.</b>	<b>7</b>
<b>Capítulo IV. Bases Metodológicas para la Evaluación en Materia de Riesgo Ambiental.</b>	<b>26</b>
<b>Capítulo V. Objetivos.</b>	<b>33</b>
<b>Capítulo VI. Metodología Utilizada.</b>	<b>34</b>
<b>Capítulo VII. Desarrollo del Procedimiento de Evaluación de la Actividad de Riesgo, Caso Específico: Estación de Autoabasto de Gas L.P.</b>	<b>37</b>
<b>Capítulo VIII. Análisis de riesgo del Caso Específico: Estación de Autoabasto de Gas L.P..</b>	<b>46</b>
<b>Capítulo IX. Conclusiones.</b>	<b>59</b>
<b>Capítulo X. Recomendaciones.</b>	<b>62</b>
<b>Capítulo XI. Bibliografía.</b>	<b>65</b>
<b>Anexo 1. Métodos Cualitativos de Análisis de Riesgo.</b>	<b>72</b>
<b>Anexos 2. Métodos Semicuantitativos de Análisis de Riesgo</b>	<b>78</b>
<b>Anexos 3, Análisis de Consecuencias</b>	<b>80</b>
<b>Anexos 4. Modelo de Evaluación de Nubes Explosivas.</b>	<b>95</b>
<b>Anexos 5. Glosario</b>	<b>100</b>

## **Resumen.**

El análisis de los eventos ocurridos (antecedentes), es la parte principal para iniciar una investigación en materia de riesgo, en este caso se determinó que los datos que aporta la dependencia CENAPRED, son muy importantes pero desgraciadamente son insuficientes para realizar un análisis probabilístico y poder determinar los eventos dentro de una misma actividad que ocurren con mayor frecuencia, lo que impide en gran medida que se lleve a cabo un diagnóstico completo.

Otro factor importante que es abordado, es la revisión de las herramientas jurídico-administrativas que existen, por lo menos en el Distrito Federal, para la evaluación de actividades riesgosas, en este sentido se ha tenido un avance importante, pero es necesario precisar más como por ejemplo, la publicación de los reglamentos en materia de riesgo

La necesidad del conocimiento por lo menos básico de las técnicas de riesgo, demuestra aquí la carencia de bases técnicas en la mayoría de los trabajos presentados ante la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación.

Finalmente la evaluación del estudio de caso propone realizar una revisión exhaustiva de los elementos que intervengan en la identificación, jerarquización y evaluación de riesgos asociados con la carga y descarga de Gas L.P., es decir desde los antecedentes específicos, los elementos técnicos existentes, la reglamentación jurídico-administrativa hasta llegar a proponer medidas de control que permitan realizar la actividad dentro de estándares de seguridad aceptables.

# Capítulo I

## Introducción.

---

Como punto fundamental de esta tesis, se debe hacer patente el uso de una palabra no utilizada en el idioma español, que es "Procedimental", en función de que la misma rebasa el término simple de procedimiento de análisis, por la siguiente causa: La intención principal de la misma es efectuar un revisión exhaustiva del procedimiento de evaluación de riesgo ambiental, este hecho implica que el título original fuera "análisis del procedimiento de análisis", en este sentido uno de los objetivos primordiales consiste en conocer el marco general de las regulaciones existentes en materia de riesgo describiendo las leyes, reglamentos y normas aplicables, así como la injerencia que tienen las diferentes dependencias en la resolución de problemas relacionados con el riesgo ambiental. Asimismo, se consideran de manera descriptiva, los métodos comúnmente utilizados para la identificación, evaluación y control de riesgos y por último en la parte final se evalúa un caso práctico, utilizando algunos métodos de evaluación y realizando un análisis de los pros y contras de la aplicación de los mismos para este caso en particular

El análisis de actividades que involucran algún tipo de riesgo, principalmente el relacionado con el manejo de sustancias riesgosas, debe llevarse a cabo mediante una serie de técnicas o procedimientos dependiendo del objetivo que se persiga; ya que éstas resultan ser muy útiles para la toma de decisiones en cuanto a la planeación de usos del suelo, para la ubicación de instalaciones, seguridad en los procesos, y selección de rutas de transporte de dichos materiales entre otros, además de tener gran utilidad en la planeación para casos de emergencia. Estas técnicas o procedimientos, son considerados en los estudios de riesgo, los cuales tienen la finalidad de prevenir o minimizar los efectos al ambiente y garantizar la seguridad de la población y sus bienes, de tal manera que su correcta aplicación redunde tanto en un beneficio ambiental, social y económico

## Capítulo II

### Antecedentes.

#### Antecedentes de Accidentes que Involucran Sustancias Riesgosas en el Mundo.

El estudio de los riesgos potenciales, inherentes al manejo de sustancias riesgosas, es de gran importancia, sobre todo cuando se tiene conocimiento de la ocurrencia de grandes eventos que han causado muertes y lesiones, evacuación de ciudades enteras y afecciones desfavorables al ambiente.

Es precisamente mediante la revisión de la ocurrencia de este tipo de eventos que se puede fundamentar la utilización de los estudios de riesgo; debido a que algunos métodos de identificación y evaluación de riesgos, emplean datos históricos para el cálculo de probabilidad de ocurrencia de algún evento, en relación a esto se hace necesario enumerar algunos accidentes que han ocurrido en el mundo:

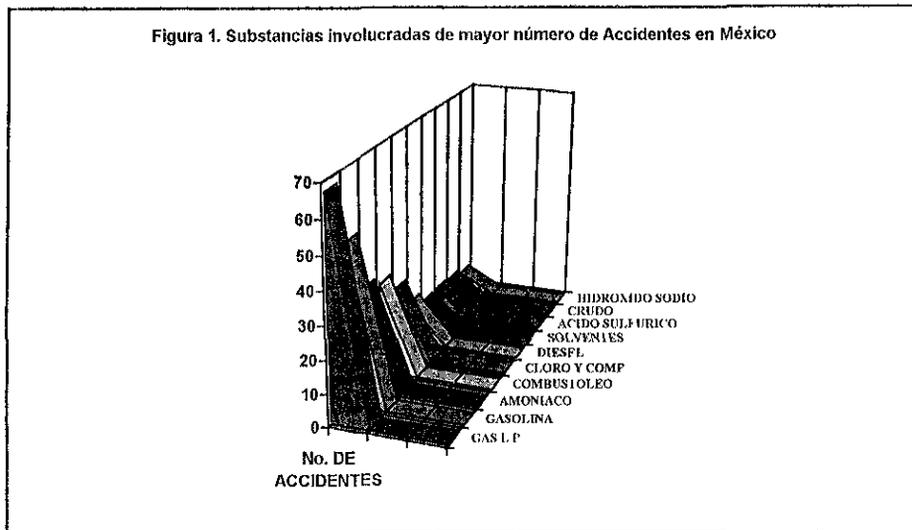
**Tabla I.** Accidentes Importantes relacionados con Sustancias Riesgosas, ocurridos en el Mundo.

Año	Lugar	Evento
1974	Flixborough, Reino Unido	Explosión de nube de vapor de ciclohexano; 28 muertes en un lugar \$232,000,000 00 por daños a inmuebles y daño en casas de los alrededores.
1976	Seveso, Italia	Escapes de dioxinas y contaminación de los campos aledaños
1978	Mississauga, Ontario	Gas L.P., BLEVES, cloro
1984	México, D.F.	Gas L.P., BLEVES, más de 450 muertes y \$20,000,000 en daños a inmuebles
1984	Bhopal, India	Escape de isocianato de metilo; más de 2,800 muertes y 200,000 afectados
1986	Incendios en los almacenes Sandoz, Alemania Occidental.	Pesticidas Río Rhin graves afectaciones.

Fuente: Concord Environmental SEDESOL- PROFEPA 1994.

## Casos Registrados en México

En México, según cifras del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), durante junio de 1990 a diciembre de 1993, han ocurrido 291 accidentes relacionados con el uso de sustancias riesgosas, de los cuales el mayor número se relaciona con el manejo y almacenamiento del Gas L.P. (67 accidentes), en el Distrito Federal, se reportaron 10 accidentes debido a esta sustancia, como se muestra en la figura siguiente:



**Tabla II.** Substancias involucradas con mayor número de accidentes en México.

Substancia	No. de Accidentes
Gas L.P.	67
Gasolina	49
Amoniaco	31
Combustible	28
Cloro y Compuestos derivados	22
Diesel	13
Solventes	9
Acido Sulfúrico	9
Crudo de petróleo	8
Hidróxido Sodio	6

Fuente: SINAPROC-CENAPRED 1994.

En la información que muestra la siguiente figura, se observa que el área metropolitana ocupa el primer lugar en accidentes con sustancias riesgosas, destacando el Gas L.P. por ser el que mayor número de accidentes, según cifras del SINAPROC-CENAPRED 1994 (ver figuras 2 y 3 )

Fig. 2. Estados de la República con mayor número de accidentes relacionados con sustancias riesgosas

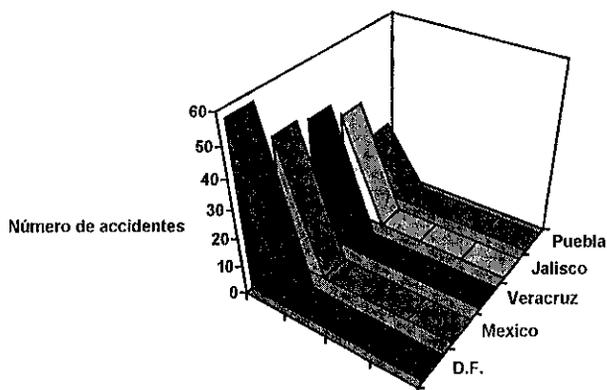


Tabla III Estados de la República Mexicana con mayor número de accidentes relacionados con sustancias riesgosas.

Estado	No. De Accidentes
D F.	57
México	44
Veracruz	42
Jalisco	36
Puebla	21

Fuente: SINAPROC-CENAPRED 1994.

Fig. 3 Estados de la República y accidentes relacionados al uso del gas L.P.

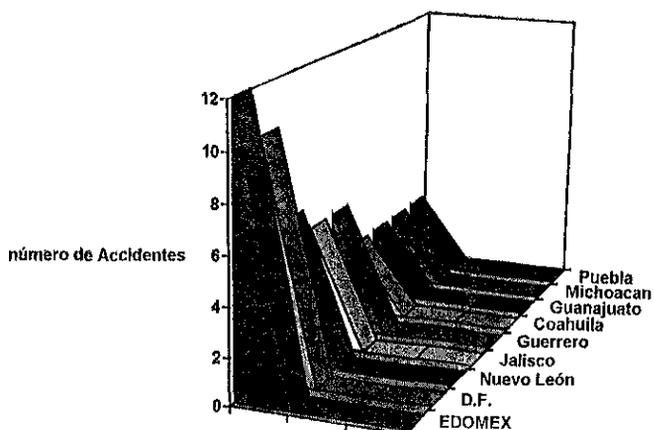


Tabla IV. Estados de la República y accidentes relacionados al uso del gas L.P.

Estado	No. de Accidentes
Distrito Federal	10
Estado de México	12
Nuevo León	6
Jalisco	5
Guerrero	5
Coahuila	3
Guanajuato	3
Michoacán	3
Puebla	3
Baja California Norte	2
Oaxaca	2
Hidalgo	2
Tabasco	2
Veracruz	1
Sinaloa	1
Sonora	1
Chihuahua	1
Chiapas	1

Fuente: SINAPROC-CENAPRED 1994.

Tabla V Accidentes relacionados con Gas L.P. en México.

Fecha	Fuente	Clasificación	Lugar	Descripción
01/23/90	Universal	E	I	Gas Butano, en un deposito de la fabrica Anderson Clayton, en la Industrial Vallejo.
06/20/90	Universal	F/E	I	De gas con dos explosiones en la ensambladora General Motors, en la Delegación Miguel Hidalgo.
10/16/90	Uno Mas Uno	F/E	T	De combustible de una pipa de la Compañía "Unigas", por falla en la conexión de la manguera al surtir el producto
09/18/91	Universal	F	T	De gas en una pipa distribuidora, por avería de una de las válvulas, en San Angel Inn
06/22/92	Universal-Uno Mas Uno	F	T	De gas al volcarse una pipa que transportaba 12,500 litros propiedad de "Gasomático" por exceso de velocidad.
11/09/92	SETIQ	F	T	De gas L.P. de una pipa
02/09/93	Protección Civil	I	T	En El interior de un microbús por la fuga de gas L.P.
04/17/93	Protección Civil	E	I	De gas en un tanque en una vivienda 6 familias
07/21/93	Protección Civil	I	I	Por acumulación de gas L.P. en la lumbrera número cuatro del sistema de drenaje profundo.
12/16/93	Uno Mas Uno	F/E	I	De un tanque de gas L.P, originando el derrumbe parcial de un edificio.

Fuente: SINAPROC-CENAPRED 1994.

El cuadro anterior presenta los accidentes ocurridos en el Distrito Federal, que involucran al Gas L.P., 10 accidentes según cifras del SINAPROC clasificándola por fecha y fuente. La información técnica proporcionada por las iniciales es la siguiente.

Clasificación del evento	Fuga
	Incendio
	Explosión
Lugar de ocurrencia del evento:	Instalación (planta o almacén)
	Transporte

Además se proporciona la descripción del accidente, en la cual se establece una breve descripción del evento procurando que contenga la cantidad de sustancia, circunstancias del accidente y otros datos adicionales.

## Capítulo III

### Marco Jurídico.

---

#### **Legislación Ambiental para Regular las Actividades Riesgosas.**

Para ubicar las actividades que involucran la utilización de sustancias riesgosas dentro del contexto legal, es necesario conocer el sistema jurídico, que tiene como base a la **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos**, promulgada el 5 de febrero de 1917 y de la cual se derivan los demás instrumentos jurídicos, siguiendo una jerarquización tal, que cada una válida y fundamenta a la anterior; de ella emanan las siguientes disposiciones:

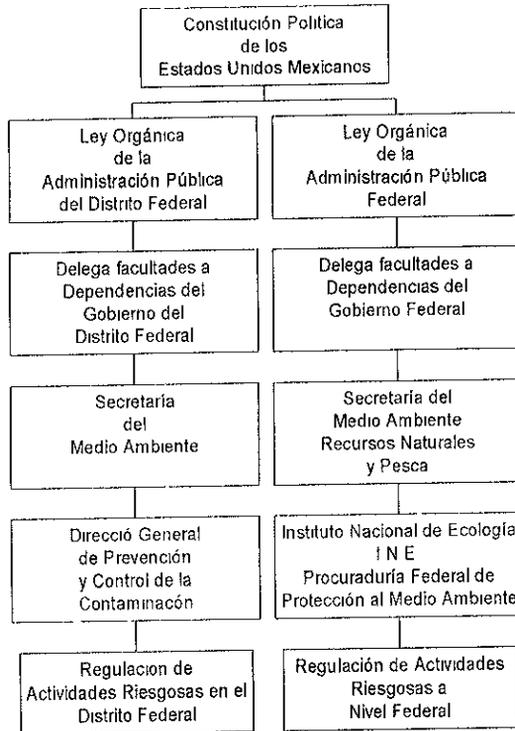
El **artículo 4o.** párrafo tercero consigna el derecho de toda persona a la protección de la salud, aunque no es específico, se puede hacer uso de él dado, que las sustancias riesgosas implican afección a la salud de las personas involucradas.

El **artículo 25** señala que "bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente" (introducido en 1982, como reforma a la Constitución)

El **artículo 27** en su párrafo tercero consigna la prerrogativa de la nación para dictar las medidas necesarias para preservar y restaurar el equilibrio ecológico. ("...y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población, para preservar y restaurar el equilibrio ecológico

El **artículo 73** en su inciso XXIX-G menciona que el Congreso tiene facultades para "...expedir leyes que establezcan la concurrencia del gobierno federal, de los gobiernos estatales y de los municipios en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico", (reformado en 1987).

Fig 4 Esquema Jurídico- Administrativo para la Regulación de Actividades Riesgosas



Basada en los preceptos constitucionales el 28 de enero de 1988, se publica la **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)**, reformada el 13 de diciembre de 1996, cuyos artículos contenidos en el Título primero y Capítulo I hacen patente su relación con Constitución Política, en cuanto a las disposiciones para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, algunos incluso específicamente sobre actividades riesgosas:

**Artículo 1..** "Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto establecer las bases para:

- I. Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.

II. Definir los principios de la política ecológica general y regular los instrumentos para su aplicación.

III. La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente;

VIII. El ejercicio de las atribuciones que en materia ambiental corresponde a la Federación, los estados o el D.F. y los municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX-G de la Constitución.

El **artículo 2** fracción cuarta, propone el establecimiento de zonas intermedias de salvaguardia con motivo de la presencia de actividades consideradas riesgosas.

Dentro del capítulo II, que considera las atribuciones de la Federación, se menciona en el **artículo 5**, fracción VI, la regulación y control de las actividades consideradas altamente riesgosas y de la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos peligrosos para el ambiente o los ecosistemas. ;

En el **artículo 6**, se menciona las atribuciones a estados y municipios de acuerdo con esta Ley y las que establezcan las leyes locales; sobre la regulación de las actividades que no sean consideradas altamente riesgosas y el ordenamiento ecológico local que tiene mucho que ver con su distribución.

El **artículo 7** específicamente en la fracción IV , se establece que la regulación de las actividades que no sean consideradas altamente riesgosas para el ambiente, corresponde a los estados de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y las leyes locales. Asimismo la fracción IX, señala la atribución de los estados en la formulación, expedición y ejecución de los programas de ordenamiento ecológico del territorio, con la participación de los municipios respectivos

En este contexto el Gobierno del D.F. bajo este postulado asume la responsabilidad de evaluar las actividades de "bajo riesgo ambiental", de conformidad con el artículo 9.

Otros aspectos que regula de manera indirecta el Riesgo Ambiental, son los referentes a los criterios para el ordenamiento ecológico, específicamente la regulación de los Asentamientos Humanos la cual es abordada en el **artículo 23**, que nos habla de planeación del desarrollo urbano y vivienda, tal es el caso de la fracción:

III. “En la determinación de las áreas para el crecimiento de los centros de población, se fomentará la mezcla de los usos habitacionales con los productivos que no representen riesgos o daños a la salud de la población y se evitará que se afecten áreas con alto valor ambiental.”

VIII. “En la Determinación de áreas para actividades altamente riesgosas, se establecerán zonas intermedias de salvaguarda en las que no se permitirán los usos habitacionales, comerciales u otras que pongan en riesgo a la población”.

Dentro de la Ley, existe el requerimiento para la realización de estudios de riesgo a nivel federal y se encuentra formando parte de lo que es la evaluación del impacto ambiental, incluidos en el **Título primero, Capítulo IV Instrumentos de Política Ambiental** y la **Sección V Evaluación De Impacto Ambiental**.

**El artículo 28** hace referencia a que tipo de obras o actividades requieren de autorización previa en materia de impacto ambiental, de la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) del Gobierno Federal, es importante señalar que aunque se menciona de manera específica en la fracción VIII que requieren de autorización los parques industriales donde se prevea la realización de actividades altamente riesgosas, algunas de las actividades mencionadas en otras fracciones implican riesgo y no están precisamente en un parque industrial

Dicha autorización se otorga mediante la presentación de una manifestación de impacto ambiental (MIA), o un Informe Preventivo (I.P.) acompañada de un estudio de riesgo en caso de que se requiera, de acuerdo a las actividades que se pretendan realizar, lo anterior se expone en el artículo **artículo 30**.

Dentro de **Título cuarto**, Protección al Ambiente y el **Capítulo V** que establece las **Actividades Consideradas como Altamente Riesgosas**.

**El artículo 145** hace referencia al hecho de considerar los usos de suelo en relación con el establecimiento de las actividades que se consideran riesgosas tomando en cuenta características previamente determinadas para establecer un mejor control.

"La Secretaría **promoverá** que en la **determinación de los usos de suelo se especifiquen las zonas en las que se permita el establecimiento de industrias, comercios o servicios considerados riesgosos** por la gravedad de los efectos que pueden generar en los ecosistemas o en el ambiente tomándose en consideración:

1. Las condiciones topográficas, meteorológicas, climatológicas y sísmicas;
2. Su proximidad a centro de población, previendo las tendencias de expansión del respectivo asentamiento y la creación de nuevos asentamientos;
3. Los impactos que tendrían un posible evento extraordinario de la industria, comercio o servicio de que se trate, sobre los centros de población y los recursos naturales;
4. La compatibilidad con otras actividades de las zonas;
5. La infraestructura existente y necesaria para atender de emergencias ecológicas, y
6. La infraestructura para la dotación de servicios básicos.

El **artículo 146**, hace referencia a las diferentes dependencias encargadas de realizar los listados de actividades altamente riesgosas, es importante dejar claro que existen actividades no consideradas como tales, debido a que no aparecen en dichos listados, pero que de hecho deben recibir un tratamiento similar.

"La Secretaría previa opinión de la Secretaría de Energía, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, Gobernación y del Trabajo y Previsión Social, conforme al reglamento que para tal efecto se expida establecerá la clasificación de las actividades que **deban considerarse altamente riesgosas**, en virtud de las características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas para el equilibrio ecológico o el ambiente, de los materiales que se generen o manejen en los establecimientos industriales, comerciales o de servicios, considerando, además, los volúmenes de manejo y la ubicación del establecimiento."

El **artículo 147**, se refiere principalmente al cumplimiento de los ordenamientos que en materia de riesgo se expidan, además hace mención, de la obligatoriedad de acuerdo con el reglamento que se expida de formular y presentar a la Secretaría un estudio de

riesgo ambiental y de someter a la aprobación de la Secretaría con la participación de otras dependencias, los programas de prevención de accidentes.

El **artículo 148** señala la necesidad de zonas intermedias de salvaguarda y podrán ser instaladas conforme a declaratorias o bien restringiendo usos incompatibles con actividades altamente riesgosas: "Cuando para garantizar la seguridad de los vecinos de una industria que lleve a cabo actividades altamente riesgosas, sea necesario establecer una zona intermedia de salvaguarda, el Gobierno Federal podrá mediante declaratoria, establecer restricciones a los usos que pudieran ocasionar riesgos para la población. La Secretaría promoverá ante las autoridades locales competentes, que los planes o programas de desarrollo urbano establezcan la prohibición para los usos habitacionales, comerciales u otros que pongan en riesgo a la población."

La participación a nivel local se aborda en el **artículo 149**, aclarando que a los Estados y el D.F. les corresponde la regulación de actividades que no son consideradas altamente riesgosas, pero que pueden causar desequilibrio en el ambiente.

"Los Estados y el D.F. regularán la realización de actividades que no sean consideradas altamente riesgosas, cuando estas afecten el equilibrio de los ecosistemas o el ambiente dentro de la circunscripción territorial correspondiente, de conformidad con las NOM's que resulten aplicables. La legislación local definirá las bases a fin de que la Federación, los Estados, el D.F. y los Municipios coordinen y sus acciones respecto a las actividades a las que se refiere este precepto."

Partiendo del artículo 149 el gobierno del D.F. a través de la Secretaría del Medio Ambiente, retoma las actividades que no están consideradas altamente riesgosas, pero que existe la necesidad de hacer una evaluación del riesgo, elaborando la **Ley Ambiental del D.F.**, además de emitir un **listado de actividades que están sujetas a evaluación de Impacto Ambiental** y la publicación de las **guías para la presentación de estudios de riesgo**.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 21 de julio de 1993, la **Ley General de los Asentamientos Humanos** se involucra en la regulación de riesgo, debido a que se encarga de fijar las normas básicas para el ordenamiento territorial de

los asentamientos humanos y desarrollo urbano, tomando en consideración los usos y destinos del suelo, sobre todo en los siguientes artículos:

**Artículo 3o.** párrafo XII se menciona la prevención, control y atención de riesgos y contingencias ambientales y urbanas en los centros de población, el párrafo XIII habla de la conservación y mejoramiento del ambiente en los asentamientos humanos

**Artículo 5o.**, párrafo VIII, la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente de los centros de población.

**Artículo 12**, la planeación y regulación del ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y del desarrollo urbano de los centros de población se llevarán a cabo a través de:

- I El programa Nacional de Desarrollo Urbano (sujeto al Plan Nacional de Desarrollo)
- II. Los programas estatales de desarrollo
- III. Los programas de ordenación de zonas conurbadas.
- IV. Los planes o programas municipales de desarrollo urbano.

**Artículo 19.** Los planes o programas de desarrollo urbano deberán considerar los criterios generales de regulación ecológica de los asentamientos humanos establecidos en los artículos 23 a 27 de la LGEEPA y las NOM's en materia ambiental.

Las autorizaciones de manifestación de impacto ambiental que otorguen la Secretaría o las entidades federativas y los municipios conforme a las disposiciones jurídicas ambientales, deberán considerar la observancia de la legislación y los planes o programas en materia de desarrollo urbano.

**Artículo 32.** párrafo I, señala los requisitos para la conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población, involucrando la asignación de los usos y destinos compatibles del suelo.

**Artículo 33.** Párrafo VI menciona que la legislación estatal de desarrollo urbano, incluye la disposición en cuanto a la prevención, control y atención de riesgos y contingencias ambientales y urbanas en los centros de población.

**Artículo 35,** párrafo VIII establece la correspondencia de los municipios para formular, aprobar y administrar; las zonas de desarrollo controlado y de salvaguardia, especialmente en áreas e instalaciones en las que se realizan actividades riesgosas y se manejen materiales y residuos peligrosos.

