

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS PARA
ANÁLISIS DE RIESGOS EN LA INDUSTRIA QUIMICA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

I N G E N I E R O Q U Í M I C O

P R E S E N T A :

C É S A R R E Y E S N Ú Ñ E Z



**EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA**

MÉXICO, D.F.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



Jurado asignado:

Presidente Prof. **JOSE ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ**

Vocal Prof. **RAMON E. DOMÍNGUEZ BETANCOURT**

Secretario Prof. **ALEJANDRO VILLALOBOS HIRIART**

1er. Suplente Prof. **MIRNA ROSA ESTRADA YÁNEZ**

2º. Suplente Prof. **JOSE LUIS ZARAGOZA GUTIERREZ**

Sitio en donde se desarrolló el tema:

**INSTITUTO NACIONAL DE CONTROL TOTAL DE
PÉRDIDAS, S.A. DE C.V.**

Nombre completo y firma del asesor del tema:


I.Q. RAMON E. DOMÍNGUEZ BETANCOURT

Nombre completo y firma del supervisor técnico:


I.Q. RAUL SÁNCHEZ MEZA

Nombre completo y firma del sustentante:


CÉSAR REYES NÚÑEZ

Cumplir un sacrificio, una visión y un sueño, que no eran míos, pero que me fueron heredados por igual.

¡Padres, Gracias!

INDICE

Introducción	i
Capítulo 1. Riesgos Industriales y los accidentes mayores	
1.1 Descripción de 2 de los accidentes más catastróficos en la industria química	2 1
1.2 La industria química y los accidentes mayores	4
1.3 Definiciones importantes	10
1.4 Repercusiones económicas y el impacto de los accidentes mayores	16
1.5 El Análisis de Riesgos	21
1.6 La Identificación de Riesgos (o Peligros) como plataforma fundamental del Análisis de Riesgos	25
Capítulo 2. Marco legal aplicable a la identificación y análisis de riesgos y otras normas recomendadas	
2.1 Contexto general	32
2.2 Normativa Internacional. Estados Unidos de Norteamérica. OSHA 1910.119 Administración de la seguridad de los procesos de sustancias químicas altamente peligrosas	35
2.3 Normativa Internacional. Unión Europea. Directiva Seveso	40
2.4 Normativa Nacional. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaria del Trabajo y Previsión Social (SEMARNAT Y STPS)	45
2.4.1 SEMARNAT. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	48
2.4.2 SEMARNAT. Guía para la Elaboración de Estudios de Riesgo	52
2.4.3 SEMARNAT. Listados de Actividades Altamente Riesgosas	64
2.4.4 STPS. Anteproyecto de NOM-STPS Administración de la Seguridad del proceso y NOM-005-STPS-1999	74
2.5 Normativa de carácter voluntario. Administración de la Seguridad del Proceso.	82