**Artículo 49,** párrafo IX establece la participación social en materia de asentamientos humanos, para la prevención y control de riesgos y contingencias ambientales y urbanas en los centros de población.

Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 7 de enero de 1976, modificada por última vez por decreto publicado el día 4 de enero de 1991, la **Ley de Desarrollo Urbano del D.F.** interviene a nivel local en la regulación de riesgos a través del ordenamiento urbano, de los usos y destinos del suelo.

En el **artículo 3o.**, párrafo I menciona la preservación y utilización adecuada del medio ambiente y el **Artículo 49,** párrafo I menciona que la conservación de los centros de población debe incorporar aquellas acciones tendientes a mantener el equilibrio ecológico, en este sentido una adecuada planeación de los Usos del Suelo, debe considerar criterios que garanticen la "calidad de Vida" de la población y un punto importante para ello lo constituye prever los riesgos a la salud y a sus bienes

Por otro lado el instrumento que regula de forma precisa el "Riesgo Ambiental Alto" es el **Reglamento de la LGEEPA en Materia de Impacto Ambiental.**

En el **artículo 3, fracción II,** se define el concepto de estudio de riesgo, que puede ser aplicado a las actividades no consideradas altamente riesgosas de competencia local y en la Fracción IV se señala que "Para los efectos de este reglamento se estará a las definiciones de conceptos que se contienen en la LGEEPA, así como las siguientes:

**Estudio de Riesgo:** Documento mediante el cual se da a conocer, a partir del análisis de acciones proyectadas para el desarrollo de una obra o actividad, los riesgos que

representen para el equilibrio ecológico o el ambiente, así como la medidas técnicas de seguridad, preventivas y correctivas, tendientes a evitar, mitigar, minimizar o controlar los efectos adversos al equilibrio ecológico en caso de un posible accidente, durante la ejecución u operación normal de la obra o actividad de que se trate."

El **artículo 5 fracción XII.**- Establece la necesidad de contar con autorización previa, en este caso a nivel federal de las actividades altamente riesgosas: "Deberán contar con previa autorización de la Secretaría, en materia de impacto ambiental, las personas físicas o morales que pretendan realizar obra o actividades, públicas o privadas, que puedan causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones señalados en los reglamentos y NOM's emitidas por la Federación para proteger el ambiente, así como cumplir con los requisitos que se impongan, tratándose de las materias atribuidas a la Federación por los artículos 5o. y 29 de la Ley, particularmente las **Actividades consideradas altamente riesgosas** en los términos del artículo 146 de la Ley."

Dentro del **Capítulo II del Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental** en el **artículo 6o.** se señala la necesidad de realizar una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) y en su caso el estudio de riesgo, cuando existen actividades altamente riesgosas como lo menciona el artículo 32 de la LGEEPA.

"Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 5o. del reglamento el interesado, en forma previa a la realización de la obra o actividad de que se trate, deberá presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental.

**En el caso de actividades consideradas como altamente riesgosas,** además de lo dispuesto en el párrafo anterior, deberá **presentar** a la Secretaría un **estudio de riesgo** en los términos previstos por los ordenamientos que rijan dichas actividades "

El **8 de julio de 1996** se publica en la Gaceta Oficial del D.F. la **Ley Ambiental del D.F.**, la cual, contiene algunos apartados que regulan las actividades riesgosas:

En el **artículo 5 fracción IV,** se menciona de manera directa el establecimiento de zonas intermedias de salvaguardia o de amortiguamiento entre las áreas en donde se realicen actividades riesgosas y las zonas habitacionales, comerciales o de servicios,

que determinen restricciones a los usos urbanos, en los términos de la Ley de Desarrollo Urbano del D.F., con el objeto de prevenir y reducir Impactos.

En el **artículo 6 fracción I**, se establece la definición de lo que es una actividad riesgosa, considerándose como toda acción u omisión que ponga en peligro la integridad de las personas o del ambiente, en virtud de la naturaleza, características o volumen de los materiales o residuos que se manejen, de conformidad con las NOM's, los criterios o listados en materia ambiental que publiquen las autoridades competentes en el Diario Oficial de la Federación y la Gaceta Oficial del D.F.

Por otro lado en este mismo artículo, pero en la **fracción XXXIV**, se define como Riesgo Ambiental al peligro a que se expone el ecosistema como consecuencia de la realización de actividades riesgosas.

En el **artículo 15** se establece la competencia de la Secretaría del Medio Ambiente del D.F., y se puede observar en la **fracción XII**, la coordinación que ésta deberá tener con la Secretaría de transportes y Vialidad, para prevenir y controlar los impactos y Riesgos Ambientales, originados por el transporte de materiales y residuos dentro del D.F. en los asuntos no reservados a la Federación; en la **fracción XVI**, se menciona que es de su competencia evaluar el impacto y riesgo ambiental, y en su caso otorgar la autorización correspondiente previa a la realización de obras o actividades públicas o privadas que puedan afectar el ambiente, observando las disposiciones respectivas, en los casos no reservados a la Federación; en la **fracción XXVIII**, se habla de la competencia de la Secretaría para prevenir y controlar las actividades ambientalmente riesgosas no reservadas a la Federación; en la **fracción XXX**, se habla de la participación de la Secretaría conjuntamente con la federación, del análisis, aprobación y aplicación de los programas de prevención y control de accidentes derivados de la realización de actividades altamente riesgosas para el ambiente en el D.F. y por último en la **fracción XXXI**, se le atribuye la participación en la regulación y aplicación de medidas urgentes que se requieran para salvaguardar la integridad del ambiente, en caso de accidentes, fugas o derrames de materiales o residuos.

El **artículo 26 fracción III**, menciona la necesidad de realizar un estudio de riesgo en áreas naturales protegidas o suelos de conservación, cuando se trate de obras o actividades riesgosas no reservadas a la Federación.

El **artículo 27 fracción IV**, menciona las actividades que se encuentran sujetas a autorización dentro de suelo urbano y las actividades riesgosas, obras o actividades de manejo de materiales o residuos peligrosos no reservados a la Federación

En el **artículo 35 fracción III**, se menciona el contenido de un estudio de riesgo.

En el **artículo 128**, se habla sobre la obligación que tienen las personas que realizan actividades riesgosas independientemente de lo que dicta la Ley a través de los estudios de riesgo, para observar medidas preventivas, de control y correctivas establecidas en las NOM's o determinadas por las autoridades competentes conforme a la Ley de Protección Civil para el D F y disposiciones aplicables, para prevenir y controlar accidentes que puedan afectar la integridad de las personas o el ambiente.

Por último el **artículo 129**, menciona que las medidas señaladas en el artículo anterior deberán ser difundidas en los medios conducentes.

Es importante mencionar que fueron publicados el **7 de abril de 1997**, en la Gaceta Oficial del D.F., el acuerdo que establece el **listado de obras o actividades que requieren autorización de impacto ambiental**, en este mismo acuerdo aparecen los **formularios o guías** para la presentación de los respectivos estudios en las tres modalidades: Informe Preventivo, Impacto Ambiental y Estudio de Riesgo.

La elaboración del **Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas** se encuentra prevista como ya se mencionó en el artículo 146 de la LGEEPA y hace referencia a la acción o conjunto de acciones involucradas con el manejo de **sustancias tóxicas** que en caso de producirse una liberación por fuga, derrame o explosión pudieran ocasionar una afectación significativa al ambiente, la población o sus bienes. En el listado se mencionan las sustancias peligrosas por cantidad de reporte y el estado físico en que se encuentran, derivando de estas la determinación de la actividad considerada altamente riesgosa.

Similar a lo anterior, la elaboración del **Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas** fue prevista en el artículo 146 de la LGEEPA, y se refiere al conjunto de acciones involucradas con el manejo de **sustancias explosivas e inflamables**.

### **Ley Federal de Metrología y Normalización y su Relación con la Regulación en Materia de Riesgo Ambiental.**

Esta Ley es de observancia en toda la República Mexicana, cuyo interés e importancia radica en la normalización, certificación, acreditamiento y verificación, debido a que están en preparación las NOM's en Materia de Riesgo, dicha Ley tiene por objeto:

- a) Fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración y observancia de las NOM's y normas mexicanas (NMX);
- b) Instituir la Comisión Nacional de Normalización para que coadyuve en las actividades que sobre normalización corresponde realizar a las distintas dependencias de la administración pública federal;
- c) Establecer un procedimiento uniforme para la elaboración de las NOM's por las dependencias de la Administración Pública Federal,
- d) Promover la concurrencia del sector público, privado, científico y de consumidores en la elaboración y observancia de las NOM's y NMX;
- e) Coordinar las actividades de Normalización, certificación, verificación y laboratorios de prueba de las dependencias de la administración pública federal;
- f) Establecer el sistema nacional de acreditamiento de organismos de normalización y certificación, unidades de verificación y laboratorios de prueba y calibración, y
- g) En general, divulgar las acciones de normalización y demás actividades relacionadas con la materia

Es importante señalar que esta Ley no especifica de que manera el "comité" dará prioridad a las sustancias o elementos que deben ser regulados (**ver figura 5**).

Para la elaboración de las **NOM's en Materia de Riesgo** de acuerdo con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, interviene el Comité Consultivo Nacional



Hasta el momento no se han publicado ninguna norma en materia de riesgo, debido a que están sujetas a modificaciones, tal como ha sucedido con las normas en materia de aguas residuales, 44 de ellas fueron derogadas y conjuntadas en la NOM-001-ECOL-1993, mientras que la NOM-031-ECOL-1993 se mantuvo vigente

**Tabla VI.** Situación Propuesta para la elaboración de las NOM's en Materia de Protección Ambiental, destacando las relativas sobre Riesgo Ambiental.

Materia	NTE derogadas	NOM derivadas de NTE (derogadas)	Nuevas NOM (derogadas)	NOM's Vigentes
Aguas Residuales	33	33	12	2
Aire	18	15	12	27
Monitoreo del Aire	5		-----	5
Residuos Peligrosos	7		11	18
Recursos Naturales	12	4	1	5
Residuos Municipales	-----	-----	3	3
<b>Riesgo Ambiental</b>	-----	-----	<b>34</b>	<b>34</b>
Ruido	-----	-----	4	4
Total	75	64	77	141

Fuente: Residuos Peligrosos en México y el Mundo 1993 (actualizado por el autor).

**Tabla VII** Normas Oficiales Mexicanas, programadas en 1994 (16 de agosto de 1994) en materia de riesgo ambiental, a la fecha, no han sido publicadas ninguna de ellas.

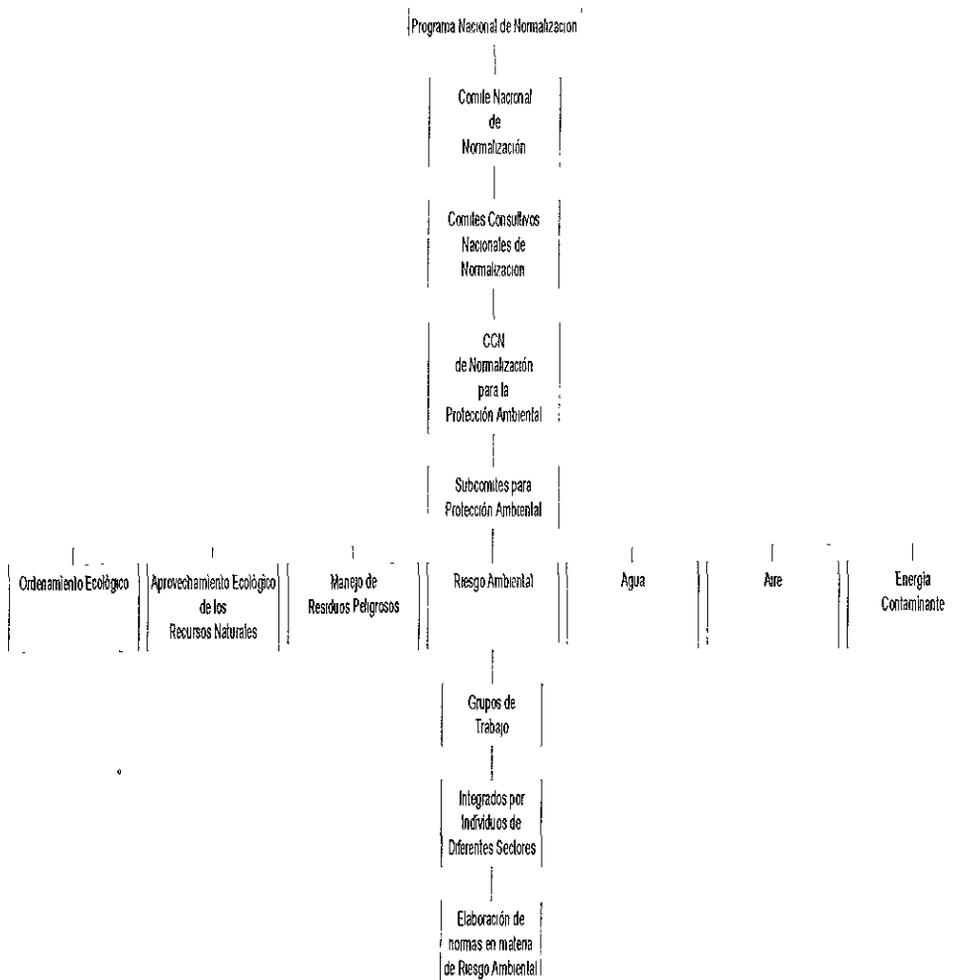
Nombre de la Norma
1 - Criterios de distanciamiento para el almacenamiento de sustancias explosivas con respecto a los proyectos de desarrollo urbano.
2.- Criterios de distanciamiento para el almacenamiento de sustancias inflamables con respecto a los proyectos de desarrollo urbano
3.- Requisitos y especificaciones para el manejo, almacenamiento, carga y descarga de Cloro.
4 - Requisitos y especificaciones para el manejo, almacenamiento carga y descarga de amoniaco.
5.- Requisitos y especificaciones para el manejo, almacenamiento, carga y descarga de HF.

Fuente: INE-1994.

## Dependencias Involucradas en la Regulación del Riesgo Ambiental.

De acuerdo con la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, que otorga atribuciones a las diferentes dependencias de gobierno corresponde a la SEMARNAP-INE en concordancia con el artículo 32, fracciones XXIII, XXIV, XXV y XXVI, conducir la política de saneamiento ambiental, establecer normas y criterios ecológicos y ejecutar acciones y situaciones de contingencia y emergencia ambiental.

Fig. 6 Diagrama que muestra la Organización para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas



Con respecto a lo anterior existen otras dependencias que en el ámbito de su competencia y en Coordinación con la SEMARNAP trabajan para dar cumplimiento a lo antes mencionado e incluso otros rubros relacionados en la materia (Tabla VIII).

**Tabla VIII.** Dependencias involucradas directa e indirectamente en la regulación del riesgo a nivel federal

Dependencia	Disposiciones
Secretaría de Energía	Regular la industria petrolera, petroquímica básica, minera, eléctrica y nuclear.
SECOFI	Regular y promover el desarrollo de la industria de la transformación y suministro de gas
S.A.G.A.R. ( Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural)	Definir métodos técnicos para mejorar rendimientos, administrar servicios de vigilancia sanitaria y producción de fármacos de uso animal.
S.C.T.	Otorgar concesiones y permisos, además de reglamentar el transporte de residuos peligrosos.
S.S	Restablecer y dirigir la política sanitaria, para preservar la salud humana, proteger la salud de los trabajadores.
S.T.P.S.	Ordenar medidas de seguridad e higiene industrial.

Fuente: INE-SEDESOL 1993.

Por otra parte la **Ley Orgánica de la Administración Pública del D.F.**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 30 de diciembre de 1994, tiene por objeto establecer la organización de la administración pública del D.F. y asignar facultades a los órganos centrales, desconcentrados y paraestatales para el despacho de asuntos de orden administrativo. El **artículo 13**, menciona que para el ejercicio de sus atribuciones, el Jefe del Gobierno del D.F., se auxiliará de las siguientes dependencias (únicamente se mencionan las relacionadas con la evaluación de riesgo):

Secretaría del Medio Ambiente

Secretaría de Gobernación

Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda

Delegaciones Políticas

## **Secretaría del Medio Ambiente**

**El artículo 23.** menciona las atribuciones de la Secretaría del Medio Ambiente del D.F. en materia ecológica; sin embargo, solo se enfatiza en los aspectos relacionados con la regulación de actividades riesgosas

I. Aplicación y vigilancia de las disposiciones de la LGEEPA, atribuidas al Gobierno del D.F., (incluye actividades riesgosas).

XI. Evaluación y autorización de manifestaciones de impacto ambiental y estudios de riesgo de competencia del Gobierno del D.F.

XV. Regulación y control de las actividades riesgosas de competencia del Gobierno del D.F.

XVI. Realización de actividades de inspección y vigilancia ambiental, así como aplicación de las sanciones previstas en las disposiciones legales en la materia y;

XVII. Las demás que fijen expresamente las leyes y reglamentos.

## **Secretaría de Gobernación**

**Artículo 20,** párrafo XVIII elaborar, coordinar y vigilar la ejecución de los programas de Protección Civil del D.F., (para mayor información ver Ley y Reglamento de Protección Civil del D.F. ).

## **Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda**

**Artículo 21** despacho de las materias relativas a la coordinación metropolitana, reordenación y el desarrollo urbano y promoción inmobiliaria.

I. Proponer, coordinar y ejecutar las políticas en materia de planeación urbana, así como formular, coordinar y evaluar los programas en la materia y realizar los estudios necesarios para la aplicación de las leyes de asentamientos humanos y del desarrollo urbano del D.F.

- II. Formular, coordinar y evaluar el Programa de Desarrollo Urbano del D.F.
- III. Elaborar y someter a consideración del jefe del D.F., los Planes Parciales de Desarrollo urbano, programas especiales y de mejoramiento
- IV. Analizar y autorizar; previo acuerdo con el jefe del D.F., los cambios al programa de desarrollo urbano, y los programas parciales, especiales y de mejoramiento urbano.
- IX. Fijar la política, estrategia, líneas de acción y sistemas técnicos a que deben sujetarse la planeación urbana y el desarrollo económico, para fomentar el mejoramiento y la protección del entorno ecológico de la Ciudad de México.
- XIII. Proponer y vigilar el cumplimiento de las normas y criterios que regulan la tramitación de permisos, autorizaciones y licencias previstas en la Ley de Desarrollo Urbano del D F , así como aquellos relativos al uso de suelo
- XV. Evaluar y adquirir las reservas territoriales necesarias para el desarrollo urbano y equilibrio ecológico de la ciudad, con programas de corto, mediano y largo plazo
- XVI. Diseñar los mecanismos técnicos y administrativos de fomento para el desarrollo urbano y ecológico.

El **Artículo 32** menciona las atribuciones de las Delegaciones en los rubros siguientes:

- II. Expedir licencias para ejecutar obras de construcción, ampliación, modificación, conservación y mejoramiento de inmuebles con apego a la Normatividad establecida.
- III. Otorgar licencias de conjuntos habitacionales, subdivisiones y usos de suelo autorizados en el área urbana y rural, en este último caso escuchando la opinión del consejo de ciudadanos, así como autorizar los números oficiales, alineamientos y constancias de zonificación con apego a la Normatividad establecida
- XXX. Proponer, con aprobación del consejo de ciudadanos, las modificaciones al plan parcial de la Delegación, basado en el Plan General de Desarrollo Urbano, a que se refiere la Ley de Desarrollo urbano del D.F.

LI Coadyuvar con las dependencias centrales, en la preservación del medio ambiente y ecología con la participación de los consejos ciudadanos.

LIV Elaborar, coordinar y vigilar, la ejecución del Programa de Protección Civil Delegacional con la participación de los consejos ciudadanos

**Tabla IX.** Entidades que intervienen en la regulación del riesgo en el D.F

Dependencia	Acción	Forma de Intervención
CENAPRED (SEGOB)	Coordina programas y elabora planes para prevenir desastres (riesgos químicos, incendios y explosiones entre otros).	Indirecta
Protección Civil (SEGOB)	Ejecuta programas de protección a la población en caso de riesgos potenciales y ocurrencia de accidentes.	Directa
D D F. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación (SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE).	Evalúa y autoriza establecimientos que involucran actividades riesgosas, de "bajo" riesgo.	Directa
Consejos Ciudadanos	Tiene participación para resolver asuntos que involucren cualquier tipo de riesgo.	Indirecta
Agrupaciones y Sociedades Civiles	Interviene como factor social al opinar respecto a la instalación de empresas o servicios con actividades riesgosas.	Indirecta
Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda	Propone la regulación de los riesgos a través de los usos y destinos del suelo.	Directa
Delegaciones Políticas en el D.F.	Aplica de forma local las Leyes y reglamentos para la regulación de riesgos en apoyo a las dependencias competentes.	Indirecta
Empresas Privadas e Instituciones de Investigación y Educativas.	Aportan elementos para el desarrollo tanto de análisis de riesgo como de equipo de control de los mismos	Indirecta

Para el caso de Gas L.P. incluso se toman en cuenta leyes, reglamentos y normas que intervienen para evaluar el establecimiento dependiendo de su giro, por ejemplo.

- Normas Oficiales en materia de gas.
- Reglamento de gas.
- Reglamento de Establecimientos Mercantiles y de Espectáculos Públicos.

## Capítulo IV

### Bases Metodológicas para la Evaluación en Materia de Riesgo Ambiental.

---

Es necesario delimitar perfectamente el **tipo de riesgo** al que se enfrenta, la discusión de este procedimiento se basa en el documento, quien realiza la investigación de los **mismos** y cual es la finalidad que se persigue al detectarlos por ejemplo tenemos

- ✓ Seguridad/Salud Pública
- ✓ Seguridad/Salud Ocupacional.
- ✓ Daños Al Ambiente
- ✓ Financiero (Corporativo/Social).

Resulta muy práctico realizar una evaluación y poder mostrar cifras que puedan ser comprensibles para quien lea un estudio, en relación a esto las **posibles unidades de riesgo** surgen prácticamente de los efectos que estos pudieran tener:

- ⊗ Muertos/Año.
- ⊗ Heridos/Año
- ⊗ Limpieza/Año
- ⊗ Hectáreas Contaminadas/Año.
- ⊗ Numero De Fauna Y Flora Siivestres Afectadas/Año.

Un **caso de riesgo**, es aquel producido por cada acontecimiento, en una instalación en la cual se manejan sustancias riesgosas, donde es posible que ocurran eventos **múltiples**, tales como ruptura de un tanque o tubería (no necesariamente simultáneos).

**Caso de Riesgo = Frecuencia de la ocurrencia de acontecimientos peligrosos x consecuencias estimadas del acontecimiento.**

Para realizar el cálculo correcto del riesgo que representa una instalación en donde se manejan sustancias riesgosas es necesario tener en cuenta las siguientes premisas.

- ✓ La suma de todos los casos posibles riesgosos nos da el riesgo de la instalación.
- ✓ Enumerar todos los acontecimientos que puedan ocurrir por menores que sean
- ✓ Agrupar los acontecimientos similares para simplificar el análisis de riesgo

Para una **estimación del riesgo**, se puede usar la información sobre frecuencia (cuántas veces y durante qué lapsos de tiempo se presentan) y consecuencia (los efectos que se pueden producir), por separado para comunicar cuan riesgosa (o segura) es una instalación determinada.

Por ejemplo para el caso de la identificación de dos acontecimientos (o grupo de acontecimientos) peligrosos como verosímiles, es suficiente presentar una lista que demuestre los enlaces (frecuencia-consecuencia) en cada acontecimiento para proporcionar la información.

	<b>Frecuencia</b>	<b>Consecuencia</b>
<b>Acontecimiento<sub>1</sub></b>	<b>F<sub>1</sub></b>	<b>S<sub>1</sub></b>
<b>Acontecimiento<sub>2</sub></b>	<b>F<sub>2</sub></b>	<b>S<sub>2</sub></b>

O bien la magnitud de un determinado suceso o actividad se puede expresar aproximadamente mediante la ecuación:

$$MR = P \times G \times E$$

donde

**MR**= Magnitud del Riesgo

**P** = Probabilidad de que se produzca un suceso

**G** = Gravedad de la consecuencia del suceso

**E** = Exposición al Riesgo (tiempo, número de personas, etc.)

El **Proceso del Manejo de Riesgo** es aquel mediante el cual se realiza en forma sistemática la identificación, evaluación y control de los riesgos, el cual consta de los siguientes componentes.

- ✓ Las fuentes de riesgo, tales como: unidades de planta y procesos y servicios que involucren sustancias peligrosas
- ✓ Los receptores de riesgo tales como:
  - \* Operadores de la planta/trabajadores
  - \* Dueños/compañías.
  - \* Comunidad.
  - \* Ambiente.
- ✓ Otros factores como
  - \* Procedimientos de operación de planta
  - \* Sistemas de gerencia de planta
  - \* Calidad de recursos humanos
  - \* Normas, códigos y regulaciones
  - \* Gerencia de seguridad

El **Manejo Integral de Riesgo** es un proceso de análisis y evaluación que involucra hacer un juicio sobre la aceptabilidad del mismo, la comunicación y consulta del riesgo.

El **análisis de riesgo** esta basado en las siguientes preguntas:

¿Qué puede salir mal?

¿Qué tan posible es que suceda?

¿Cuáles son las consecuencias?

Para responder a las preguntas anteriores en el análisis de riesgo se hace uso de la información disponible, generada por el peligro que corre un individuo, sus propiedades o el ambiente, generalmente éste involucra los siguientes pasos: identificación del peligro y estimación del riesgo

**Identificación del peligro.**- Que implica reconocer la existencia del peligro y definir las características del acontecimiento; por ejemplo, el reconocer que pueden ocurrir escapes accidentales de los tanques de almacenamiento o las tuberías de gas licuado y la descripción de la tasa de escape, geometría del escape y condiciones climatológicas que definen al acontecimiento peligroso.

**Estimación de riesgo.**- El proceso que se utiliza para producir una medida del nivel de riesgo a la salud, propiedad o al medio ambiente que se analiza, la estimación de riesgo, aplica los siguientes pasos: Análisis de frecuencia, análisis de consecuencia y la integración de estos (Ver figura 7).

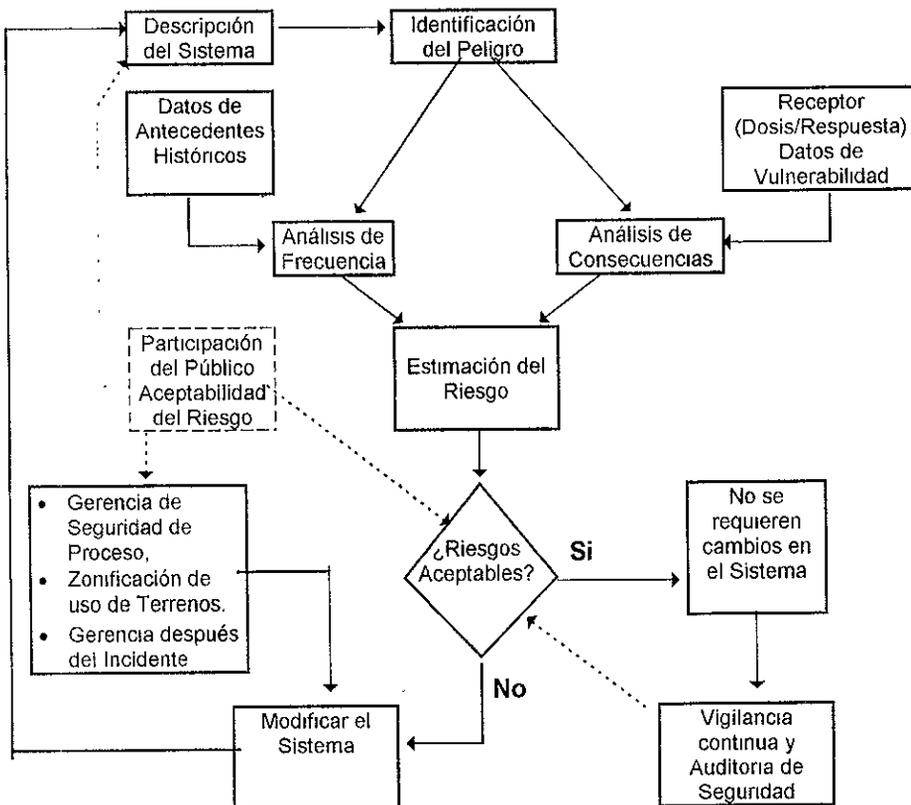


Fig. 7. Proceso del Manejo Integral de Riesgo (SEDESOL-PROFEPA, 1994).

En tanto que la **evaluación de riesgo** cuestionaría la necesidad de hacer algo acerca de ello. La evaluación de riesgo es la etapa en que los valores y juicios entran en el proceso de toma de decisión, explícita o implícitamente considerando la importancia de los riesgos estimados y las consecuencias sociales, ambientales y económicas asociadas, para identificar el rango de alternativas para manejar los riesgos.

El **control de riesgo** por su parte se cuestiona qué se debe hacer al respecto?

El control de riesgo es el proceso de tomar decisiones para manejar el riesgo y la implementación, cumplimiento y reevaluación de su efectividad de tiempo en tiempo, utilizando los resultados de la evaluación de riesgos como una contribución

## **Métodos de Análisis de Riesgos**

### **Métodos Cualitativos de Análisis de Riesgo**

Son procedimientos cualitativos que se basan principalmente en la revisión del diseño, materias primas, componentes principales de los procesos, servicios y sistemas de soporte, factores del ambiente y equipos de seguridad, dicha revisión se realiza durante las diferentes fases del proyecto.

Existe una gran cantidad de métodos cualitativos para identificar riesgos entre los cuales destacan por su frecuencia de uso los siguientes (**Fig. 8**)

1. **Lista de seguridad.**
2. **Lista de Verificación (Check-list).**
3. **Análisis "que pasa si", "what if".**
4. **Análisis de falla-efecto (FMEA).**
5. **Análisis de riesgo y operación (HAZOP).**

(ver Anexo I. Análisis Cualitativos de Riesgo).

**Métodos Semi-cuantitativos de Análisis de Riesgo (ver anexo II).**

1. Índice Dow de Fuego y Explosión
2. Índice Mond

**Métodos Cuantitativos de Análisis de Riesgo**

1. Análisis de Consecuencias
2. Análisis de Frecuencias
3. Ordinograma de Acontecimientos

**Modelación de Eventos**

La evaluación de los puntos fuertes de las fuentes de los escapes utilizando **modelos de los confines de las fuentes**.

Fig 8. Usos más comunes de las técnicas de identificación y evaluación de riesgos (CCPS, 1992)

ETAPA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Diseño Conceptual	○	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○
Operación de la Planta Piloto	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Ingeniería de Detalle	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Construcción /Arranque	●	●	○	○	●	●	○	○	○	○	○	●
Operación de Rutina	●	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●
Expansión o Modificación	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Investigación de Accidentes	○	○	○	○	●	○	●	●	●	●	●	●

● Usados comúnmente

○ Usados muy raramente o inapropiados

1. Inspecciones de Seguridad.
2. Check List (Lista de Verificación).
3. Asignación de Prioridades.
4. Análisis Preliminar de Riesgo (PHA).
5. ¿Que pasa si? (What if)
6. What if/Check List.
7. Análisis de Riesgo y Operabilidad
8. Análisis de Falla Efecto (FMEA).
9. Arbol de Fallos (FT).
10. Arbol de Eventos (ET).
11. Análisis de Causa-Consecuencia (CCA).
12. Análisis de Confiabilidad Humana (HRA).

Evaluar niveles de peligro utilizando los **modelos de peligros**, ubicando donde se encuentran los receptores para cada tipo determinado de accidente:

**Modelo de Incendios.-** Involucra eventos que resultan en peligros de radiación térmica, donde el receptor será afectado por la radiación a distancia aunque no se encuentre físicamente dentro del área de fuego (pozos, incendios, chorros de fuego, bola de fuego, etc.)

**Modelo de Explosión.-** Involucra eventos que resultan en peligros de ondas explosivas donde el receptor será afectado por la onda de presión a distancia (explosiones, BLEVE`S, UVCE`S, etc.) se pueden incluir dentro de éste aquellos peligros que resultan con proyectiles o materiales propulsados.

**Modelo de Dispersión Atmosférica.-** Involucra eventos que resultan en concentraciones de sustancias peligrosas en el aire donde el peligro principal para el receptor se presenta en virtud de estar físicamente dentro de la nube (nubes tóxicas o carcinogénicas, radiación nuclear incluso fognazos debido a que la extensión de la región inflamable de la nube es suficiente para definir la extensión del daño siendo mínimo este fuera de su área).

**Modelos de Vulnerabilidad.-** Involucra los efectos físicos derivados de los modelos anteriores, aplicados a un receptor específico escogido para determinar el nivel de daño potencial ( ver Anexo III, Análisis Cuantitativos de Riesgo)

## Capítulo V

### Objetivos.

---

#### Objetivo General.

Conocer la Legislación Ambiental vigente, definir las bases metodológicas y procedimiento de análisis para actividades de riesgo, aplicado a un caso de estudio: Una Estación de Autoabasto de Gas L.P

#### Objetivos Particulares

1. Relacionar la importancia que tienen el conocimiento y la clasificación de accidentes ocurridos derivados de actividades riesgosas
2. Conocer la Legislación Ambiental Vigente que regula las actividades riesgosas en México y específicamente en el Distrito Federal.
3. Definir los conceptos básicos relacionados con el análisis de actividades que involucran sustancias riesgosas y conocer los diferentes procedimientos que existen para la identificación, evaluación y control de riesgos ambientales.
4. Elegir la técnica de evaluación del estudio de caso con base en los datos recabados y proponer la elección de técnicas de evaluación, como parte fundamental del análisis de riesgo, para establecimientos que involucran actividades riesgosas.

## Capítulo VI

### Metodología Utilizada.

Se utilizó la Guía para la presentación de Estudios de Riesgo, que fue elaborada por la Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal, para ejemplificar la presentación de los datos que debe contener el estudio de caso, el análisis de frecuencia se elaboró a partir del reporte de eventos ocurridos de junio de 1990 a diciembre de 1993 realizados por el SINAPROC-CENAPRED (1994), El método propuesto para el análisis de riesgo del caso de estudio incluye primeramente los **Criterios para la Selección de Técnicas de Evaluación de Riesgos** (ver fig. 9), una vez que estos fueron definidos, se procedió a realizar la **Selección de la Técnica de Evaluación de Riesgo** (ver fig. 10) y aplicación de la misma determinándose que lo más conveniente para este caso particular era aplicar la Lista de Verificación, incluyendo árbol de fallas para complementar el estudio, la simulación de los eventos de máximas consecuencias se llevó a cabo mediante el Programa denominado SCRI II (ver anexo V).

Fig. 9 Criterios para la Selección de Técnicas de Evaluación de Riesgos

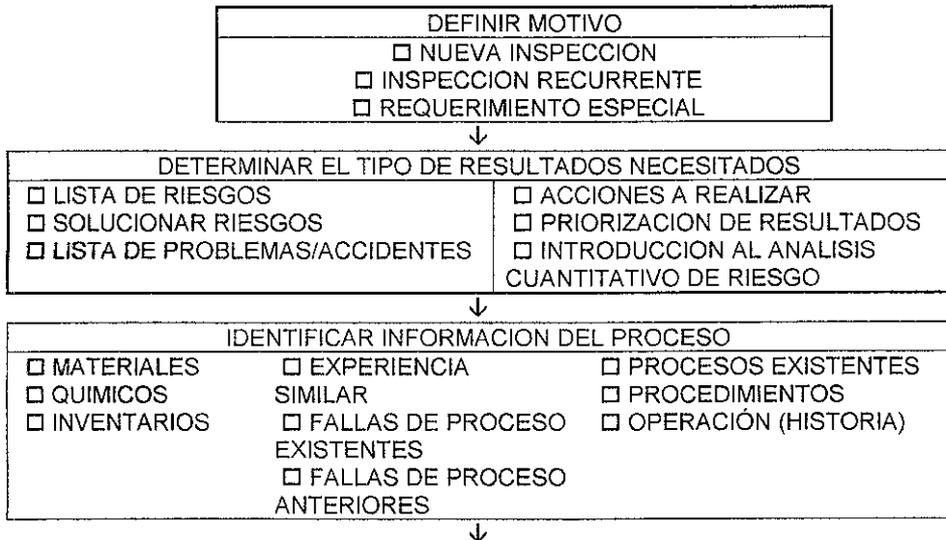


Fig. 9 Criterios para la Selección de Técnicas de Evaluación de Riesgos.  
(continuación)

↓

EXAMINAR CARACTERÍSTICAS DEL PROBLEMA			
TIPO DE PROCESO			
COMPLEJIDAD/TAMAÑO <input type="checkbox"/> SIMPLE/PEQUEÑO <input type="checkbox"/> COMPLEJO/GRANDE	<input type="checkbox"/> QUIMICO <input type="checkbox"/> FISICO <input type="checkbox"/> MECANICO <input type="checkbox"/> BIOLÓGICO	<input type="checkbox"/> ELECTRICO <input type="checkbox"/> ELECTRONICO <input type="checkbox"/> COMPUTARIZADO <input type="checkbox"/> HUMANO	
TIPO DE OPERACION			
<input type="checkbox"/> FACIL EJECUCION <input type="checkbox"/> PERMANENTE <input type="checkbox"/> CONTINUA	<input type="checkbox"/> TRANSPORTACION <input type="checkbox"/> TEMPORAL	<input type="checkbox"/> SEMIBATCH <input type="checkbox"/> BATCH	
NATURALEZA DEL RIESGO			
<input type="checkbox"/> TOXICO <input type="checkbox"/> FLAMABLE <input type="checkbox"/> EXPLOSIVO	<input type="checkbox"/> REACTIVO <input type="checkbox"/> RADIATIVO <input type="checkbox"/> OTRO		
SITUACION/ACCIDENTE/EVENTO RELACIONADO			
GRADO DE EXPERIENCIA <input type="checkbox"/> GRANDE <input type="checkbox"/> PEQUEÑA <input type="checkbox"/> NINGUNA <input type="checkbox"/> SOLO/CON PROCESOS SIMILARES	EXPERIENCIA DE ACCIDENTES <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MUCHA <input type="checkbox"/> POCA <input type="checkbox"/> NINGUNA	RELEVANCIA DE LA EXPERIENCIA <input type="checkbox"/> SIN CAMBIOS <input type="checkbox"/> POCOS CAMBIOS <input type="checkbox"/> MUCHOS CAMBIOS	PERCEPCION DEL RIESGO <input type="checkbox"/> ALTO <input type="checkbox"/> MEDIO <input type="checkbox"/> BAJO
↓			
RECURSOS Y PREFERENCIAS CONSIDERADOS			
<input type="checkbox"/> DISPONIBILIDAD DE PERSONAL EXPERTO <input type="checkbox"/> TIEMPO REQUERIDO <input type="checkbox"/> FONDOS NECESARIOS <input type="checkbox"/> ANALISTA/PREFERENCIA DE MANEJO			
↓			
SELECCION DE LA TECNICA			

Fig. 10. Diagrama de Bloques para elegir la Técnica de Análisis de Riesgo.

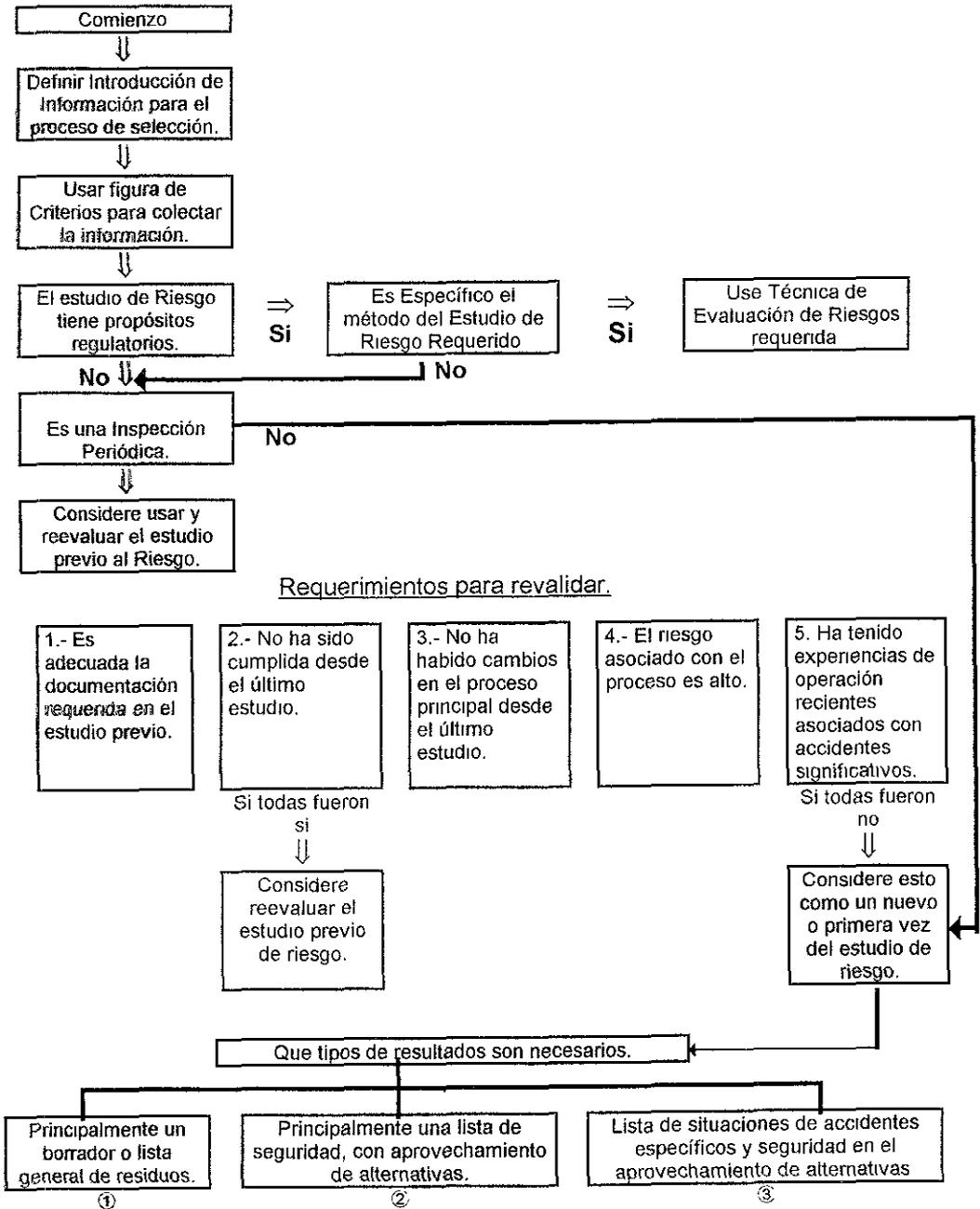
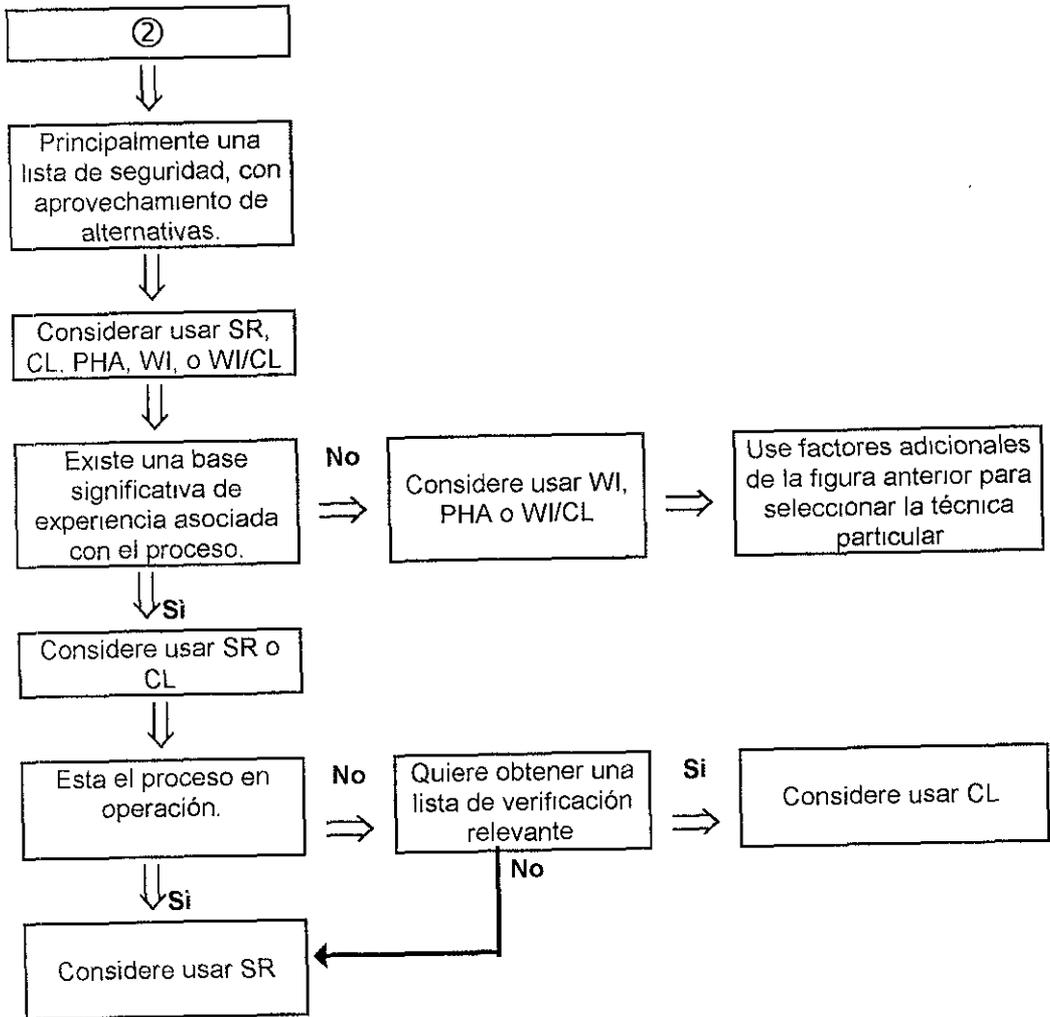


Fig. 10. Diagramas de Bloque para elegir la Técnica de análisis de Riesgo (continuación).



SR. Safety Review (Revisión de Seguridad del Proceso).

CL: Check List (Lista de Verificación).

PHA Preliminar Hazard Analysis (Análisis Preliminar de Riesgo).

WI. What if (Que pasa si).

WI/CL: What if (Que pasa si)/ Check List (Lista de Verificación)

## Capítulo VII

### Desarrollo del Procedimiento de Evaluación de la Actividad de Riesgo, Caso Específico: Estación de Autoabasto de Gas L.P.

---

**Descripción General del Proyecto (conforme a la Guía para estudios de riesgo).**

#### **Datos Generales**

En este apartado se incluye la información que permita identificar a la empresa que pretende realizar el proyecto (en este es un caso se omiten los datos particulares, debido a que no se cuenta con la autorización del interesado).

- ◆ Nombre de la empresa u organismo
- ◆ Registro federal de causantes de la empresa.
- ◆ Objeto de la empresa u organismo.
- ◆ Cámara o asociación a la que pertenece.
- ◆ Instrumento jurídico mediante el cual se constituyó la empresa u organismo
- ◆ Departamento proponente
- ◆ Domicilio para oír y recibir notificaciones
- ◆ Nombre completo de la persona responsable del estudio.
- ◆ Puesto
- ◆ Instrumento jurídico mediante el cual se le concede poder suficiente al responsable para suscribir el presente documento.
- ◆ Firma bajo protesta de decir verdad.

#### **NOMBRE DEL PROYECTO**

##### **Planes de crecimiento a futuro**

Es importante tener en cuenta si se pretende posteriormente incluir algunas otras actividades dentro del proyecto, debido a que estas nuevas actividades deben ser acordes con la ya establecidas tanto dentro como fuera del área del proyecto, asimismo para prevenir algún tipo de sinergismo futuro.

## Autorizaciones de la empresa para la realización de la actividad proyectada.

Es importante vincular los aspectos legales (tramitación de permisos), estos resultan herramientas muy útiles al momento de evaluar la factibilidad de realizar algún proyecto en un determinado lugar en este caso destacan:

- \* Constancia de Zonificación
- \* Licencia de Uso de Suelo
- \* Plano y oficio autorizados por SECOFI, para la instalación de infraestructura de la estación de Gas L.P (construida conforme a la norma N.O.M.-025-SCFI-1993, Estación de Gas L.P., con Almacenamiento Fijo Diseño y Construcción).

## Ubicación del Proyecto

Es importante localizar físicamente el proyecto para que el evaluador se pueda dar una idea del lugar donde se va a llevar a cabo la actividad propuesta, el caso de estudio se ubica en el Distrito Federal, específicamente en la Delegación Iztapalapa (**fig. 11**).

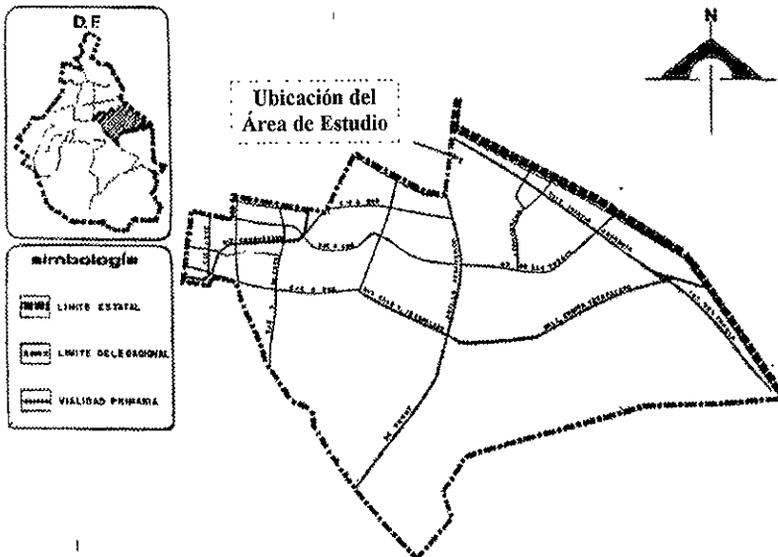


Fig. 11. Ubicación del Estudio de Caso en la Delegación Iztapalapa, D.F.

Dentro de este rubro es necesario mencionar la ubicación del proyecto y la naturaleza del mismo, lo más importante es que la descripción sea clara y precisa, de tal forma que aporte los datos suficientes para la evaluación de los daños, en caso de ocurrir alguna contingencia

Datos importantes son la descripción de las actividades que se realizan dentro y en el entorno de la empresa, anexando un plano de localización (en este caso se tomo una distancia de 100 metros de radio, a partir de las fuentes generadoras de riesgo para describir las actividades fuera de la empresa, cuya distancia es más precisa después de la evaluación de consecuencias) indicando o resaltando los puntos de interés

Ubicación	Longitud Del Radio (metros)	Colindancias	Uso
Norte	68.8	Bodega Productos (Pan)	Industrial
Sur	71.0	Calle Independencia	Vialidad
Este	103.0	Calle Venustiano Carranza	Vialidad
Oeste	86.0	Nave Industrial	Industrial

**Tabla X.** Actividades que se realizan en las colindancias del predio en un rango de 100 metros de diámetro a partir de la fuente de riesgo.

Ubicación	Radio a la fuente (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Uso o Actividad
Oficinas	30	500	Administrativo
Estacionamiento Techado	25	1500	Ubicación de Vehículos
Bodega	45	765	Almacenamiento y Despacho del Producto
Area Libre	15	1200	Circulación y Areas Verdes
Estación de Gas L P.	0	120	Carga y Despacho de Gas L.P.

**Tabla XI.** Distribución de las áreas dentro del predio del proyecto.

Lo mencionado en las tablas anteriores se esquematiza en las figuras 12 y 13:

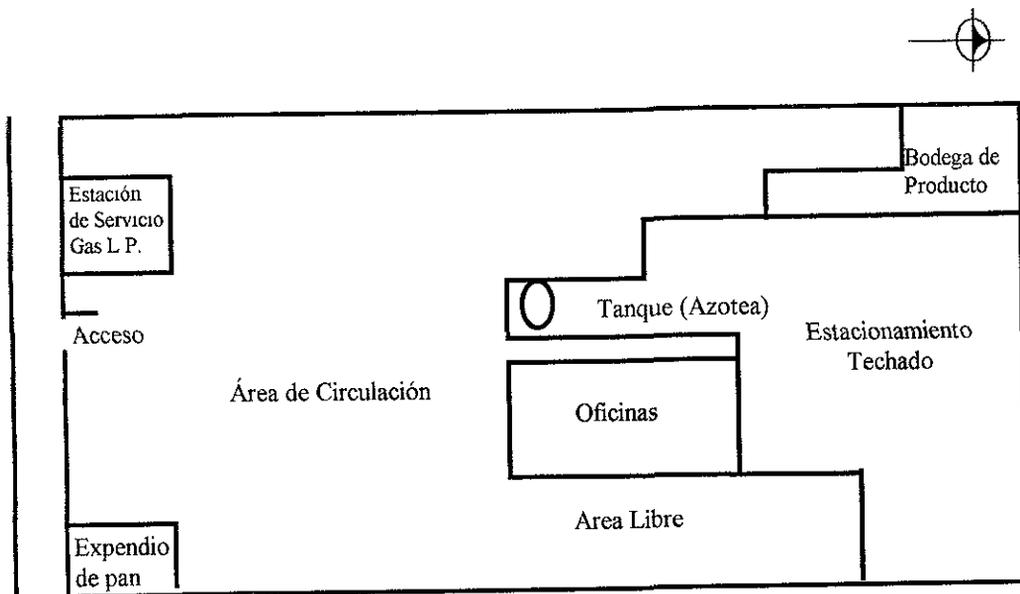


Fig. 12 Esquema que muestra las actividades dentro del predio del proyecto.

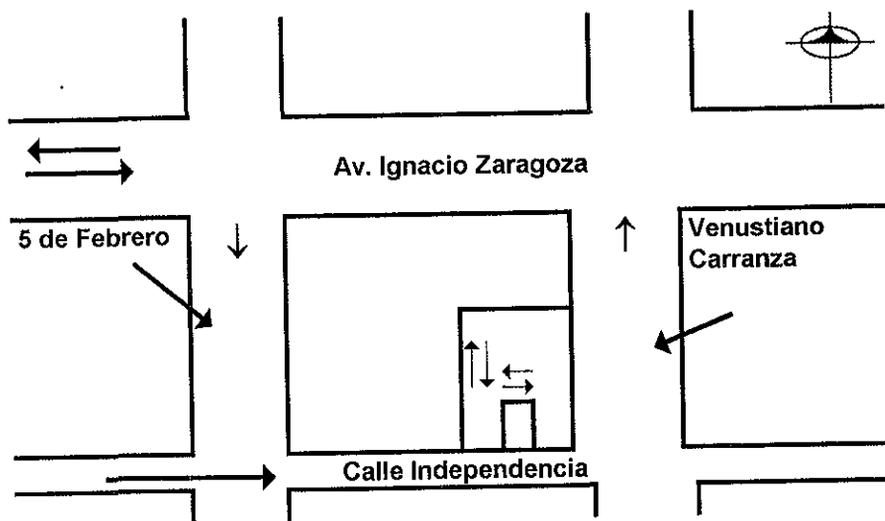


Fig. 13. Accesos dentro del predio del proyecto, la circulación interior y exterior.

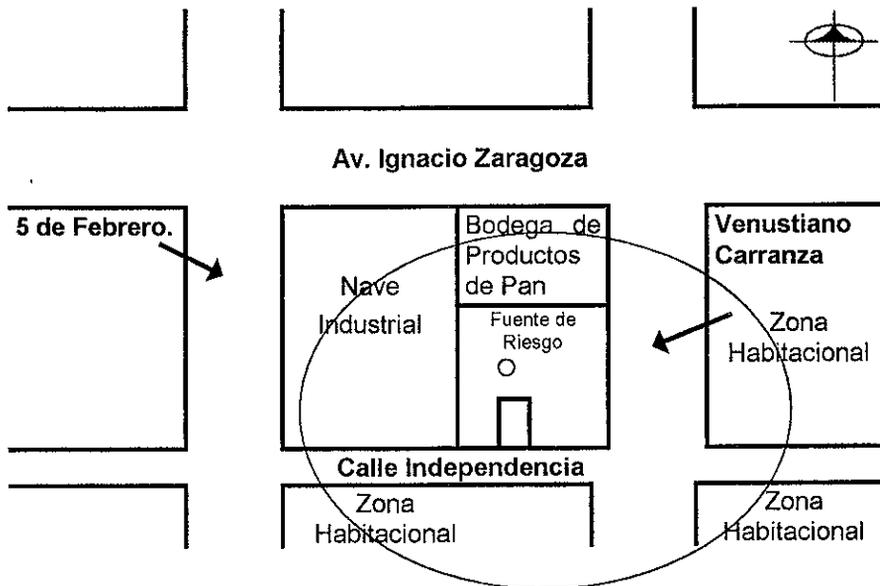


Fig. 14. Colindancias en un diámetro de 100 metros desde la fuente de riesgo.

Superficie total del predio. 4,085 m<sup>2</sup>

Superficie requerida para la instalación de Gas L.P.: 120 m<sup>2</sup>

Situación legal del predio (compra, venta, concesión, expropiación, arrendamiento)

#### Vías de Acceso.

Otro de los puntos importante dentro de la descripción es la identificación de los accesos al predio donde se ubica el proyecto, así como la circulación interior que se tendrá, anexando plano de localización de accesos al predio donde se ubica el proyecto, en función de que con base en ello se diseñarán rutas de evacuación y se tomarán medidas en caso de que se trate de avenidas muy transitadas ( ver Fig. 14).

En este caso la respuesta sería afirmativa, en función de que es resultado del cambio de combustible de carburación (gasolina a gas), como parte del Programa para la Prevención y control de la Contaminación atmosférica.

El lugar donde se ubica el proyecto debe incluir la susceptibilidad a los siguientes eventos naturales:

- \* Terremotos
- \* Corrimientos de tierra
- \* Derrumbamientos o hundimientos
- \* Efectos meteorológicos adversos (inversión térmica, niebla, etc.)
- \* Inundaciones
- \* Pérdidas de suelo debido a la erosión
- \* Contaminación de las aguas pluviales debido a escurrimientos y erosión
- \* Riesgos radiológicos

### **Etapas de Construcción y Operación.**

Se debe mencionar los materiales y la cantidad a utilizar, requerimiento de mano de obra, equipo, maquinaria, agua y energía. Materiales requeridos por etapa del proyecto (en caso necesario utilizar hojas anexas) para el caso de obras nuevas.

Específicamente para el estudio de riesgo es importante mencionar las características de las sustancias riesgosas (**ver anexo V**).

Los siguientes datos deberán ser incorporados mediante una memoria técnica de las instalaciones de la estación de autoabasto de Gas L.P.

Combustibles (origen, suministro, cantidad y características de almacenamiento).

Tipos de recipientes y/o envases de almacenamiento (especificando características, tipo, dimensionamiento y cantidad o volumen por recipiente)

En caso de que la empresa maneje compuestos diferentes al Gas L.P., se deberán caracterizar a las demás sustancias al igual que el gas L.P.

Condiciones de operación

Características de instrumentación y control

Equipos de proceso y auxiliares

Temperaturas extremas de operación y presiones extremas de operación.

<b>INFRAESTRUCTURA</b>	
Civil	Cimiento y base de sustentación del tanque de almacenamiento, zona de protección de maquinaria, zona de trasiego y suministro de gas.
Equipo	Tanque de almacenamiento (5, 000 litros de capacidad). Bomba Red de tuberías Conexiones Mangueras Válvulas de control y accesorios.
Sistema Eléctrico	Tablero general de distribución Arrancador Sistema de iluminación Sistema general de conexiones a tierra
Sistema de Seguridad	Extintores de polvo químico Equipo y accesorios a prueba de explosión Detectores electrónicos de fugas de gas Válvulas de relevo de presión válvulas de control para el exceso de flujo.

**Tabla XII.** Infraestructura requerida para la instalación de una estación de Abasto de Gas L.P. (de acuerdo con la N.O.M -025-SCFI-1993).

## Capítulo VIII

### **Análisis de Riesgo del Caso Específico: Estación de Autoabasto de Gas L.P.**

---

El estudio de caso en consideración se justifica, debido a que se maneja Gas L.P., aunque en volúmenes menores a la cantidad de reporte, por ello no se considera una actividad altamente riesgosa, sin embargo involucra cierto grado de riesgo que podría tener como consecuencia, la ocurrencia de eventos no deseados tales como: incendios y explosiones, en relación a esto se hace necesario realizar una evaluación en materia de riesgo, por parte de las autoridades en la materia del D.F. .

Este caso involucra la elección y aplicación de la técnica de identificación y evaluación de riesgos, además de ilustrar la información que debe contener un estudio de riesgo, para que la evaluación se lleve a buen término por parte de las autoridades competentes, así como también proporciona la Normatividad que debe cumplirse para este caso particular, prácticamente el esquema puede adaptarse a cualquier actividad riesgosa (incorporando mayor o menor información) dependiendo del tipo de actividad que se trate, la cantidad de sustancias involucradas y de la complejidad del proceso.

El primer paso para lograr un estudio de riesgo aceptable, es incorporar la información pertinente relacionada con la estación de servicio de Gas L.P., lo cual se puede lograr mediante la utilización de las guías elaboradas por la dependencias competentes; en este caso se tomó como base la Guía denominada "Guía para la presentación de estudios de Riesgo", la cual fue modificada y que contiene los rubros siguientes.

#### **Antecedentes de riesgo (actividades similares).**

Es uno de los puntos necesarios, para al evaluación de riesgo, debido a la importancia que tiene el conocimiento de accidentes ocurridos, ya sea dentro de la misma empresa o en otras que manejan las mismas sustancias en condiciones parecidas. Por medio de estos se pueden identificar los eventos más comunes y aquellos que pueden tener mayores consecuencias, estimando su probabilidad de ocurrencia.

El butano y el propano comerciales, son los dos gases que generalmente se utilizan para Gas Licuado de Petróleo (GLP), estos hidrocarburos existen como gases a temperatura y presión normales, pero pueden licuarse sometidos a presión moderada. El GLP es incoloro y su densidad como líquido se aproxima a la mitad de la densidad del agua, si se vierte GLP en agua este flotará sobre la superficie antes de evaporarse, el gas o vapor es por lo menos una y media veces más denso que el aire y no se dispersa fácilmente, tenderá a hundirse al nivel más bajo posible y se puede acumular en sótanos, pozos, sumideros u otras depresiones.

El GLP forma mezclas inflamables con el aire en concentraciones que oscilan aproximadamente entre el 2 y 10%, constituyendo un riesgo de incendio y explosión, si se almacena o utiliza incorrectamente. Ha habido casos en que escapes de GLP se han inflamado provocando incendios graves, si el GLP se escapa en un lugar cerrado y se inflama, se puede producir una explosión, si un recipiente de GLP esta en medio de un incendio, puede calentarse y romperse con violencia provocando una bola de fuego con calor intenso y proyectando trozos del recipiente a grandes distancias

Las mezclas vapor/aire derivadas de escapes u otras causas pueden inflamarse a cierta distancia del punto de escape y la llama regresar a la fuente. En concentraciones muy elevadas, cuando está mezclado con el aire, el vapor del GLP es anestésico y posteriormente asfixiante al diluirse o reducirse el oxígeno disponible. El GLP puede causar graves quemaduras frías a la piel debido a su rápida evaporación y a la consiguiente disminución de la temperatura.

El GLP se odora antes de su distribución, de manera que tiene un olor característico y reconocible con facilidad, que permite detectar su presencia concentraciones de solo un quinto del límite inferior de inflamabilidad (aproximadamente el 0.4% del gas en el aire). Escapes importantes pueden detectarse también por un ruido sibilante o la congelación en el área donde se produce el escape. Un recipiente que ha contenido GLP, supuestamente vacío, puede contener residuos de GLP en forma de vapor y ser potencialmente un riesgo de accidente, en esta situación la presión interna es aproximadamente igual a la atmosférica y si una válvula tiene escapes o se deja

abierta, el aire puede difundirse dentro del recipiente y formar una mezcla inflamable que creará un riesgo de explosión, el gas asimismo se desplazará a la atmósfera.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente podemos inferir que los riesgos asociados a una Estación de Autoabasto de GLP, son principalmente la ocurrencia de fuego y explosión, así como riesgo de asfixia, dependiendo de las condiciones en que se produzcan las fugas o escapes que van a ser la causa principal de estos eventos.

<b>Ubicación/Evento</b>	<b>Fuga</b>	<b>Fuga/Incendio</b>	<b>Fuga/Explosión</b>	<b>FIE</b>	<b>Intoxicados</b>
<b>Instalaciones:</b>					
Tanque	5	2	1	1	1
Tuberías	5	1	13	1	
Válvulas	---	---	---	1	
<b>Transporte:</b>					
Autotanque	6	2	2	---	
Conexiones	---	---	1	---	
Válvulas	1	---	---	---	
<b>Otros.</b>					
Gasoductos	3	---	2	---	
Camión/cilindros	3	---	---	---	
Vehículos cilindros p/carburación	1	---	---	1	
Cilindros	4	1	---	---	
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>7</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

**Tabla XIII.** Ocurrencia de eventos relacionados con el GLP en el periodo 90-93.

De la tabla anterior se desprende que los eventos principales en el manejo del GLP son las fugas (28 casos), que no siempre conllevan la existencia de fuego o explosión, las explosiones ocupan el segundo lugar (19 casos) y le siguen los incendios (7 casos). Estos datos se pueden considerar como imprecisos dado que no se manejaron sistemáticamente los datos de los accidentes ocurridos y a que muchas empresas no informan de sus accidentes, con todo y esto la tabla nos proporciona una idea cercana a los accidentes que ocurren más frecuentemente lo cual se puede tomar para la identificación cualitativa de riesgos potenciales.

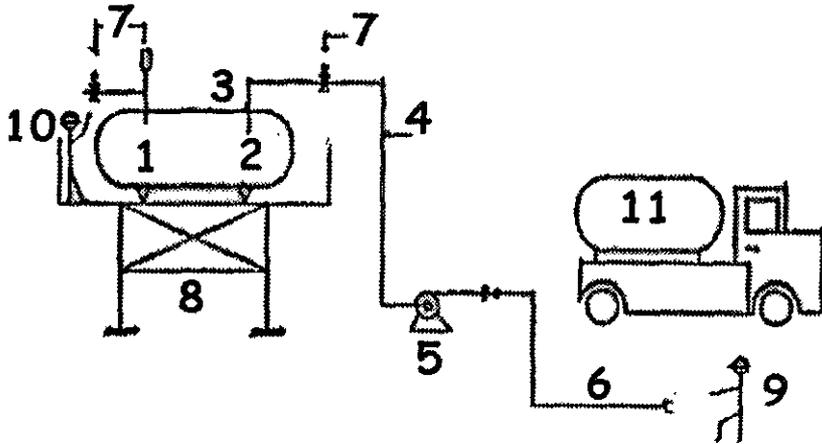
### **Identificación y jerarquización de los riesgos en las instalaciones.**

En este aspecto se requiere la identificación de riesgos por fugas, derrame y/o explosión y clasificarlos de mayor a menor grado, de acuerdo a la magnitud del daño que provocarían en caso de ocurrencia y probabilidad con que se puedan presentar.

Dado que no se cuenta con un registro sistemático de los datos que aporten la información para el calculo de probabilidad de ocurrencia, se procedió a realizar la revisión de las instalaciones (Lista de Verificación) para determinar los puntos que puedan causar eventos inesperados tales como Fugas, Incendios y Explosiones; para ello es conveniente tomar en consideración los siguientes componentes:

- ✓ Area de carga del tanque
- ✓ Area de almacenamiento
- ✓ Zona de carga a vehiculos
- ✓ Procedimiento de operación
- ✓ Procedimiento de seguridad
- ✓ Equipo y accesorios empleados
- ✓ Manejo del material
- ✓ Plano de distribución general del equipo
- ✓ Diagrama de tubería e instrumentación
- ✓ Plano de la planta en conjunto
- ✓ Planos Isométricos del Tanque de GLP
- ✓ Memoria técnico descriptiva.

En la **figura 15** se esquematiza las posibles fallas que se pueden presentar en una estación de servicio de Gas L.P.



- |  |   |
|--|---|
| 1 BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)      | 7. Falla de válvulas  |
| 2. Ruptura   | 8. Falla en la estructura de sustentación                     |
| 3. Falla de soldadura                                    | 9. Falla del operador   |
| 4 Falla de tubería (tramos rectos, codos y uniones)      | 10 Falla del empleado de la empresa distribuidora de Gas L.P. |
| 5. Falla de bombas                                       | 11. Falla en el vehículo repartidor de Gas L.P.               |
| 6 Falla de conexiones Flexibles (manguera de suministro) |   |

Fig. 15. Eventos Riesgosos más comunes en una Estación de Autoabasto de Gas L.P.

Algunos eventos básicos que inciden en la ocurrencia de accidentes tales como falla de válvulas, bomba, tubería etc., se encuentran generalmente catalogados de fabricación, al calcular la probabilidad de ocurrencia se puede calcular para los eventos principales, esto se lleva a cabo usando la "lógica de retroceso", formulando preguntas como: ¿cómo puede suceder esto? o ¿cuáles son las causas del suceso?, considerando para eventos básicos las siguientes frecuencias:

$$f_1 = 3 \times 10^{-12}$$

$$f_2 = 1 \times 10^{-10}$$

$$f_3 = 0.03 \times 10^{-12}$$

$$f_4 = 1 \times 10^{-10}$$

$$f_5 = 1 \times 10^{-9}$$

$$f_6 = 3 \times 10^{-12}$$

$$f_7 = 1 \times 10^{-8}$$

$$f_8 = 3 \times 10^{-5}$$

$$f_9 = 2.5 \times 10^{-6}$$

$$f_{10} = 1.5 \times 10^{-5}$$

$F1 = 1.03 \times 10^{-10}$

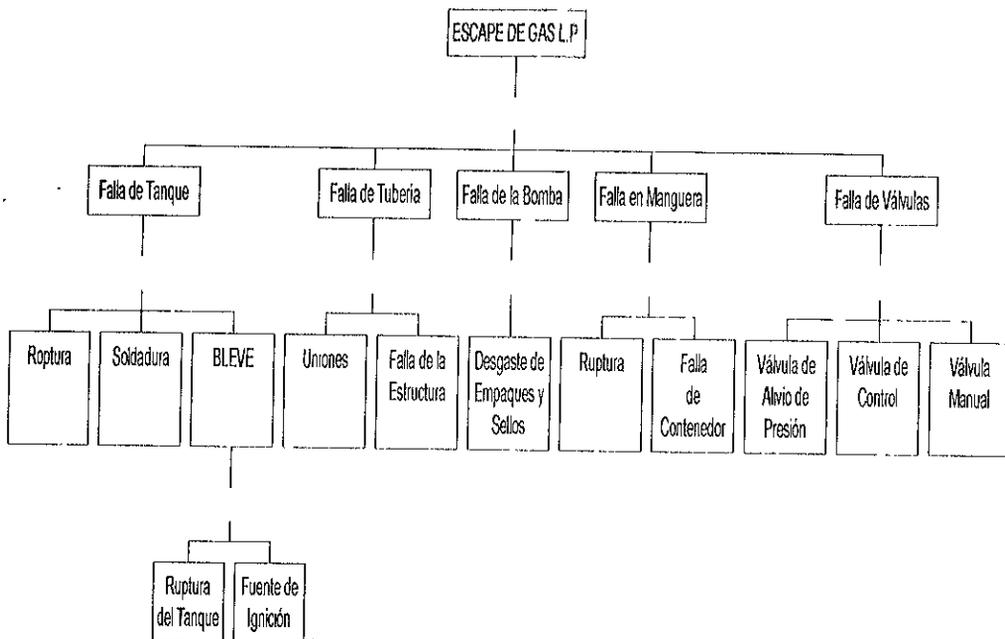
$F2 = 1 \times 10^{-10}$

$F3 = 1 \times 10^{-9}$

$F4 = 1.0003 \times 10^{-8}$

$F5 = 4.75 \times 10^{-5}$

$FT = 4.75 \times 10^{-5}$  veces/hora (fig. 16)



Simbología	
	O
	Y
F	Frecuencia (tiempo <sup>-1</sup> )
P	Probabilidad

Fig. 16. Arbol de fallas del escape de Gas L.P.

De acuerdo con el cálculo anterior la frecuencia de que ocurra un escape de gas por alguna falla es muy baja, pero aún así, se deben tomar en cuenta los posibles eventos que tendrían lugar en caso de una liberación: (fig. 17)

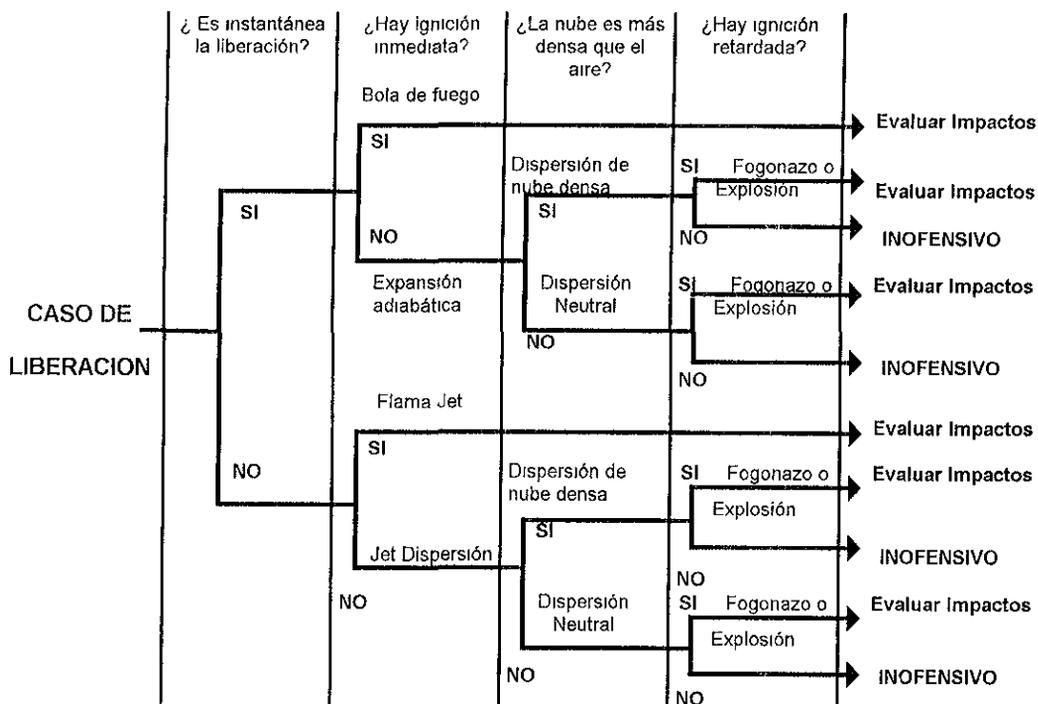


Fig. 17 Arbol de eventos para gases inflamables (INE-PROFEPA, 1994).

### Determinación de las zonas potencialmente afectables

Se requiere presentar los resultados de los modelos matemáticos o índices para determinar las zonas potencialmente afectables, para cada tipo de riesgo, especificando los criterios utilizados. Indicando el nombre y características del modelo de simulación utilizado.

Asimismo se requiere trazar las distancias obtenidas de acuerdo a la aplicación de dichos modelos, en un plano cuya escala cubra las zonas potencialmente afectables

A continuación se ejemplifica solo uno de los posibles eventos, que se deriva de una fuga instantánea y sin ignición inmediata, como ya se ha mencionado el Gas L.P. es más denso que el aire y existe ignición retardada; a este evento se le denomina formación de una nube explosiva. (ver fig. 18 y 19).

<b>DATOS</b>		Fecha: 18/09/95
Lugar de la emisión: Tanque de Almacenamiento	Nombre de la sustancia: Gas L P	
Tipo de sustancia: B gas licuado por alta presión	Peso Molecular (lb/lb.mol): 53.000	
Calor de combustión (BTU/lb)	Limite inferior de explosividad (%): 1.500	
Limite superior de explosividad (%):	Altura de la nube (ft): 19.000	
Densidad a temperatura de proceso (g/mL): 0.508	Temperatura de ebullición (°C): -42.2	
Temperatura del proceso (°C):	Volumen del proceso (Gal): 96.000	
<b>RESULTADOS</b>		
(WL) Peso del material líquido fugado: 14.180 lb		
(V) Fracción de material en la nube: 0.055 %		
D) Diámetro de la nube: 15.477 ft		
(ED) Energía desprendida [DMP]: 0.001402 Ton. de TNT		
(ED) Energía desprendida [DMC]: 0.007010 Ton de TNT		
Presión de la onda de choque (psi)	Diámetro DMP (Daño Máximo Probable)	Diámetro DMC (Daño Máximo Catastrófico)
0.5	44.041 m	75.309 m
1.0	27.091 m	46.667 m
2.0	16.545 m	28.292 m
3.0	13.646 m	23.334 m
5.0	9.961 m	17.034 m
7.0	8.187 m	14.000 m
10.0	6.823 m	11.667 m
20.0	5.492 m	9.392 m
30.0	4.094 m	7.000 m

**Tabla XIV.** Evaluación de Daños por Nubes Explosivas (ver Anexo IV).

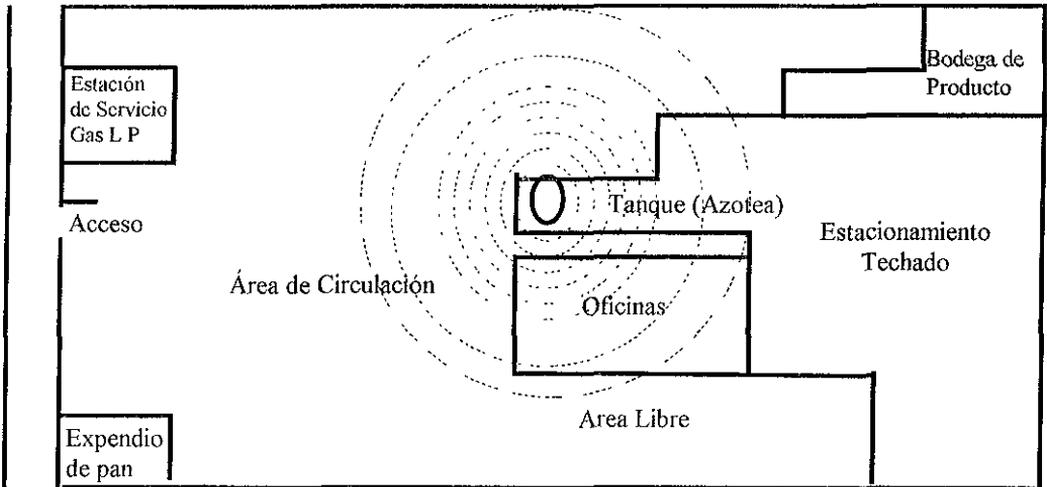


Fig. 18. Ondas de sobrepresión (DMP), provocados por una nube explosiva (sin escala).

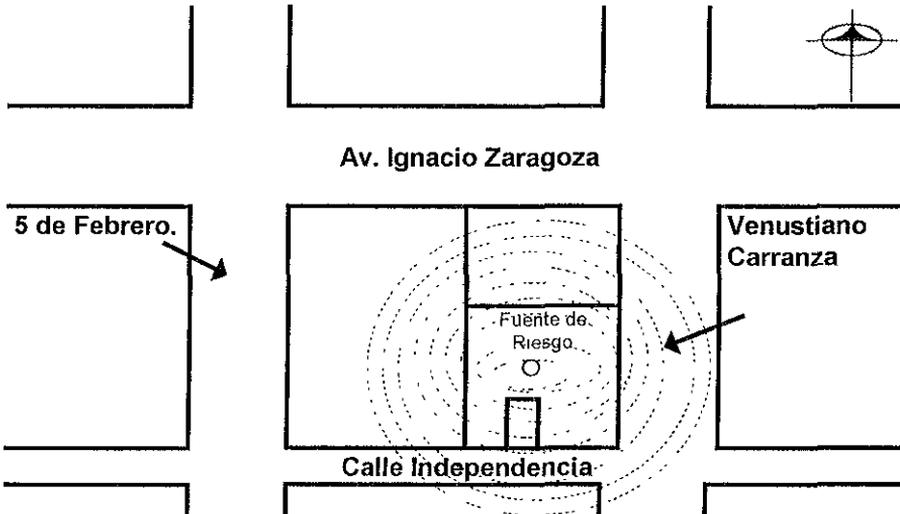


Fig. 19. Ondas de sobrepresión (DMC), provocados por una nube explosiva (sin escala).

## **Discusión de Resultados, Incluyendo el Caso de Estudio.**

La intención de incluir algunos datos sobre la ocurrencia de accidentes relacionado con sustancias riesgosas, básicamente obedece a que al conocer las causas efectos y circunstancias en las cuales estos ocurrieron, se favorece la identificación de procesos y situaciones propensas a este tipo de eventos, así como también la identificación de las consecuencias sobre la salud y el ambiente de modo que la implementación de medidas preventivas correctivas y de reacción a emergencias se facilita enormemente

Para una estación de Autoabasto de Gas L.P. el conocimiento de los accidentes ocurridos por su manejo, según cifras del SINAPROC-CENAPRED, resultó ser la sustancia que ha provocado mayor número de accidentes (durante el período de junio de 1990 a diciembre de 1993); es de gran utilidad al momento de evaluar los riesgos de una empresa, aunque es importante mencionar que para estimar la probabilidad de ocurrencia de un accidente causado por esta sustancia es necesario disponer de datos adecuados y suficientes, si se quieren obtener datos confiables

Desafortunadamente los datos obtenidos no son del todo confiables y suficientes debido a que la fuente principal de información son los periódicos, lo que implica que los accidentes que no fueron publicados han quedado fuera de las estadísticas, por otro lado la descripción disponible, no da una idea clara de las características del accidente. Otro problema es la cuantificación, que generalmente es inadecuada dado que no se valora objetivamente el impacto ocasionado, además muchas veces los accidentes mayores son el principal objeto de las encuestas, subestimando los menores, que ni siquiera son reportados (no se lleva un registro confiable)

De la correcta clasificación de los datos y la atención prestada a la elaboración de los reportes, se pueden detectar situaciones propensas a accidentes, evitar su ocurrencia, planificar e implementar la rehabilitación de personas y áreas afectadas, así como obtener oportunamente la información que permita reaccionar ante los accidentes químicos bajo condiciones de emergencia, el análisis de accidentes ocurridos es necesario porque prioriza las áreas que deben ser atendidas, en función de que la regulación de las actividades con sustancias riesgosas es relativamente nueva.

Por último, cabe mencionar las características que debe contener una descripción de un accidente ocasionado por una sustancia riesgosa, para obtener un estudio retrospectivo satisfactorio y son principalmente: La fuente, fecha, causa, razón, sitio, cantidad y propiedades de los productos químicos liberados, principales formas de exposición humana y consecuencias

En relación a la instalación de empresas, servicios o comercios que involucran actividades riesgosas tienen un sustento legal y pueden ser reguladas ampliamente aunque no de forma específica, es decir, muchas de estas disposiciones contenidas en los diferentes instrumentos, son muy generales, como en caso de la Constitución, los artículos que involucran la protección al ambiente fueron incorporados por reformas (artículo 25 y 73) ya que en un principio no se encontraba contemplada dentro de la carta magna, algunas que incluyen ya cuestiones de riesgo son de reciente publicación como es el caso de la Ley General de los Asentamientos Humanos, LGEEPA, Reglamento de Impacto Ambiental y la Ley Federal de Metrología y Normalización; aquellas que se han publicado recientemente son ya específicas en la materia y pueden ser de gran ayuda para la regulación de las actividades riesgosas, así como para definir categóricamente las competencias federales, estatales y municipales, debido a que estas son bastante claras en su aplicación y atribuciones destacan: la Ley Ambiental del D.F, el listado de Actividades sujetas a Autorización en Materia Ambiental y los que no han sido publicados. el Reglamento de Riesgo Ambiental a nivel federal y el Reglamento de Riesgo para el D.F

Uno de los problemas importantes a los que se enfrenta la regulación en materia de riesgo es precisamente la necesidad de establecer claramente, los límites entre actividades altamente riesgosas y actividades riesgosas, los listados de las primeras son útiles, pero se encuentran muy restringidos al manejar cantidades de reporte, lo que supondría que todas aquellas actividades que requieran cantidades menores de sustancia, no implican riesgo, por lo que es mejor basarse también en las características del establecimiento y del entorno para definir estas actividades.

manera es necesario crear una infraestructura administrativa suficiente para realizar la regulación y el control de las actividades riesgosas en general, lo que actualmente es insuficiente, lo que da como resultado una aplicación real muy restringida.

Por otro lado, los procedimientos o técnicas para la evaluación de riesgos, son herramientas útiles para la planeación de proyectos en lo que respecta al uso del suelo, respuesta a emergencia, para plantas existentes modificación de procesos, implementación de equipos de seguridad, etc.

Debido a ello se considera importante incluir dentro de este estudio una descripción general de posibles opciones para evaluación de riesgos, que van desde las técnicas cualitativas hasta las cuantitativas, cabe aclarar que esta descripción no pretende ser una revisión exhaustiva de cada una de las metodologías, mas bien la intención es proporcionar un panorama amplio de cuales son las alternativas y en caso de requerir información más específica se aboque a una o a unas técnicas en particular.

Como se menciona dentro de la revisión de las técnicas, estas tienen sus ventajas y desventajas por consiguiente no es posible obtener un 100% de éxito, el aumento en dicho porcentaje va a depender de múltiples factores tanto humanos como materiales.

Es importante mencionar que en México no se encuentra arraigado el uso de estas técnicas como parte de la cultura ambiental para minimizar riesgos, sobre todo en áreas industriales, o para planear nuevos asentamientos, se están realizando grandes esfuerzos para incorporarlas, pero desgraciadamente el avance ha sido muy lento y sobre todo que el profesional en este campo se enfrenta a una gran cantidad de problemas, que como se menciona en la parte dedicada a legislación Ambiental en materia de Riesgo, no existe aún una regulación satisfactoria al respecto, así como la infraestructura para su atención es muy pobre.

Finalmente, posterior a la identificación y evaluación de los riesgos se plantean las medidas de control, específicas y generales de los mismos, para una mayor seguridad debe contar con el denominado Programa de Prevención de Accidentes que incluye todos los posibles eventos que pudieran ocurrir dentro de la empresa

## Capítulo IX.

### Conclusiones

---

Existe una gran cantidad de factores que deben tomarse en cuenta para realizar una evaluación de Riesgo, que muchas veces es necesaria la intervención de profesionales en diversas disciplinas para llevarlo a buen término, por otra parte no se ha profundizado más en el desarrollo de las técnicas de evaluación de riesgos debido a que estas están disponibles en paquetes o software.

La aplicación de las diversas técnicas y criterios para realizar una evaluación integral de riesgos, depende muchas veces de los objetivos que se persigan, del tamaño de las instalaciones, ubicación etc., por lo que no es posible muchas veces dar el mismo tratamiento, aunque se trate de la misma actividad, debido a ello es necesario particularizar, cada uno de los estudios.

Es importante mencionar que estas herramientas son útiles para el análisis de riesgo, pero lo más importante es la toma de decisiones a partir de su utilización, puesto que se verá reflejado en la disminución de los riesgos al proponer las medidas de control adecuadas, que no resulten excesivas o bien se apliquen a la ligera.

Desde un punto de vista particular, el estudio de sustancias riesgosas, es muy importante, si se realizará adecuadamente, desgraciadamente la legislación con la que se cuenta esta bastante fragmentada, no es posible llevar un control por lo menos a nivel de nuevas instalaciones, ni hablar de los establecimientos que ya se encuentran funcionando, debido a que la legislación aplicable es bastante incongruente y lo que una Ley apoya la otra no lo ratifica, no existen normas que regulen las actividades de riesgo y comprometan a las industrias a realizar una evaluación, además de que no existen estándares para llevar a cabo una evaluación de riesgo.

La utilización del análisis de riesgo para establecimientos que manejan Gas L P puede ser aplicable cuando la cantidad que se maneja es considerable y puede tener afectaciones de gran magnitud al entorno, para establecimientos que manejan

cantidades pequeñas podría no ser aplicable, pero sería dejar a consideración del proponente el realizar la actividad con seguridad o no, lo que tendría como consecuencia la proliferación de este tipo de establecimientos (como es el caso de las estaciones de abasto de gas L.P. clandestinas o incluso que se realice el vaciado de combustible directamente del autotank al vehículo), representando pequeños riesgos acumulables, además de que al no realizar esta actividad conforme a las especificaciones puede traer como consecuencia fugas considerables a la atmósfera.

Por otro lado y de acuerdo con los datos analizados, se concluye que los eventos que ocurren con mayor frecuencia en orden decreciente son fugas, incendios y explosiones y que los lugares con mayor incidencia de estos eventos son las instalaciones fijas, en primer lugar las tuberías y en segundo los tanques de almacenamiento

Es importante mencionar que se enfatiza, el evento que lleva a la formación de una nube explosiva, ya que este es el que produce mayores consecuencias sobre instalaciones, individuos y ambiente, con los siguientes resultados (en instalaciones):

Estructuras	Daño	Sobrepresión Máxima Aproximada	
		PSI	Kpa
Cristales	5% rotas	0.1-0.15	0.7-1.0
	50% rotas	0.2-0.4	1.4-3.0
	90% rotas	0.5-0.9	3.0-6.0
Casa	Tejas Desplazadas	0.4-0.7	3.0-5.0
	Marcos de puertas y ventanas rotos	0.8-1.3	6.0-9.0
	Habitables después de la reparación, algunos daños de techos, ventanas y tejas	0.2-0.4	1.4-3.0
	Daños menores de la estructura, tabiques y marcos arrancados de sus sitios	0.5-0.9	3.0-6.0
	Inhabitables caída parcial o total del techo, demolición parcial de uno o dos muros exteriores, daños importantes de los tabiques que soportan el peso	2.0-4.0	14.0-28.0
	50-75% de ladrillos exteriores destruidos o en situación peligrosa	5.0-12.0	35.0-80.0
	Demolición casi completa	11.0-37.0	80.0-260.0
Postes de Telégrafos	Destruídos	10.0-25.0	70.0-170.0
Grandes Arboles	Destruídos	24.0-55.0	170.0-380.0
Vagones de Ferrocarril	Al límite del descarrilamiento	12.0-27.0	80.0-190.0

1 bar = 100 Kpa = 14.7 PSI.

Por último del estudio de caso, tomando como base las consideraciones arriba mencionadas, se desprende lo siguiente:

Como medida de prevención de riesgos todas las instalaciones deberán estar construidas de conformidad con la Norma Oficial Mexicana (N.O.M.- 025-SCFI-1993, Estacion de Gas L.P. con Almacenamiento Fijo Diseño y Construcción), de esta manera se incluyen elementos de seguridad tales como:

- Elección del mejor sitio para ubicar la estación.
- Distanciamientos entre los diferentes componentes de la instalación.
- Especificaciones en cuanto al equipo, tuberías y accesorios que se utilicen para el almacenamiento y manejo del Gas L.P.
- Medidas generales de seguridad.
- Especificaciones de los materiales que componen el sistema eléctrico.
- Rótulos de prevención, pintura y colores distintivos.
- Protección contra daños producidos por el tránsito.
- Pruebas de hermeticidad.
- Del estudio de riesgo se desprenden medidas para controlar o minimizar los riesgos:
- Los recipientes de almacenamiento se deben localizar en lugares bien ventilados.
- El terreno donde se ubiquen las tuberías y accesorios que conecten con el Tanque de almacenamiento debe estar apisonado, y no tener pozos, depresiones, sumideros ni alcantarillas, debido a que son propicias para la acumulación de Gas L.P
- De acuerdo con el análisis de los riesgos identificados y sus posibles consecuencias, se deberán tomar las medidas necesarias para que la estación este lo más alejada posible de los puntos de concurrencia del personal, lugares con almacenamiento de sustancias que puedan generar eventos en cadena (explosiones o incendios subsecuentes):

Líquidos inflamables	distancia mínima de separación 6 metros.
Oxígeno líquido	desde los 6 metros hasta 45 metros dependiendo de la cantidad almacenada de ambas sustancias.
Materiales tóxicos	mínimo 15 metros, depende de las cantidades almacenadas

## Capítulo X.

### Recomendaciones

---

De los resultados y conclusiones obtenidas se tienen las siguientes recomendaciones:

1. Contar con dispositivos para dirigir cualquier derrame de Gas L.P. hacia una zona de evaporación o un colector, el cual debe de estar alejado de edificios ocupados o fuentes de ignición. (para instalaciones con capacidad de almacenamiento mayor de 12,000 L).
2. Colocación de detectores de gas para alertar sobre la presencia de Gas L.P.
3. Colocación de dispersores de agua o aislamiento térmico (se recomienda sólo para recipientes con una capacidad superior a los 20,000 L)
4. Colocación de muro cortafuegos (sólo a un lado del recipiente o grupo de ellos).
5. Los recipientes de almacenamiento horizontal deberán estar colocados de tal manera que sus ejes largos no apunten hacia edificios ocupados cercanos, componentes importantes de equipo o cisternas de almacenamiento que contengan materiales con riesgo de accidente.
6. Verificación periódica de las instalaciones de tal manera que cumplan con los criterios de diseño.
7. Verificación periódica de pruebas de hermeticidad realizadas.
8. Colocación de valla de seguridad hecha de materiales que no impidan la ventilación natural y sean incombustibles.
9. Evitar la disposición de materiales combustibles y ubicación de fuentes de ignición, cercanas al área de almacenamiento.
10. Debe existir un abastecimiento suficiente de agua para la protección contra incendios, los sistemas de mojado fijo deben estar diseñados para controlarse

desde una posición segura, además de contar con un drenaje adecuado para desalojar el agua utilizada en la protección contra incendios.

11. Dotación de equipo contra incendios, va a depender de la capacidad de almacenamiento, las dimensiones de los recipientes, del grado de riesgo de incendio que exista, ubicación de los cuerpos de auxilio etc.
12. Elaboración de un programa escrito de mantenimiento y llevar registros apropiados para verificar su eficacia.
13. Elaboración de instrucciones por escrito de las responsabilidades de todo el personal relacionado con el manejo del Gas L.P.
14. Elaboración de un programa de capacitación y actualización del personal en el manejo del Gas L.P.
15. La importancia del PPA radica en la organización que se plantea dentro de éste, para atender las emergencias derivadas de la posible ocurrencia de los eventos (riesgos detectados) e involucra las actividades a realizar antes, durante y después del accidente.
16. Respetar el Uso de Suelo asignado a una determinada área, de esta manera se da un gran paso en la disminución de Riesgos.
17. Que las instalaciones que se utilizan para actividades de riesgo, cumplan con la Normatividad vigente (la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SCFI-1993).
18. Regular más específicamente las actividades de riesgo, dado que no existe una Normatividad específica o bien esta desfasada, puesto que existen Normas a nivel federal, pero no un Reglamento en la materia, o bien se encuentra incluido de forma complementaria en el Reglamento en Materia de Impacto Ambiental.
19. Que las Autoridades competentes cuenten con la infraestructura necesaria para llevar a cabo la evaluación de riesgo desde la fase de proyecto, puesta en operación y cierre de la planta, dado que muchas industrias o servicios que involucran actividades de riesgo se encuentran en funcionamiento sin haber realizado una evaluación previa y son fuentes potenciales de accidentes.

20. Por otra parte es urgente que los establecimientos que manejan sustancias riesgosas incorporen dentro de sus procedimientos el factor estadístico, es decir que realicen un registro completo de los accidentes que ocurren dentro de su planta incluyendo los accidentes más simples hasta los más complejos, caracterizándolos de tal manera que puedan aportar datos que actúen para una estimación predictiva
21. Que los prestadores de servicios en materia de riesgo se comprometan a realizar un análisis de riesgo, objetivo e imparcial, no como un simple requisito administrativo. Que se realice una mayor difusión en el quehacer en Materia de Riesgo, para que los propietarios de establecimientos que manejan sustancias riesgosas estén informados de cuales son las acciones que debe tomar para que la actividad que desarrollan se lleve a cabo con las disposiciones ambientales y de seguridad vigentes.

## Capítulo XI

### Bibliografía

---

1. Asamblea de Representantes del Distrito Federal (1993) "Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal", Diario Oficial, 2 de agosto, México, D.F.
2. Basurto Gonzalez Daniel (1994) "Seminario Riesgo Industrial y Desastres Ecologicos" Programa Interinstitucional de Prevencion de Riesgo y Monitoreo Industrial U.N.A.M. 7 de septiembre, Mexico, D.F.
3. Butron Silva Jesús Arturo (1994) "Memorias del Curso Piloto de Capacitación en Materia de Riesgo Ambiental", CONIQQ, México, D F.
4. Center for Chemical Process Safety (1992) "Guidelines for Hazard Evaluation Procedures", *Second Edition New York, American Institute of Chemical Engineers*
5. CNMU,MH (1972) "La Declaracion de Estocolmo" junio, Estocolmo, Suecia
6. Concord Environmental, SEDESOL-PROFEPA (1994) "Memorias del Curso, Emergencias Ambientales: Evaluacion y Manejo de Accidentes Ambientales, Convenio de Cooperacion Tecnica Mexico-Canada, marzo 22-25, Mexico, D.F.
7. Concord Environmental, SEDESOL-PROFEPA (1994) "Memorias del Curso, Respuesta Inicial a Emergencias Quimicas", Convenio de Cooperacion Tecnica Mexico-Canada, abril 5-8, Mexico, D.F.
8. Control Ambiental Integral S.A. (1994) "Memorias del Curso-Taller Auditorias Ambientales Alcances y Perspectivas", abril 11-15, Mexico D.F.
9. Cortinas de Nava C. (1993) "Chemicals Regulations and Management in Mexico an International Perspective", SEDESOL-I.N.E. Mexico Pp: 59-63.
10. Cortinas de Nava C. y Vega Glison S.:(1993) "Residuos Peligrosos en Mexico y En el Mundo" SEDESOL Mexico
11. Diario Oficial de la Federación, (1960) "Reglamento de la Distribución de Gas", Publicado en el Diario Oficial el 29 de Marzo, México, D.F.

12. Diario Oficial de la Federación, (1970) "Instructivo para el Diseño y Ejecución de Instalaciones de Aprovechamiento de Gas Licuado de Petróleo", Publicado en el Diario Oficial, el 30 de Julio, México, D.F.
13. Diario Oficial de la Federación, (1970) "Instructivo para la Proyección y Ejecución de Obras e Instalaciones Relativas a Plantas de Almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo", Publicado en el Diario Oficial, el 21 de Diciembre, México, D.F.
14. Diario Oficial de la Federación, (1976) (1991) "Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal", Publicada en el Diario Oficial, el 7 de Enero de 1976, Modificada por Decreto Publicado el 4 de Enero de 1991, México, D.F.
15. Diario Oficial de la Federación, (1982) "Reglamento de Zonificación para el Distrito Federal", Publicado en el Diario Oficial, el 20 de Abril, México, D.F.
16. Diario Oficial de la Federación, (1993) "Proyecto de Norma Oficial Mexicana N O M -021-SCFI-1993, Recipientes Sujetos a Presión no Expuestos a Calentamientos por Medios Artificiales para Contener Gas L P", Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de Julio, México, D.F.
17. Diario Oficial de la Federación, (1993) "Reglamento de Distribución de Gas L.P.", Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de Noviembre, México, D.F.
18. Diario Oficial de la Federación, (1993) N.O.M.-025-SCFI-1993, "Estaciones de Gas L P. con Almacenamiento Fijo Diseño y Construcción", Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de Octubre, Mexico, D.F.
19. Diario Oficial de la Federación, (1993) N.O.M.-026-SCFI-1993, "Estación de Gas L.P. Sin Almacenamiento Fijo Diseño y Construcción", Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de Octubre, Mexico, D.F.
20. Diario Oficial de la Federación, (1994) "Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal", Diario Oficial, el 30 de Diciembre, México, D.F.
21. Diario Oficial de la Federación, (1994) "Proyecto de Norma Oficial Mexicana N.O.M.-069-SCFI-1994, Instalaciones de Aprovechamiento de Gas L.P", Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 1o de Agosto, México, D.F.

22. Dinámica Heurística, S.A. De C.V. (1994) "Modelos de Evaluación de Daños por Nubes Explosivas" SCRI II, Programa Computacional. (Memoria de Cálculo).
23. Dirección de Ecología (1993) "Análisis de Riesgo de la empresa Panificación Bimbo" Para Consulta-Biblioteca, México, D.F.
24. Dirección de Ecología (1994) "Memoria de Cálculo de Análisis de Riesgo de un Proyecto de Estación de Servicio de Gas L.P., con Almacenamiento Fijo (Autoabasto-Sabritas)", Para Consulta Pública-Biblioteca, México, D.F.
25. Dirección de Ecología (1994) "Memoria De Cálculo de Análisis de Riesgo de un Proyecto de Estación de Servicio de Gas L.P., con Almacenamiento Fijo (Autoabasto-Servicio Panamericano)". Consulta Pública-Biblioteca, México, D.F.
26. Dow (1987) "Dow'S Fire and Explotion Index, Hazard Clasification Guide" 6th Edition, Thecnical Manual, New York, American Institute of Chemical Engineers
27. Gaceta Oficial (7 de Abril de 1997), "Acuerdo que Establece el Listado de Obras o Actividades que requieren Autorización de Impacto Ambiental. Las Modalides para su Evaluación y los Formularios e Instructivos aplicables", México D.F.
28. Gaceta Oficial, ( 11 de Julio de 1996), "Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal", México D.F.
29. Gaceta Oficial, (5 de Octubre de 1992), "Acuerdo por el que se Aprueba la Versión del Programa Director para el Desarrollo Urbano del Distrito Federal" (Reimpresión) México D F.
30. Gaceta Oficial, (8 de Julio de 1996), "Ley Ambiental del Distrito Federal", México, D.F.,
31. González Márquez José Juan y cols (1994) "Derecho Ambiental", U.A.M.-Azcapotzalco, Grupo Editorial Eon, S A de C V , México, D.F.
32. Imperial Chemical Industries (1985) "The Mond Index" Second Edition, Cheshire: England.

33. INEGI; (1994) "Lista de Actividades Consideradas de Riesgo" Censos Económicos, México D.F.
34. IUCN, PNUMA, WWL, (1980) Estrategia Mundial para la Conservación
35. Leopold C. Kokozka., Jared W. Flood. (1989) "Environmental Management Hanbook, Toxic Chemical Materials and Wastes", Marcel Dekker, N.York, U.S.A.
36. López-Portillo Contreras Arturo (1994) "Guías para la Elaboración de Estudios de Riesgo Ambiental, en sus Modalidades: Informe Preliminar de Riesgo y Análisis de Riesgo", D.G E., México, D.F
37. López-Portillo Contreras Arturo (1994) "Identificación de Tipos de Giros Representativos en Materia de Riesgos y Tipos de Obras o Actividades en que se Aplicarán las Guías para la Elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental", D.G.E., México, D.F.
38. López-Portillo Contreras Arturo (1994) "Metodología para la Evaluación Cuantitativa del Riesgo Ambiental de una Instalación debido a Peligros Químicos", D G E , México, D F
39. Pemex (1987) "Relación de Accidentes Ocurridos en PEMEX, de Febrero de 1982 al 25 de Diciembre de 1986" (No Publicado).
40. PNUMA/OIT/OMS/LPCS (1993) "Control de Riesgos de Accidentes Mayores", Manual Práctico, Editorial Alfa-Omega Ginebra Suiza, Impreso en México, D.F.
41. Richard A. Chechile And Susan Earlisle (1991) "Environmental Decision Making, An Multidisciplinary Perspective", Editorial Van Nostrand Reinhold, N. York U.S.A.
42. Secretaria de Obras y Servicios (1995) "Sistematización del Atlas de Riesgo de la Ciudad de México", Coordinación General del Programa de Prevención de Riesgos, México D F.
43. SEDESOL (1988) "Proyecto de Reglamento para la Prevención y Control de los Riesgos Ambientales", (No Publicado)

- 44 SEDESOL (1992) "Acuerdo por el que se Delegan en el Titular de la Dirección de Ecología del Departamento del Distrito Federal, las Facultades que se indican", Publicado en el Diario Oficial de la Federación, 6 de Noviembre, México, D F.
45. SEDESOL (1992) "Ley Federal sobre Metrología y Normalización", Publicada en el Diario Oficial, México, D.F
46. SEDESOL (1993) "Ley General de Asentamientos Humanos", Publicada en el Diario Oficial, Miercoles 21 de Julio, México, D F
- 47 SEDESOL (1994) "Acta de la Novena Reunion del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental del 27 de Junio", México D F
48. SEDESOL (1994) "Reuniones Junio-Agosto del Subcomite de Riesgo Ambiental", Dirección General de Normatividad Ambiental, México D F
49. SEDESOL, (1994) "Situación Actual de las Normas Oficiales Mexicanas para 1994" Dirección de Área de Normas, México, D F
50. SEDESOL-INE (1993) "Guía para la Elaboración de los Programas para la Prevención de Accidentes", COAAPP, Revisión de Marzo 11 México, D.F.
- 51 SEDESOL-INE (1993) "Matriz de Evaluación Interna de los Programas para la Prevención de Accidentes" Uso Interno, México, D F
- 52 SEDESOL-INE (1994) "Proyecto de Reglamento Interno del COAAPP", México, D F (Inedito)
- 53 SEDESOL-INE "Guía para la Elaboración del Estudio de Riesgo Modalidad: Análisis de Riesgo", Uso Interno, México, D.F.
- 54 SEDESOL-INE "Guía para la Elaboración del Estudio de Riesgo Modalidad. Informe Preliminar De Riesgo", Uso Interno, México D F.
- 55 SEDESOL-ITESM- Arthur D. Little of Canada Limited (1994), "Memorias del Curso Análisis de Riesgo Ambiental", Abril , México D F

- 56 SEDUE (1985) "Programa Operativo para la Atención de Emergencias Urbanas contra Riesgos por Instalaciones Industriales y Almacenamiento de Materiales Inflamables y Explosivos", Noviembre, México, D F
57. SEDUE (1988) "Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente", Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 28 de Enero, México, D.F
58. SEDUE (1988) "Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental", Publicado en el Diario Oficial, el día 7 de Junio, México, D.F.
- 59 SEDUE-SEGOB (1990) "Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas (Sustancias Tóxicas)," Publicado en el Diario Oficial, el 28 de Marzo, México D.F.
- 60 SEDUE-SEGOB (1992) "Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas (Sustancias Explosivas e Inflamables)", Publicado en el Diario Oficial, el 4 de Mayo, México D F
- 61 SEGOB-SINAPROC-CENAPRED (1994) "Incendios", Fascículo 7, 2a Edición, Junio, México, D.F.
62. SEGOB-SINAPROC-CENAPRED (1994) "La Prevención de Desastres en México", Fascículo 1 2a Edición, Marzo, México, D.F.
- 63 SEGOB-SINAPROC-CENAPRED (1994) "Riesgos Químicos", Fascículo 6, 2a Edición, Junio, México, D.F.
- 64 SEMARNAP-PROFEPA (1996) "Reformas a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. México, D.F.
- 65 SEMIP-CNSNS "La Aplicación del Procedimiento de Impacto Ambiental en la Evaluación de Actividades de Elevado Potencial de Riesgo, Documento Síntesis" México, D.F. (No Publicado)
- 66 Sheldon Krinsky And Dominic Golding (1991) "Factoring Risk Into Environmental Decision Making", Editorial Van Nostrand Reinhold, New York, U.S A

67. Silano, Vitorio (1985) "Evaluación de Riesgos para la Salud Pública, Asociados con Accidentes Causados por Agentes Químicos", 2a Edición Italia OPM/OMS
68. SINAPROC-CENAPRED (1994) "Reporte de Eventos Ocurridos de Junio de 1990 a Diciembre de 1993", ACQUIM-Sistema de Base de Datos de Accidentes Químicos Ocurridos en la República Mexicana, México, D.F
69. Tyler, G., Miller, Jr. (1993) Environmental Science: "Sustaning The Earth", Wadsworth Publishing Company, Belmont California Forth Edition
70. Westman, W. E. (1985) "Ecology, Impact Assessment and Environmental Planning". Editorial John Willy And Son Inc., U.S.A.

## Anexo I

### Métodos Cualitativos de Análisis de Riesgo.

#### Lista de Seguridad.

##### Descripción

También denominado inspección de seguridad, puede ser usado en cualquier etapa del proceso, ayuda a identificar condiciones de la planta y procedimientos de operación inseguros, de esta se derivan, recomendaciones o acciones específicas.

##### Propósito.

Alertar al personal de los riesgos.

Revisar procedimientos de operación.

Identificar cambios en equipos o procesos pudieran cambiar la situación de riesgo.

Evaluar los diseños base de control y seguridad del sistema.

Revisar la aplicación de nueva tecnología en relación con los riesgos

Revisar el mantenimiento adecuado y la realización de inspecciones de seguridad.

##### Requerimientos

Estándares y familiaridad con los procedimientos.

Descripciones de la planta y procedimientos.

##### Ventajas

- Ayuda a eliminar los riesgos y así eliminar las costosas modificaciones futuras.
- Requiere de un esfuerzo relativamente pequeño, comparado con otras técnicas de riesgo.

##### Desventajas

- No permite prioridades en los descubrimientos, debido a esto cada riesgo y medida de control del mismo, reciben igual consideración.
- No es sistemática.
- Recae en gran medida en el proceso de la experiencia, intuición e imaginación del analista.

PREGUNTA BASICA (se deben derivar preguntas más específicas).	SI	NO	OBSERVACIONES
Las actividades colindantes son compatibles con la Estación de servicio de Gas L.P.			
Existen fuentes de ignición cercanas a la estación de servicio.			
Se han proyectado acciones para la estación de servicio en caso de desastres naturales.			
La señalización existente es suficiente para evitar algún accidente.			
La capacitación que se les da a los empleados cumple con los objetivos mínimos de seguridad.			
La protección existente, contra daños mecánicos cumple con los requisitos mínimos de protección.			
Se ha revisado con periodicidad los elementos de seguridad y protección (válvulas, extinguidores, llaves de paso, de corte etc.)			
Cuenta con un programa de revisión y mantenimiento de instalaciones			

Tabla 1. Lista de Seguridad, propuesta para una estación de gas L.P. (fragmento).

## Lista de Verificación (Checklist).

### Descripción

Utiliza una lista escrita o procedimiento por pasos para verificar el estado del sistema.

### Propósito

Identificar riesgos

Checar que concuerden los procedimientos con los estándares establecidos.

### Requerimientos

Manual de procedimientos del equipo, instalaciones, etc.

Conocimiento del sistema/planta

Listas de verificación apropiadas (que estén acordes con el procedimiento).

### Ejecución de la Revisión

Sistemas Existentes: inspecciones e intervenciones.

Procesos nuevos: revisión de los proyectos por miembros del equipo.

### Resultados

Respuestas a preguntas de verificación estándares.

Lista de riesgos y de acciones correctivas sugeridas.

### Ventajas

- Es el método más simple de análisis de riesgo disponible.
- Su desarrollo requiere de personal de alto conocimiento, pero su utilización puede realizarla personal relativamente menos capacitado, con una efectividad aceptable si ha sido instruida adecuadamente en su aplicación.
- Es una técnica dinámica (puede modificarse según necesidades, es multidisciplinaria)

### Desventajas

- No prioriza los puntos de interés.
- No identifica riesgos que sean resultado de interacciones.
- Tiende a limitar la atención hacia el punto inmediato y la creatividad de quien la utiliza.
- Solo son tan buenas como la habilidad de quien las prepara.

## Análisis "Que Pasa Si", "What If"

### Descripción

Lluvia de ideas que dan origen a un grupo de preguntas sobre un sistema observado.

### Propósito

Identificar riesgos, sus consecuencias y mitigación.

### Requerimientos

Descripción de procesos, esquemas y procedimientos de operación.

### Prioridades para Revisión

Sistemas existentes: entrevistar al personal y visitar los sitios.

Desarrollar preguntas preliminares.

Sistema Nuevo. preguntas preliminares.

### Ejecución de la Revisión

Revisión del proceso, empezando con la parte de alimentación hasta el proceso final.

Hacer la pregunta "que pasa si" en cada etapa del esquema.

### Resultados

Recomendaciones para reducir el efecto de los riesgos.

No jerarquiza los riesgos

### Ventajas

- No requiere una técnica especializada
- Puede ser hecha en cualquier época durante el tiempo de vida de la planta
- Medianamente económica.
- El resumen de los datos se presenta en forma tabular.

### Desventajas

- Requiere de un equipo de personas calificadas.
- Es necesario confiar en la experiencia del equipo, su intuición y su imaginación.
- Es subjetivo y no sistemático como algunos otros métodos
- Los resultados son cualitativos sin prioridad numérica.

No.	Pregunta ¿que pasa si...	Respuesta/Riesgo	Nivel crítico	Posibles recomendaciones
18*	se rompe la línea de vapor de la cabecera de la columna? Nota. aplicable a todas las líneas principales, conectadas a las cabeceras de las columnas y principales de columnas recibidoras	se puede iniciar un procedimiento de corte de emergencia El contenido de la unidad de concentración de gas , la columna y el reactor se pueden liberar a la atmósfera	M**	Seguir el estándar de procedimientos y prácticas Notificar estado y responsabilidad a las agencias gubernamentales
23	se rompe el medidor de nivel de columna principal	Sería liberado el H2S en una corriente de vapor de hidrocarburos hasta que el operador bloquee el medidor de nivel. El operador sería alertado por presión errática y niveles de lectura en una sala de control y nivel de alarma	M	Seguir procedimientos estándares y prácticas.
28	se rompe el tubo de inter-etapas del enfriador de la unidad de concentración de gas (UCG)	El hidrocarburo sería liberado en el agua de enfriamiento. El H2S sería arrastrado por el aire que saliera de la torre de enfriamiento	M	Probar hidrostáticamente las uniones y los tapones de las goteras cuando se limpien.
53	se rompen los tubos del condensador o hay goteras en los cabezales del mismo	Sería soltado al aire vapor conteniendo H2S. El operador inspecciona las áreas semanalmente Los monitores de ácido sulfhídrico instalados en el área podrían alertar al operador de la liberación del mismo, se podría remover el tubo roto y la gotera se debe reparar.	M	Seguir estándar de procedimientos de operaciones y prácticas.
59	hay fallas en la válvula de escape	Notificado por trabajadores de planta y bloqueando hasta que este sea reparado. Liberación nula.	M	Inspeccionar válvula de escape periódicamente

\*se incluyeron preguntas solo de nivel crítico mediano \*\*B = bajo, M = mediano, A = alto

Tabla 2 . Extracto de los resultados de análisis ¿What.. if? a una refinería (INE-SEDESOL-ITESM, 1994).

## Análisis Falla-Efecto (FMEA).

### Descripción

Tabula las posibles fallas del equipo y sus efectos en el sistema o planta

### Propósito

Examina los componentes-falla y sus efectos en el proceso.

Recomendaciones para mejorar la confiabilidad del equipo.

### Requerimientos

Define los problemas de estudio por:

- i) establecimiento del nivel de resolución
- ii) define condiciones puntuales.

### Ejecución de la Revisión

Usa un formato de estándares.

Comienza con un sistema puntual y evalúa equipos análogos a través de las rutas.

Los estándares incluyen:

- i) Identificación de equipo
- ii) Descripción de equipo.
- iii) Posibles fallas.
- iv) Efectos sobre a) otros equipos, b) sobre los procesos
- v) Seguridad: reduce la frecuencia de fallas, reduce las consecuencias.
- vi) Acciones

### Ventajas

- Fácil de construir a nivel de componentes
- Sencillo para ser interpretado por el personal
- Se toma menos tiempo que para una metodología de estudio detallada.
- Revela rápidamente fallas fatales cuando esta propiamente ejecutada

### Desventajas

- Indica un solo componente a la vez.
- No revela interacciones importantes entre los componentes y otros componentes o sistemas
- No desarrolla una descripción detallada para proporcionar una base uniforme de cuantificación de los efectos del sistema.

## Análisis de Riesgo y Operación (HAZOP)

### Descripción

Se utiliza para identificar riesgos, usando una guía escrita desarrollada por la empresa ICI.

### Propósito

Identifica riesgos sistemáticamente, en un sistema continuo en operación.

### Requerimientos

Definición del propósito, objetivo y alcance del estudio.

Seleccionar un equipo de trabajo experimentado en diseño, operación y mantenimiento de proceso.

Obtención de datos necesarios.

Acordar las reuniones necesarias.

### Ejecución de la Revisión

Dividir el proceso o procedimientos en estudio, en módulos, secciones o pasos.

Los riesgos son identificados por palabras guía

Registro de las desviaciones con sus causas, consecuencias, salvaguardas y acciones

### Resultados

Identificación de riesgos y problemas de operación

Recomendaciones para mejorar la seguridad.

Ubicación de áreas que requieren mayor estudio

### Ventajas

- Prioriza riesgos,
- Proporciona conocimiento en donde se pudiesen encontrar las fallas potenciales
- Proporciona un vehículo para futuras recomendaciones para las modificaciones del diseño de la planta o modificaciones a la planta
- Proporciona la documentación de la seguridad de cada línea y pieza del equipo.
- Proporciona las bases priorizadas para el análisis de riesgo subsecuentes.
- Proporciona las bases para un programa de prevención

### Desventajas

- Requiere un equipo multidisciplinario, familiarizado con el proceso o actividad en cuestión.
- Es necesario llevar a cabo reuniones sistemáticas del equipo de trabajo.

PALABRAS GUÍA	DESVIACIÓN
No	Negación del intento diseñado
Menos	Decremento cuantitativo
Más	Incremento Cuantitativo
Parte de	Decremento cualitativo
Tanto como	Incremento cualitativo
Retroceso	Oposición lógica del intento
Otro que	Sustitución completa

Tabla 3 Palabras guía utilizadas para el análisis HAZOP.

## Anexo II

---

### Métodos Semicuantitativos de análisis de Riesgo.

#### Índice Dow de Fuego y Explosión.

##### Descripción

Es un método de cálculo basado en conceptos tradicionales de análisis de riesgo, calcula un índice o puntaje comparando las características de los procesos peligrosos

##### Propósito

Identificar las áreas claves del proceso que contribuyen más al riesgo, identificar las propiedades materiales claves, condiciones de proceso y/o características del proceso, usar los resultados para determinar entre diseños en competencia, emplazamientos u opciones de operación, comparar los peligros previstos y atributos de accidentes de las áreas de proceso contra otros en los que los atributos son mejor comprendidos o aceptados.

##### Requerimientos

Planos exactos de las instalaciones de la planta  
Diagrama de avance del proceso  
Otra información guía

##### Ejecución de la Revisión

Seleccionar el proceso pertinente  
Determinar la unidad del factor de riesgo  
Calcular los factores de riesgo del proceso general  
Calcular los factores de riesgo de los procesos especiales  
Calcular el índice (determinar radio de la explosión)  
Calcular el factor de daño  
Determinar el valor del equipo en el área expuesta  
Determinar la base máxima probable de daños a la propiedad  
Calcular los factores de crédito de control de la pérdida  
Calcular la base máxima probable de daños a la propiedad actual

##### Resultados

Estimación de la merma máxima probable para el sistema y estimación del costo de interrupción del negocio asociado con la pérdida de producción

##### Ventajas

- Relativamente fácil de usar.
- Puede ser utilizado por el servicio de seguridad de la empresa.
- Puede ser desarrollado por una empresa ajena o un consultor externo.
- Permite establecer graduaciones o urgencias en el desarrollo de las medidas a tomar

##### Desventajas

- Es necesaria una preparación teórico-práctica importante.
- Es de carácter relativo y no de valores absolutos de riesgo.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

## Indice Mond

### Descripción

Se deriva de una modificación al índice Dow, que se le añadieron consideraciones sobre tóxicos y características fuera del lugar del incidente; genera preguntas concernientes a los riesgos potenciales, durante la etapa de planeación antes de la operación del proceso

### Propósito

Ser utilizado durante la planeación o la fase de ingeniería principalmente, aunque realizando algunas modificaciones se puede utilizar en la etapa de operación de la planta o proceso

### Requerimientos y Ejecución de la Revisión

Dividir la planta en pequeñas unidades o procesos.

Por cada unidad identificar los riesgos de materiales existentes en la unidad, equipo o proceso

Clasificar cada uno de los componentes de la unidad identificada

Revisar la aceptabilidad de los riesgos identificados.

Mitigar los riesgos aceptados para reducir el nivel de riesgo o verificar la exactitud de la información utilizada en el desarrollo de los rangos de la unidad.

Preparar una lista de créditos para reducir el factor de riesgo general (esta es una de las consideraciones diseñadas, tales como el nivel de protección, el espacio entre el equipo de alto riesgo, el espacio entre los edificios de control y el equipo, el nivel de instrumentación, muros de fuego, cortinas de agua y cortinas de vapor.

### Resultados

De la aplicación de este índice se obtienen resultados tales como:

El equipo con el riesgo potencial mayor debe ser ubicado a distancia, del personal en operación y de los civiles

Considera unidades de espacio para minimizar los efectos de una explosión o descarga tóxica de una unidad o de las unidades adyacentes

Organiza la planta de tal modo que los efectos de una explosión o fuga tóxica sean mínimos para las propiedades contiguas

Ubica el equipo de tal manera que los riesgos potenciales menores se encuentran juntos, y los riesgos potenciales mayores sean divididos en unidades menores para minimizar los efectos de una explosión o fuga tóxica

Provee de acceso irrestringido a personal de bomberos y rescate

### Ventajas

- Relativamente fácil de usar
- Puede ser utilizado por el servicio de seguridad de la empresa
- Puede ser desarrollado por una empresa ajena o un consultor externo
- Permite establecer graduaciones o urgencias en el desarrollo de las medidas a tomar
- Al calcularse en dos partes, permite la reducción del riesgo al incluir medidas de seguridad
- Permite adicionar técnicas para identificar riesgos potenciales para reducir el riesgo que resulta del segundo cálculo

### Desventajas

- Es necesaria una preparación teórico-práctica importante
- Es de carácter relativo y no de valores absolutos de riesgo
- La selección del nivel de riesgo puede ser subjetiva
- El nivel de riesgo del segundo cálculo puede resultar alto por lo que deben ser reevaluadas.

## Anexo III

---

### Métodos Cuantitativos de Análisis de Riesgo

#### Análisis de Consecuencias

##### Análisis de Frecuencias

###### Descripción

Es una evaluación cuantitativa que permite establecer con que frecuencia podría suceder un escape o emisión peligrosa y la posibilidad de un desenlace peligroso determinado, como producto del escape.

Los análisis de frecuencias incluyen datos históricos para calcular la frecuencia de los escapes.

Mediante la técnica de modelación detallada de frecuencia, se pueden utilizar datos básicos para el cálculo de probabilidades o frecuencias cuando los datos históricos son limitados o no están disponibles.

Las técnicas principales de modelación de frecuencia son: Ordinograma de fallas y Ordinograma de eventos.

Existen técnicas que complementan el análisis de los ordinogramas tales como:

**Análisis de fallas de origen común.-** Usado para identificar y analizar sucesos individuales que pueden ocasionar fallas de más de un componente del sistema. los orígenes típicos son fallas en el sistema de ventilación o cortes de energía.

**Análisis de confiabilidad humana.-** Usado para suministrar estimados cuantitativos sobre la frecuencia de errores humanos para incluirlos en el análisis de ordinograma de fallas.

**Análisis de acontecimientos externos.-** Usados para identificar y analizar sucesos externos, tales como: terremotos ,catástrofes aéreas, terrorismo, etc; los cuales pueden iniciar accidentes potenciales, especialmente aquellos que tienen potencial para iniciar fallas de origen común.

#### Análisis de Ordinograma de Fallas

###### Descripción

Son diagramas secuenciales que muestran como puede fallar un sistema.

###### Propósito

Identificar acontecimientos básicos de frecuencias conocidas para calcular la probabilidad y frecuencia de ocurrencia del evento principal.

###### Requerimientos

Para esta técnica se requiere de utilizar preguntas tales como: "cuáles son las causas de este suceso", "cómo puede suceder esto" Utilizar un enfoque de palabras guía, y por cada línea hacer preguntas como: "que causaría"(no causaría, más, menos etc.). Es necesario llegar a un acontecimiento básico con una frecuencia conocida, tal como falla de una bomba o un error humano.

### Ejecución de la Revisión

A partir de un evento principal que se ha identificado en la etapa de identificación de peligros, se deben de localizar las causas necesarias y suficientes del evento, utilizando una lógica de retroceso hasta llegar a un acontecimiento básico.

### Resultados

Proporciona datos cuantitativos sobre la probabilidad de ocurrencia de los eventos identificados con anterioridad.

En la figura III.A se encuentra esquematizado de manera sencilla como se articula un ordinograma de fallas

### Ventajas

- Permite incorporar tanto fallas del equipo y humanas en un marco de análisis unificado.
- Permite analizar problemas complejos, reduciéndolos finalmente a la estimación de probabilidad de fallas primarias.
- Permite incorporar incertidumbre acerca de las probabilidades (analíticamente o a través de la simulación).
- Es aplicable a un sistema en el cual un evento dado no deseado, se sospecha como el efecto de más de una causa
- Cuando un evento no deseado puede ser detenido por más de un sistema o función
- Aplicable cuando existen fuertes interacciones de sistema, varios sistemas de soporte y cuando la frecuencia de un evento no deseado es necesitada.

### Desventajas

- Se requiere pensar de forma inductiva
- El tamaño del árbol crece rápidamente.
- Es necesario conocer la probabilidad de las fallas
- Los eventos no siempre son independientes
- No es aplicable a sistemas continuos.
- No puede ser aplicado a todos los eventos de una instalación.
- No es aplicable cuando el evento no deseado se puede mitigar por las características diseñadas para el proceso.

## Ordinograma de Acontecimientos.

### Descripción

Es un modelo gráfico secuencial que identifica y cuantifica los resultados posibles después de haberse iniciado el acontecimiento.

### Propósito

Suministrar una cobertura sistemática de la secuencia, el tiempo de propagación del suceso por medio de una serie de acciones, se utiliza para evaluar la efectividad de un sistema de protección de elementos múltiples y la seguridad en riesgos

### Requerimientos

Conocer la magnitud de las consecuencias potenciales del desenlace de los acontecimientos antes de terminar de desarrollar esta técnica. Además de utilizar enfoques aproximados.

### Ejecución de la Revisión

Identificar los resultados importantes posibles que tienen valor para la evaluación del riesgo, desarrollar solamente los resultados pertinentes a una consecuencia en particular (p.e. muertes fuera del lugar) dejando sin desarrollar consecuencias menores

Conocer el orden de la magnitud de las consecuencias potenciales

Utilizar enfoques aproximados.

Perfeccionar el ordinograma repitiendo los cálculos de las consecuencias, utilizando enfoques más detallados

### Resultados

- La aplicación del ordinograma de acontecimientos pre-incidente suministra una cobertura sistemática de la secuencia, en tiempo de la propagación del suceso, por medio de una serie de acciones del sistema de protección, funciones normales de la planta e intervenciones del operador. Evalúa la efectividad de los sistemas de protección.
- La aplicación post-incidente suministra una cobertura sistemática de la propagación de acontecimientos por medio de un rango de consecuencias posibles, y se utiliza en la identificación de los resultados finales del incidente. Las consecuencias pueden ser directas (p.e. incendios y explosiones) o indirectas (p.e. efectos en cadena de plantas o unidades vecinas). Se usa para la evaluación de seguridad en riesgos.

### Ventajas

- Identifica resultados importantes posibles que tienen valor para la evaluación de riesgo.
- Se pueden desarrollar sólo los resultados de eventos de consecuencias mayores descartando eventos de consecuencias menores.
- Se puede perfeccionar repitiendo los cálculos de las consecuencias en forma más detallada.

### Desventajas

- El analista de riesgo debe conocer de antemano el orden de la magnitud de las consecuencias potenciales de los desenlaces de los acontecimientos
- Se requiere del conocimiento específico de los procesos que se manejan, así como una gran visión para elaborar los ordinogramas

## **Análisis de Consecuencias.**

### Descripción

Es un conjunto de técnicas que involucran la evaluación de eventos que resultan de la liberación de sustancias peligrosas, tomando en cuenta los factores: Formas de escape, factores ambientales, localización de los receptores, factores de origen y de exposición; para estimar los efectos provocados, en los seres humanos, sus bienes o el ambiente.

### Propósito

Estimar la extensión del daño potencial proveniente de los eventos generados por la liberación de sustancias peligrosas.

### Requerimientos

Las necesidades para la aplicación de estas técnicas son muy vastas por lo que se hará una breve descripción de cada una de ellas, en un apartado posterior.

## Modelación de Eventos.

### Modelos de Confines de las Fuentes

Estos modelos están basados en las características que presentan las fuentes, es decir las condiciones en las que se encuentran, tales como: tipo de recipiente, forma de almacenamiento de la sustancia; para conocer en caso de una fuga o derrame cual va a ser el comportamiento de la sustancia al momento de fugarse

Un ejemplo del modelo de confines de fuentes es la Evaporación de sustancias derramadas en un estanque, el cual toma en cuenta tres tipos de sustancias:

- Gases refrigerantes licuados
- Gases licuados a presión
- Líquidos no hirvientes

En el caso de los gases la tasa de evaporación depende de : El calor de la tierra, la clase de subsuelo y el tipo de líquido, además de tomarse en cuenta si el estanque esta cerrado o no. para el tercer caso la tasa de evaporación depende de:

- La presión parcial del líquido.
- Velocidad del viento dominante
- El área del estanque.

### Modelos de Incendios y Explosiones

Por lo general las sustancias riesgosas están contenidas en depósitos o como material de proceso en forma de líquido, gas o sólido, la liberación de dichas sustancias puede ocurrir sobre la tierra o agua, al realizar maniobras, durante la transportación por vehículos o tren, barco o lancha o bien al ser conducido por tuberías.

#### **Sólidos.**

Los escapes de sustancias riesgosas en estado sólido tienen significancia, solo cuando son materiales inestables tales como: Los explosivos, los cuales tienen potencial para producir ondas peligrosas (presión), cuando son inflamables y los productos de su combustión posean una toxicidad aguda con riesgo carcinogénico a largo plazo y si es tóxico o carcinogénico y además soluble en agua, si el derrame ocurre en agua puede causar riesgos a la salud; también pueden causar problemas si los escapes son en forma de polvos

#### **Líquidos.**

Si la sustancia riesgosa derramada se encuentra en estado líquido (temperatura menor al punto de ebullición de la sustancia a presión atmosférica), se puede formar un charco del líquido el cual poseerá un riesgo de radiación termal si el líquido es inflamable y ocurre el incendio del derrame, los productos de la combustión según el tipo de sustancia, tendrán riesgos para la salud a corto o largo plazo, en caso de que el fuego llegue hasta el punto de la liberación puede darse una explosión del vapor confinado si la flama se introduce dentro del contenedor causando ondas peligrosas de sobrepresión Un peligro directo a la salud, si el líquido o sus vapores son tóxicos o carcinogénicos.

### Gases.

- Si la sustancia liberada se encuentra en forma de gas (la temperatura en el contenedor se encuentra por arriba de la temperatura crítica), una liberación puede dar como resultado la formación de una nube de gas la cual puede ser llevada por el viento y dispersada en la atmósfera. Si el gas es flamable y se incendia:
- Puede resultar un flamazo, causando un riesgo de radiación térmica en el área ocupada por la nube y sus inmediaciones. Si el fuego es llevado a la fuente puede ocurrir la formación de un chorro de fuego.
- Si la nube es tóxica o carcinogénica entonces posee un riesgo directo para la salud.

### Dos Fases Líquido-Gas.

Un tipo de liberación, la cual tiene particular interés es aquella que presenta el gas licuado a presión, contenido en depósitos presurizados (la temperatura del contenedor está entre el punto de ebullición a presión atmosférica y la temperatura crítica). La liberación del material llegará rápidamente al punto de flasheo, esta liberación usualmente se lleva a cabo en una corriente de dos fases, dependiendo de la cantidad de líquido contenido este puede precipitarse, para formar un charco de líquido, las pequeñas gotas formarán los aerosoles y el gas formará una nube, la cual se encuentra más fría y más densa que el aire de su alrededor. Debido a esto la nube de gas es llamada de gas pesado, la cual permanece sobre la superficie y tarda mucho más tiempo en dispersarse que una nube de gas neutro. El líquido derramado sobre la superficie continuará evaporándose y contribuyendo a la formación de la nube, si el gas pesado es:

- Tóxico o carcinogénico, la nube posee riesgos directos a la salud.
- Si es flamable y se incendia puede ocurrir un flamazo o en caso de que la nube de vapor se encuentre confinada o semiconfinada, una explosión (VCE), dependiendo de la cantidad que se haya mezclado previamente con el aire; formación de aerosol, si la liberación es violenta con la presencia de una fuente externa de fuego alrededor del contenedor presurizado, puede ocurrir una explosión (BLEVE), una bola de fuego y la fragmentación del contenedor lanzando trozos de este como si fueran proyectiles.

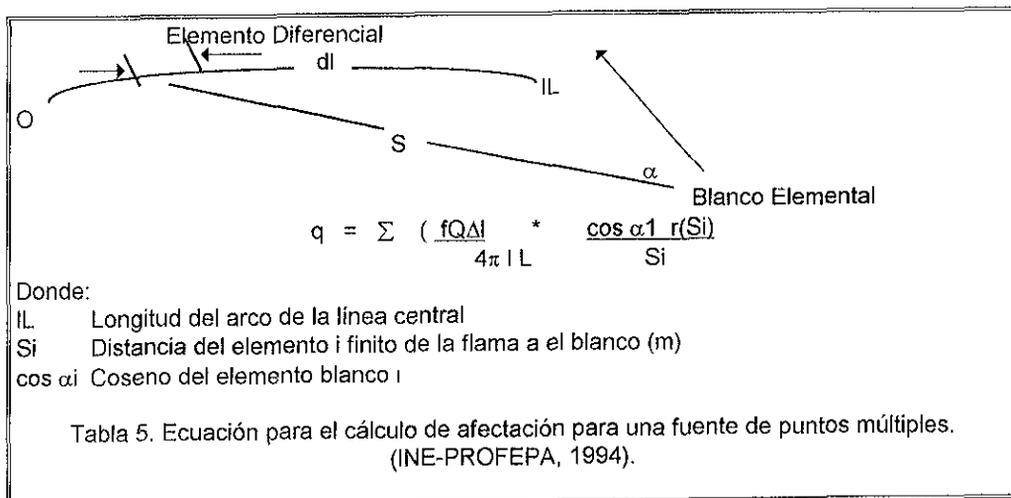
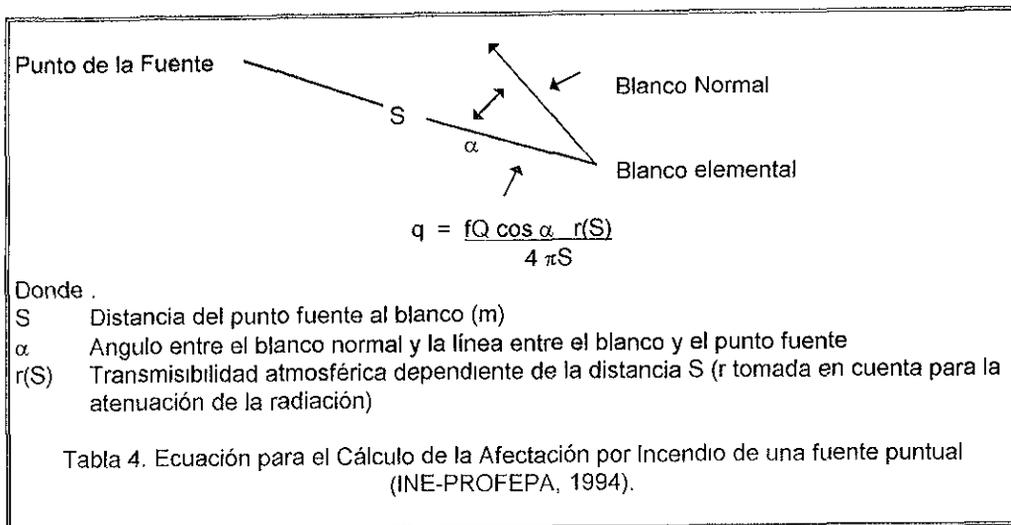
Otro tipo de liberación que es de interés, es la liberación de gas licuado a baja temperatura, con almacenamiento a baja temperatura, tal liberación puede formar una nube de gas pesado frío, como resultado de un rápido calentamiento del líquido, formando también un charco superficial. Los riesgos asociados con este tipo de liberación son similares a aquellos que resultan de la liberación de un gas licuado a presión, excepto por el contenido de aerosol en la nube, ya que este es mucho menor que el contenido por la liberación de gas licuado a presión, lo que minimiza la posibilidad de la explosión de la nube de vapor o la formación de una bola de fuego si el material es inflamable.

### Modelación de Incendios

Este tipo de modelos pretende determinar los confines de las fuentes que pueden alimentar el fuego, estimar el tamaño del fuego en función del tiempo caracterizando la energía térmica liberada en la combustión, estimar los niveles de radiación térmica en receptores específicos rodeados por el fuego y predecir los impactos o consecuencias del fuego en el receptor.

Existen tres tipos básicos para la modelación de incendios y son:

- Puntos de origen
- Fuente de puntos múltiples
- Factores visuales



### Modelo para Incendio de Líquido Derramado

El calor liberado sobre objetos al alcance del derrame incendiado, puede ser calculado con el modelo de factores visuales, los modelos usados para calcular la intensidad de radiación independientes del líquido.

Intensidad de Radiación (KW/m <sup>2</sup> )	Efecto Observado
37.5	Suficiente para causar daño al equipo de proceso.
25	Mínimo de energía requerida para inflamar madera en exposiciones indefinidamente largas.
12.5	Mínimo de energía requerida para inflamación de madera y derretido de tubería plástica.
9.5	Umbral de dolor alcanzado después de 8 s, quemaduras de 2o. grado después de 20 s.
4.0	Suficiente para causar dolor al personal, si no puede ponerse a cubierto en un lapso de 20 s, se puede presentar ampollamiento de la piel (quemaduras de 2do. grado).
1.6	No causa fastidio por exposición prolongada.

Tabla 6 Efectos de la radiación térmica producida por un evento (INE, 1994).

### Modelación de Explosiones

Este tipo general de modelos estima la energía de explosión, la deformación de la explosión, el equivalente de TNT (debido a que asume un comportamiento similar al de la onda explosiva del TNT), predice el perfil de sobrepresión para la explosión y evalúa las consecuencias de la explosión relacionando la sobrepresión con el daño causado.

### Inflamación y Explosión de una Nube de Gas

Si un gas inflamable no se inflama directamente, la nube de gas se propaga en los alrededores, la nube de gas flotante se mezclará con el aire mientras la concentración de gas se encuentre en el límite más bajo y el más alto, la nube de gas puede incendiarse por un punto de inflamación; el contenido inflamable de una nube de gas es calculado por una integración tridimensional de los perfiles de concentración que caen entre los límites de la explosión, si la nube de gas se inflama pueden suceder dos cosas, la llamada combustión no explosiva (flamazo) y la combustión explosiva (flamazo mas explosión del vapor).

### Modelo para una Nube de Gas Flammable

Este modelo es de cribado para estimar la formación de nubes de gases flammables provenientes de una emisión continua, la cual es dispersada predominantemente por difusión turbulenta, lo que asume que la densidad es cercana a la del aire y la fuente se considera elevada.

Para la aplicación de este modelo es necesario, determinar las concentraciones del gas que representan ya un riesgo, para ello se consideran los límites superior e inferior de inflamabilidad y se requiere encontrar las distancias en las cuales se tienen concentraciones en los límites de interés, esta distancia representa la zona de riesgo, por flammabilidad de una sustancia por condiciones de emisión y estabilidad atmosférica.

### Modelo de Nubes Explosivas

Este modelo evalúa los daños provocados por la explosión de una nube de gas o vapor inflamable, involucrando el cálculo para determinar el potencial explosivo aproximado de sustancias empleadas en la industria. Este modelo supone que la fuga del material es instantánea, se excluyen escapes paulatinos, el material fugado se vaporiza de forma instantánea, la formación de la nube es cilíndrica, la composición de la nube es uniforme, el calor de combustión se expresa como equivalente de TNT, la temperatura del aire es constante (21 °C) y comportamiento de la nube en interiores y exteriores iguales

Una vez que se produce la explosión, se genera una serie de nubes expansivas circulares, de tal forma que las ondas de mayor presión están situadas formando una circunferencia cercana al centro de la nube y las de menor presión se sitúan en las de diámetros mayores.

Sobrepresión (psig)	Efecto
10.0	Probable destrucción total de edificios
5.70	Destrucción casi completa de casas
5.00	99% de daño estructural.
3.40	Ruptura de tanques de almacenamiento de crudo.
2.50	50% de daño estructural
2.30	Limite inferior de daños estructurales serios.
2.00	Colapso parcial de muros y techos de casas.
1.00	Demolición parcial de casas
0.90	1% de daño estructural.
0.30	"distancia de seguridad" 95% de daños no serios.
0.10	Rompimiento de vidrios en ventanas.

Tabla 7 Efectos producidos por sobrepresión de una nube explosiva (DGPCC, 1994).

### Modelos de Dispersión Atmosférica

La dispersión no solo ocurre en la atmósfera existen otros medios como el agua y el suelo, para los fines de este estudio solo describiremos la dispersión en el aire por el tipo de sustancia de que se trata en el caso específico.

Este tipo de modelos consideran principalmente.

- El tipo de gas que se tenga.
- La corriente de aire (corriente horizontal o difusión turbulenta)
- Tipo de condiciones (estables, inestables o neutras).
- Características de la superficie (escala intermedia y microescala).
- Existen dos tipos de modelos que ilustran la dispersión de gases en la atmósfera:
- Modelo de dispersión de gas neutral
- Modelo de dispersión de gas pesado

### Modelo de Dispersión de Gas Neutral

Los modelos de dispersión de gas neutral, se basan usualmente en el modelo de penacho de Gauss y no toman en cuenta la diferencia de la densidad entre el aire ambiente y el gas, debido a esto el modelo debe ser usado solamente para gases con una densidad aproximada a la del aire, o si hay baja concentración de gas en el punto de escape.

### Modelo de Dispersión de Gas Pesado

las mezclas de gases o gas/líquido (aerosoles) cuyas densidades son mayores que aquellas de la atmósfera circundante, se consideran pesados ya sea en virtud de que están fríos o que tienen grandes pesos moleculares relativos a la atmósfera circundante; además tienen potencial para desplazarse hacia niveles "seguros".

Si el gas tiene mayor densidad que el aire (debido a un peso molecular alto o máximo enfriamiento), este tenderá a esparcirse en una dirección radial debido a la gravedad, resultando un "charco de gas" de altura y diámetro especial, el gas liberado puede esparcirse contra la dirección del viento y tomar mucho más tiempo para dispersarse (que el neutral) ya que la turbulencia de la atmósfera no puede penetrar en la nube tan fácilmente, más aún, el gas pesado puede acumularse en el área de capas bajas y en desagües.

### Modelos de Vulnerabilidad

Involucran el cálculo de los efectos que pudiera ocasionar un evento en los receptores, los materiales liberados hacia el espacio pueden alcanzar al receptor a través de una variedad de agentes transmisores, tales como: atmósfera, tierra, agua, y aguas subterráneas, la atmósfera es el medio de mayor importancia al evaluar la seguridad en riesgo.

Al evaluar la seguridad se debe diferenciar entre las consecuencias individuales y las sociales, las consecuencias individuales se definen en términos de "posibilidades de que un individuo expuesto (a un acontecimiento peligroso determinado) sufra un efecto determinado".

Las consecuencias sociales pueden ser estimadas simplemente sumando todos los individuos que sufran ese efecto

Las consecuencias sociales serán entonces:

$$S_{e,h} = \int_{SSS} P_{e,h}(x,y,z) p(x,y,z) dx dy dz$$

donde:

S Integral

$P_{e,h}$  Consecuencias individuales

$(x,y,z)$  Puntos en el espacio que esta expuestos al peligro

e Efecto

h Peligro

$p(x,y,z)$  Densidad de población

La integral se toma sobre el espacio expuesto.

Dentro de los parámetros utilizados para caracterizar el nivel de peligro se incluyen: la Concentración (evaluada mediante modelos de dispersión), Intensidad de la radiación térmica, Sobrepresión o Impulso y toxicidad.

El cálculo de la probabilidad de efecto en una ubicación determinada del receptor, para una carga (la formulación de la carga cambia de un tipo de peligro a otro).

Para peligros caracterizados por una concentración:

$$L = S C^n dt$$

Para radiación térmica:

$$L = S I^n dt$$

Y para ondas explosivas:

$$L = S \cdot P_o \cdot J$$

Donde:

L	Peligro
C	Concentración
I	Intensidad de radiación térmica
Po o J.	Sobrepresión o impulso
n	Poder de los diferentes productos químicos
t	tiempo

La probabilidad del efecto esta relacionada con el probit (unidades de probabilidad Finney, 1971) y de la siguiente manera:

$$Y = K_1 + K_2 \ln L$$

Donde:

K1 y K2 son constantes correlativas, sobre las cuales hay literatura para un número limitado de productos químicos.

La probabilidad del efecto  $P_{e,h}$  esta relacionada con el probit Y por medio de la siguiente fórmula

$$P_{e,h} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^Y \exp(-u^2/2) du$$

Existen otros métodos aparte del enfoque Probit para estimar los niveles de efectos para gases tóxicos llamados "de concentración fija", así como también límites denominados "fijos" para otro tipo de peligros tales como radiación térmica y sobrepresión.

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUIMICAS		NOMBRE DE LA EMPRESA:	
FECHA DE ELABORACION:		FECHA	
DE REVISION:			
SECCION Y DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA			
1.- NOMBRE DEL FABRICANTE O IMPORTADOR: Petróleos mexicanos		EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE A: TELEFONO: FAX:	
3.- DOMICILIO COMPLETO			
CALLE:		No. EXT.	COLONIA: C.P.
DELEGACION:		LOCALIDAD O POBLACION	ENTIDAD FEDERATIVA
SECCION II DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUIMICA			
1.- NOMBRE COMERCIAL: GAS PARA USO DOMESTICO		2.- SINONIMOS: GAS LICUADO DE PETROLEO, GAS L.P., MEZCLA PROPANO-BUTANO	
3.- PRINCIPALES COMPONENTES QUIMICOS		4 - COMPONENTES MENORES E IMPUREZAS	
PROPANO C3H8 44.097		OLEFINAS Y PENTANOS. 0.05% MOL MAXIMO	
PARAFINA		HUMEDAD: 5 ppm MAXIMO	
n-BUTANO C4H10 58 123		MERCAPTANOS: 5 ppm MAXIMO	
PARAFINA			
iso-BUTANO C4H10 58 123			
PARAFINA			
6.- OTROS DATOS			
SECCION III COMPONENTES RIESGOSOS.			
1 - % Y NOMBRES DE LOS COMPONENTES GAS LICUADO DE PETROLEO		2.-No. CAS 68476-85-7	3.- No. DE NACIONES UNIDAS: 1075
4 - CANCERIGENOS O TERATOGENOS: NO		6.- IPVS ppm	7.- GRADO DE RIESGO SI
5.- LIMITE MAXIMO PERMISIBLE DE CONCENTRACION			
7 1. SALUD 1	7.2 INFLAMABILIDAD 4	7 3 REACTIVIDAD NO	
SECCION IV PROPIEDADES FISICAS.			
1.- TEMPERATURA DE FUSION °C: PROPANO -187.6 BUTANO -138.3		2 - TEMPERATURA DE EBULLICION, °C: PROPANO -42.5 BUTANO -0.5	
3.- PRESION DE VAPOR mm Hg A 20°C: PROPANO 6412 BUTANO 1635		4.- DENSIDAD RELATIVA: PROPANO 0.507 BUTANO 0.58	
5.- DENSIDAD DE VAPOR (AIRE =1): PROPANO 1.5226 BUTANO 2.0068		6 - SOLUBILIDAD EN AGUA:	
7.- REACTIVIDAD EN AGUA:		8.- ESTADO FISICO, COLOR Y OLOR PROPANO 0.0079 BUTANO 0.0080	
9.- VELOCIDAD DE EVAPORACION (BUTIL ACETATO =1):-SUPERIOR A 1		10.- PUNTO DE INFLAMACION: NO CORRESPONDE, ES UN GAS	
11.- TEMPERATURA DE AUTOIGNICION: PROPANO 450 BUTANO 405		12 - PORCIENTO DE VOLATILIDAD % NO CORRESPONDE, ES UN GAS	

13.- LIMITES DE INFLAMABILIDAD:					
PROPANO	INFERIOR: 2.1	--	SUPERIOR:	9.5	-
BUTANO	INFERIOR: 1.5		SUPERIOR:	9.0	
SECCION V RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSION					
1.- MEDIO DE EXTINCION:					
NIEBLA DE AGUA: Si	ESPUMA:	HALON: si	CO2: Si	POLVO QUIMICO SECO: Si	OTROS: *
2.- EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCION ((GENERAL) PARA COMBATE DE INCENDIO: Chaquetón y pantalón de NOMEX, casco para bombero, botas cortas para bombero y guantes de lona, en lugares cerrados, equipo de respiración autónoma con máscara facial completa.					
3.- PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE COMBATE A INCENDIO.					
1.- Ante todo de la señal de alarma, notifique a bomberos y centros de emergencia.					
2.- El fuego no debe ser extinguido, a menos que el escape de gas pueda ser detenido.					
3.- Conatos y fuegos en tanques pequeños o cilindros pueden ser extinguidos.					
4.- Si puede hacerlo sin riesgo, retire los cilindros y tanques pequeños del área de riesgo.					
5.- En los incendios masivos, tanques mayores, autotanques y remolques, considere los siguiente:					
a) Enfriar el recipiente desde la máxima distancia posible, aplicando agua en gran cantidad, con monitores fijos o mangueras con pitones reguladores de flujo, a razón de 10 lpm/m <sup>2</sup> de área expuesta					
b) Mantenerse alejado de las cabezas del recipiente Utilice patrón de niebla para el enfriamiento, no dirigir el agua a la fuente de fuga ni a las válvulas de seguridad, puede haber congelamiento.					
c) En caso de poder detener la fuga del material, hágalo protegido con cortinas de niebla de agua y continúe el enfriamiento del recipiente, aún después de que el fuego haya sido extinguido					
d) Si no es posible detener el escape de gas, enfríe y permita que el gas se consuma.					
e) retirarse y evacuar el área en cualquiera de los siguientes casos: Si el agua es insuficiente y no garantiza el enfriamiento continuo de los tanques. Si aumenta el sonido de las válvulas de seguridad del tanque o recipiente expuesto al fuego. Si empieza a decolorarse el tanque, ante el excesivo calentamiento del metal.					
4 - CONDICIONES QUE CONDUCEN A UN PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION NO USUALES:					
1 - Vapores de gas L.P. son inicialmente más pesados que el aire y pueden formar mezclas inflamables, la nube inflamable puede arder u originar explosiones no confinadas (UVC's).					
2 - Un recipiente que contenga gas L.P. y que sea expuesto al fuego por más de 10 minutos, puede explotar, por la expansión de los vapores del líquido en ebullición(BLEVE), los fragmentos se proyectan a gran distancia.					
3.- En ambos casos la radiación térmica y ondas de sobrepresión resultantes son muy destructivas.					
5 - PRODUCTOS DE LA COMBUSTION:					
El gas L.P. arde completamente formando bióxido de carbono y agua. En lugares cerrados o con deficiencia de oxígeno, puede formar grandes cantidades de monóxido de carbono.					

SECCION VI DATOS DE REACTIVIDAD		
1 - SUSTANCIA	Gas L.P.	2.- CONDICIONES A EVITAR contenedores alejados del fuego y del calor y evitar sobrellenados propano 85% y butano 90% máximo.
ESTABLE:	X	
INESTABLE:		
3.- INCOMPATIBILIDAD (SUSTANCIAS A EVITAR): El gas L.P. es incompatible y puede reaccionar con sustancias oxidantes, como el cloro, bromo y flúor, no reacciona con el agua ni con otros reactivos de uso común		
4.- DESCOMPOSICION EN COMPONENTES PELIGROSOS: NO		
5.- POLIMERIZACION PELIGROSA:		
PUUEDE OCURRIR:		NO PUEDE OCURRIR: X
6.- CONDICIONES A EVITAR: NINGUNA		

SECCION VII RIESGOS PARA LA SALUD.		
VIAS DE ENTRADA	SINTOMAS DEL LESIONADO	PRIMEROS AUXILIOS
1.- INGESTION ACCIDENTAL	Se han reportado síntomas de pulmonía bilateral progresiva, vómito, gastritis y esofagitis hemorrágica por butano.	Ingerir agua en abundancia, si es preciso aplicar antibióticos y antiácidos
2.- CONTACTO CON LOS OJOS	Entorpecimiento pasajero de la visión, deficiencia visual nocturna, irritación, dolor, lagrimeo o fotofobia.	Irrigar con cantidades abundantes de agua a temperatura ambiente por 15 minutos
3.- CONTACTO CON LA PIEL	El contacto con el líquido, puede provocar quemaduras por congelamiento. Cuya intensidad varía, de acuerdo al tiempo de exposición, provoca dolor, hinchazón, irritación y derrames de tejidos.	Recuperar la temperatura del cuerpo mediante baño María con agua a 42° C de 20 a 30 minutos.
4 - ABSORCION	No se ha reportado ningún síntoma )	Aconsejable mantener buena ventilación
5.- INHALACION	El gas L.P. es un asfixiante simple, desplaza al oxígeno del aire y puede provocar las siguientes fases de hipoxia (deficiencia de oxígeno): a) Indiferencia: disminuye la visión nocturna, aumento de respiración y pulso. b) Compensatoria: disminuyen las habilidades de ejecución y alerta. c) Confusión: fatiga, mareos, visión túnel, dolor de cabeza y confusión mental. d) Crítica: pérdida total del juicio y coordinación y estado de inconsciencia.	Sacar a la víctima del área contaminada Aplicar respiración artificial si la víctima no respira Suministrar oxígeno, si se respira con dificultad.

6.- SUSTANCIA QUÍMICA CONSIDERADA COMO CANCERIGENA  
 STPS (INST. No. 10) SI \_\_\_ NO X OTROS \_\_\_ SI \_\_\_ NO X  
 ESPECIFICAR

**SECCION VIII INDICACIONES EN CASO DE FUGAS O DERRAMES**

El gas L.P. se transporta y almacena en forma líquida, en equilibrio con su vapor. Un escape de material, puede presentarse en ambas fases, si se escapa en fase líquida, se vaporizará rápidamente, pasando así a la forma gaseosa. El gas se mezcla rápidamente con el aire, formando mezclas inflamables que pueden resultar explosivas, dependiendo de la magnitud de la nube y de sus condiciones de confinamiento.

**Recomendaciones:**

- 1.- Ante todo de la señal de alarma, notifique a bomberos y centros de emergencia.
- 2.- Evacuar el área y evitar cualquier fuente de ignición.
- 3.- Detener la fuga en caso de poder hacerlo sin riesgo.
- 4.- Pequeñas fugas pueden ser congeladas provisionalmente con franelas húmedas.
- 5 - Fugas en tuberías y válvulas pueden obstruirse con estacas de madera.
- 6.- De ser posible, gire el recipiente, de manera que escape gas en lugar de líquido.
- 7.- En atmósferas saturadas, utilice equipo de respiración autónomo y ropa de protección total.
- 8.- Utilice ventilación forzada con niebla de agua, para dispersar los vapores de gas.
- 9.- Evite el acumulamiento de los vapores en zonas subterráneas o su introducción a alcantarillas.
- 10.- Verifique el índice de explosividad antes del regreso a la normalidad.

**1 - ESPECIFICAR TIPO:**

Deberá proveerse a los trabajadores y exigirseles el uso de ropa de algodón, guantes de cuero, casco y zapatos con suela antiestática, también se debe tener al alcance el extintor y manta contra fuego.

**2.- PRACTICAS DE HIGIENE:**

SIMULACRO DE FUGA DE AMONIACO, USO DEL EQUIPO COMPLETO ANTIACIDO.  
 PINTURA DE RECIPIENTES Y TUBERIA QUE CONTIENEN AMONIACO (BLANCO), EVITAR  
 ATMOSFERAS CON ALTA CONCENTRACION DE AMONIACO (TOXICO, IRRITANTE DE  
 VIAS RESPIRATORIAS), CONFINAMIENTO DE AREA DE FUGAS CON LISTON  
 PREVENTIVO.

**SECCION XI INFORMACION ECOLOGICA (DE ACUERDO CON LAS REGLAMENTACIONES ECOLOGICAS):**

**SECCION XII PRECAUCIONES ESPECIALES (EN EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO):**

**OTRAS PRECAUCIONES:**

## Anexo IV

### Modelo de Evaluación de Nubes Explosivas.

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

#### B) Gases mantenidos en estado líquido por efecto de alta presión

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

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

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

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

- Cálculo del peso de material en el sistema
- Cálculo del peso de material en la nube
- Cálculo del diámetro de la nube formada
- Cálculo de la energía desprendida por la explosión
- Determinación del diámetro de las ondas expansivas
- Determinación de los daños ocasionados.

#### A) Cálculo del Peso de Material en el Sistema (Wg ó Wl)

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

$$Wg = \frac{PM Vg}{RT} \quad (1)$$

Donde:

- $W_g$  = Peso del gas en el proceso ( $lb^3$ )
- $V_g$  = Volumen del gas en el proceso (ft) a condiciones normales ( $0^\circ C$  y 1 atm). Se deberá tomar en cuenta su factor de compresibilidad.
- $M$  = Peso molecular del gas ( $lb^3/lb\text{-mol}$ )
- $R$  = Constante de los gases (atm. ft  $/lb\text{-mol } ^\circ K$ )
- $P$  = Presión (atm).
- $T$  = Temperatura ( $^\circ K$ ).

#### B) Cálculo del Peso de Material en la Nube (W)

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

$$W = W_I \quad (2)$$

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

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

C) Cálculo del Diámetro de la Nube Formada (D) Como se mencionó anteriormente se asume que la nube es de forma cilíndrica, cuyo diámetro se calcula con la siguiente expresión:

$$D = 22.181 \left( \frac{W}{hMF} \right)^{1/2} \quad (4)$$

donde:

D = Diámetro de la nube formada (ft)

h = altura de la nube formada (ft)

M = peso molecular del material

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

$$F = \frac{LIE + LSE}{2 * 100} \quad (5)$$

donde:

LIE = Límite inferior de explosividad del material (%)

LSE = Límite superior de explosividad del material (%)

#### D) Cálculo de la Energía desprendida por la Explosión ( $E_d$ )

Se asume que la energía desprendida por la explosión de la nube se expresa por su equivalente en toneladas de TNT. La ecuación representativa es:

$$E_d = \frac{W dHcE}{4.03 \times 10^6} \quad (6)$$

donde:

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

Hc = calor de combustión del material (BTU/lb)

$4.03 \times 10^6$  = calor de combustión del TNT (BTU/ton)

E = factor de explosividad

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

Valores Default E = 2/100 para DMP y E = 10/100 para DMC

#### E) Determinación del Diámetro de las Ondas Expansivas (DOE)

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

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

$$Doe = Z (Ed)^{1/3} \quad (7)$$

donde:

- Doe = diámetro de la onda expansiva (ft)
- Ed = energía desprendida por la explosión (ton TNT)
- Z = distancia escalada para la sobrepresión considerada (ft/ton)<sup>1/3</sup>  
se presentan valores de Z para varios rangos de sobrepresión.

#### F) Determinación de los Daños Ocasionados

A fin de determinar los daños ocasionados por la nube explosiva se emplea la información de los efectos de diversos valores de sobrepresión sobre instalaciones en refinerías y plantas químicas. A estos daños se deben adicionar posibles incendios y explosiones subsecuentes.

Adecuaciones Incluidas Para Este Modelo

#### A) Eficiencia de explosión

En el algoritmo con f variable esta basado en la siguiente ecuación

$$We = \frac{W Hc f}{4.03 \times 10^6}$$

Donde :

We = Energía desprendida

Hc = Calor de combustión

W = Peso del gas en la nube

f = Factor de explosividad y se define como : f = 0.02 para escenario de DMP

f = 0.10 para escenario de DMC

La modificación consiste en preguntar al usuario si quiere, además de f = 0.02 y f = 0.10, que los cálculos se efectúen para otro u otros valores de f.

## B) Distancia de protección

La aproximación que se emplea para definir la relación peso de material en la nube distancia de separación se basa en estudios sobre explosiones y los aquí empleados han sido utilizados en el Reino Unido

Se definen cuatro categorías de explosivas y sus efectos :

Categoría	Efectos
X	Proyectiles y efectos ligeros de onda de choque
Y	Calor radiante
Z	Proyectiles y efectos mayores de onda de choque, cráter, movimiento del suelo
ZZ	Efectos mayores de onda de choque, cráter, movimiento del suelo

Para distancias de almacenamiento en la categoría de explosión Z, en reductos llenos con explosivos del tipo del TNT, la base de separación en el caso de una detonación simpatética es:  $R = 12 We^{1/2}$

Donde .

R = Distancia de separación, (ft)

We = Energía generada expresada en peso de TNT, (lb)

Para distancias de separación de estructuras de procesos y edificios públicos, para la categoría de explosivos Y, la base de separación es la radiación de calor son respectivamente:

$R = 8 We^{1/3}$  y  $R = 3.2 We$ , si  $We < 10000$  lb

$R = 16 We$ , si  $We \geq 10000$  lb

Para distancias de separación de estructuras de procesos y edificios públicos, para la categoría de explosivos Z, la base de separación son los efectos de onda de choque y se calculan con:

$$R = \frac{KWe^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{70000}{We}\right)^2\right]^{1/6}}$$

La constante K describe el grado de daño esperado. Está basada en un análisis de daños de 24 explosiones bien documentadas y en bombardeos de guerra.

Se definen las siguientes categorías de daño :

CATEGORIA DE DAÑO	K
A. Demolición casi completa	9.5
B Paredes de ladrillo en un 50 - 75% o dejadas inseguras y requieren demolerse	14
C. Casas inhabitables, colapso total o parcial del techo, demolición parcial de una o dos paredes externas, daño severo o partículas de carga requiriéndose reemplazo	24
C No se exceden daños estructurales menores, y particiones y juntas desplazados de su posición	70
D. Permanece inhabitable después de repararse algún daño a los techos y, más del 10% de cristales rotos.	140

## " C) Diagrama de Pétalos

Considere el siguiente esquema que especifica varios puntos donde se pueden producir explosiones y varios puntos vulnerables dentro del área de estudio :

El usuario define :

- La escala X, Y
- Suministra coordenadas  $X_i$ ,  $Y_i$  para cada punto explosivo que desee que aparezca en el diagrama de pétalos
- Suministra coordenadas  $X_i$ ,  $Y_i$ , para los puntos importantes que desee que aparezcan en el diagrama.
- Define la sobrepresión que desea, para formar el diagrama

El usuario deberá para cada uno de los puntos explosivos, efectuar la entrada de datos y correr el modelo.

## D) Representación gráfica de resultados

Se presentan los resultados de sobrepresión ( $\psi$ ) en función de los diámetros de sobrepresión ( $m$ ).

## Anexo V

---

### Glosario.

**Accidente, Escenario de Accidente o Secuencia de Accidente:** Un evento no planificado o secuencia de eventos que tienen como resultado consecuencias indeseables. Un incidente con seguras consecuencias o impactos específicos

**Administración del Proceso de Seguridad:** Programa o actividad, que involucra la aplicación de principios de administración y técnicas analíticas para garantizar la seguridad y destreza en el proceso.

**Administración de Riesgo:** La aplicación sistemática de políticas administrativas, procedimientos y prácticas a los trabajos de análisis, evaluación y control de riesgo, para proteger en orden prioritario: a los empleados, el público en general, el ambiente y los activos de la empresa.

**Análisis Causa-Consecuencia:** Un método para ilustrar los posibles resultados generados de una combinación lógica de eventos o estados seleccionados. Una combinación de árbol de fallas y árbol de modelo de eventos.

**Análisis de Confiabilidad Humana (Human Reliability Analysis). HRA:** Método usado para evaluar tanto como sea necesario las acciones humanas, trabajos, labores; que son realizados continuamente dentro de un periodo de tiempo. En las guías el HRA es usado estrictamente en un contexto cualitativo, se usan también para determinar la probabilidad de que sucedan acciones humanas que vayan en detrimento del sistema.

**Análisis de Consecuencias:** El análisis de los efectos de un incidente con resultados independientes de frecuencia o probabilidad

**Análisis Cuantitativo de Riesgo:** Desarrollo sistemático de estimaciones numéricas de la frecuencia esperada y/o consecuencias de accidentes potenciales, asociados con la destreza u operación basada en evaluaciones ingenieriles y técnicas matemáticas

**Análisis de Falla Efecto. Failure modes and Effects Analysis (FMEA):** Un método sistemático tabular, que sirve para evaluar y documentar las causas y los efectos de tipos de fallas conocidas en los componentes.

**Análisis de Falla Efecto Critico Failure Modes, Effects and Criticality Analysis (FMECA):** Una variación del FMEA que incluye una estimación cuantitativa de la significancia de la consecuencia y su modo de falla.

**Análisis de Riesgo:** Ver evaluación de riesgo

**Análisis de Riesgos y Operatividad. Hazard and Operatibility Analysis (HAZOP):** Un método sistemático en el cual losa procesos riesgosos y los problemas potenciales en la operación son identificados usando una serie de guías escritas para investigar las desviaciones del proceso.

**Arbol de Eventos Básico.** Un modelo lógico que gráficamente refleja las combinaciones de eventos y circunstancias en una secuencia de accidentes.

**Arbol de Eventos (ET):** Modelo gráfico de eventos secuenciales en el cual las ramas de los árboles designan acciones humanas y otros eventos, tales como: condiciones diferentes o influencias sobre estos eventos.

**Arbol de Fallas:** Un modelo lógico que gráficamente refleja las combinaciones de fallas que pueden conducir a una falla específica o accidente de interés (evento mayor)

**Auditoría:** (Proceso de Auditoría de Seguridad): Inspección de una planta o proceso unitario, bosquejos procedimientos, planes de emergencia y/o manejo de sistemas, usualmente realizado por un equipo imparcial independiente (ver "revisión de seguridad para contrastar").

**Caso Peor:** Una estimación conservadora (alta) de las consecuencias del más severo de los accidentes identificados

**Consecuencia:** Directa. Resultado indeseable de un accidente o secuencia de los mismos que involucran fuego, explosión o liberación de materia tóxica. La descripción de la consecuencia pueden ser estimaciones cualitativas o cuantitativas de los efectos de un accidente en términos de factores tales como: impactos en salud, pérdidas económicas y daño ambiental.

**Control Administrativo:** Procedimiento requerido para controlar y/o checar los sistemas (ingeniería) o errores humanos asociados con la operación de la planta.

**Control de Ingeniería.** Un sistema específico de programas computacionales diseñados para mantener el proceso dentro de los límites de seguridad de operación, para asegurar la baja ocurrencia de eventos que puedan dañar o para reducir la exposición humana a los efectos de un posible desastre

**CPQRA:** La abreviación de Chemical Process Quantitative Risk Analysis (análisis de riesgos cuantitativos en procesos químicos), el proceso de identificación de riesgos seguido de una evaluación numérica de las consecuencias y frecuencias del accidente y sus combinaciones tomando todas las medidas de riesgo que puedan ser aplicadas en los procesos químicos de la industria. Ordinariamente aplicadas a eventos episódicos, esta relacionado a una evaluación probabilística de riesgo Probabilistic Risk Assessment (PRA), usado en la industria nuclear.

**Error Humano.** Cualquier acción humana (o falta de esta), que excede algún límite de aceptabilidad (p.e. una acción fuera de tolerancia), donde los límites de acción humana están definidos por el sistema, incluyendo acciones de diseñadores, operadores o jefes de planta que puedan contribuir o resultar en accidentes.

**Evaluación de Riesgos. H.E:** El análisis de la significancia de situaciones riesgosas, asociadas con un proceso o actividad usando técnicas cualitativas, puntos críticos, en el diseño y operación o situaciones que puedan conducir a accidentes.

**Evaluación de Riesgo:** Proceso donde los resultados del análisis de riesgo (estimación de riesgo) son usados para tomar decisiones acerca del ordenamiento de estrategias de reducción de riesgo o realizar comparaciones con otros puntos de riesgo.

**Evento:** Un suceso relacionado con el manejo de equipo o acción humana, o bien un suceso externo que puede causar desarreglo en el sistema. También es la causa que contribuye a un accidente o incidente, o es la respuesta con la que un evento inicia un accidente.

**Evento Básico:** Un evento en el árbol de fallas que representa el mas bajo nivel de resolución en el modelo, de tal forma que no es necesario desarrollarlo mas (ejemplo: fallas detalladas del equipo, falla humana o evento externo).

**Evento Episódico:** Un evento no esperado con duración limitada usualmente asociado con un accidente.

**Evento Externo:** Evento ajeno al sistema/planta causado por (1) un peligro natural: terremoto, inundación, tornados, temperaturas extremas, rayos, etc. o (2) un evento humano inducido: caída o choque de un avión, misiles, actividad industrial cercana, fuego, sabotaje, etc.

**Evento Falla:** Un evento en un árbol de fallas que requiere más desarrollo.

**Evento Iniciador:** El primer evento en una secuencia de eventos, que puede dar como resultado un accidente a menos que los sistemas de ingeniería de protección o acciones humanas intervengan para prevenir o mitigar el accidente.

**Evento Intermedio:** Un evento que propaga o mitiga el evento iniciador durante la secuencia de algún accidente

**Evento no Desarrollado:** Un evento en un árbol de fallas que no se desarrolla, porque este no tiene importancia o porque una información más detallada no es indispensable.

**Evento poco Común:** Evento o accidente cuya frecuencia esperada es muy pequeña, el evento estadísticamente no es esperado que ocurra durante la vida normal de una planta.

**Evento Superior:** Evento indeseable o accidente en la parte más alta de un árbol de fallas, que es trazado en orden descendente hasta fallas básicas, usando puertas lógicas booleanas para determinar las posibles causas de los eventos.

**Factor de Forma de la Ejecución. Performance Shapin Factor: (PSF):** Cualquier factor que influya en la ejecución humana, incluyen factores intrínsecos del individuo (personalidad, habilidad, etc ) y factores de situación laboral (demandas de empleo, políticas de la planta, diseños de estructura, adiestramiento, etc.).

**Factores Humanos** Una disciplina involucrada con diseño de maquinaria, operaciones y ambientes de trabajo; aparejada con capacidades humanas, limitaciones y necesidades. Entre especialistas de factores humanos, este término generalmente incluye cualquier trabajo técnico (ingenieril, descripción de procedimientos, adiestramiento del trabajador, selección del trabajador, etc.) relacionado con el personal en los sistemas máquina-operador.

**Factores de Restablecimiento:** Factores de retroalimentación que limitan o previenen las consecuencias indeseables de un error humano.

**Fallas por Causa Común:** La ocurrencia de dos o mas fallas que resultan de un solo evento o circunstancia.

**Frecuencia:** El número de ocurrencias por unidad de tiempo en la cual se observan los eventos ocurridos o se predicen.

**Grupo Mínimo De Corte:** Una combinación de fallas necesarias y suficientes para causar la ocurrencia de un evento considerable en un árbol de fallas.

**Guías de Planeación de Respuestas a Emergencias (ERPG). Emergency Response Planning Guidelines:** Un sistema de guías para concentraciones de carga en aire de materiales tóxicos preparadas por la EIHA. p.e. ERPG-Z, es la máxima concentración de carga en el aire bajo la cual se cree que todos los individuos cercanos pueden ser expuestos por arriba de una hora sin experimentar o desarrollar serios efectos en la salud que puedan dañar la habilidad del individuo para tomar acciones de protección

**Identificación de Riesgos:** Los puntos claves de el material, sistema, proceso y características de la planta que puedan producir consecuencias indeseables que conduzcan a la ocurrencia de un accidente.

**Índice Dow de Fuego y Explosión/Dow Fire and Explosion Index (F&EI):** Un método desarrollado por Dow Chemical Company para analizar lo relativo al riesgo de fuego y explosión asociado con un proceso. Los analistas calculan varios riesgos e índices de exposición usando las características de los materiales y procesando los datos.

**Índice Mond:** Una extensión del DOW F&EI desarrollado por ICI, incluye además propiedades químicas de sustancias tóxicas

**Inspección de Riesgos:** Ver Evaluación de Riesgos.

**Liberación Episódica:** Una liberación con límite de duración asociada con un accidente.

**Lista o Checklist (Tradicional):** Una lista detallada de los atributos deseados en un sistema o pasos para un sistema u operador o accionador.

**Lista de Riesgos. Hazard Checklist:** Lista de riesgos basada en la experiencia, situaciones potenciales de accidente u otros procesos de seguridad que conciernen. Usados para identificar situaciones peligrosas para un proceso u operación.

**Medidas de Riesgo:** líneas que combinan y expresan la información en probabilidad con la magnitud de pérdida o daño (p.e. índices de riesgo individual y medidas de riesgo social)

**Modo de Falla:** Un sistema, condición o forma en la cual una falla puede ser identificada como pérdida de la función, función prematura (función sin demanda), una situación fuera de las condiciones de tolerancia, o una simple característica física como un escape observado durante una inspección

**Operador:** Individuo responsable del monitoreo, control y ejecución de los trabajos necesarios para llevar a cabo las actividades productivas de un sistema, frecuentemente se usan indicadores genéricos para incluir gente que ejecute todo tipo de labores (p.e. escritura, calibración, mantenimiento, etc.).

**Peor Caso Creíble.** El accidente más severo considerado plausible o razonablemente creíble.

**Proceso de Revisión de Seguridad:** Inspección de la planta o unidad de proceso, diseños, procedimientos, planes de emergencia y/o administración de sistemas, etc., usualmente utilizados para un equipo que involucra un problema-solución.

**Punto de Unión (Ramal):** Un nodo con dos rutas en un diagrama de árbol de eventos causa-consecuencia. Una ruta representa el suceso de la función de seguridad y la otra ruta representa la falla de la función.

**Registrador/Scribe:** Miembro de un equipo de evaluación de riesgo, quien es responsable de capturar los resultados significativos de la discusión que se lleva a cabo durante una evaluación de riesgo.

**Riesgo:** Una característica física o química inherente que tiene el potencial de causar daño a la gente, propiedades o al ambiente, también se maneja como la combinación de un material peligrosos, una operación en el ambiente y ciertos eventos no planificados que pueden resultar en un accidente

**Riesgo:** la combinación de la frecuencia esperada (eventos/año) y la consecuencia (efectos/evento) en un accidente o grupo de accidentes.

**Riesgo Agudo:** El daño o deterioro potencial que puede ocurrir como resultado de una exposición instantánea o de corta duración a los efectos de un accidente.

**Riesgo Crónico:** El daño o deterioro potencial que puede ocurrir como resultado de una exposición prolongada a una condición indeseable.

**Secuencia de Eventos:** Esta compuesta de una serie de eventos no planificados, incluye un evento inicial y eventos intermedios que pueden conducir a un incidente.

**Sistema de Mitigación:** Equipo y/o procedimientos diseñados para interferir en la propagación de un incidente y/o reducir sus consecuencias.

**Sistema de Protección:** Sistemas que incluyen por ejemplo válvulas de relevo de presión, que previenen la ocurrencia de o mitigan los efectos de un accidente

**Sistema de Seguridad:** Equipo y/o procedimientos diseñados para limitar o acabar con una secuencia de accidentes, así como para mitigar el accidente y sus consecuencias.

**Situación de Error Probable:** Una situación de trabajo en la cual la ocurrencia de factores normales no son compatibles con las capacidades, limitaciones o necesidades del trabajador, en tales situaciones los trabajadores tienen mucho más probabilidad de cometer errores, particularmente bajo condiciones de tensión

**Temperatura de Autoignición:** Temperatura mas baja en la cual un combustible/mezcla oxidante podría espontáneamente arder bajo condiciones de prueba específicas.

**Verosimilitud:** medida de la probabilidad esperada o frecuencia de la ocurrencia de un accidente.

Fuente: C.C.P.S 1992.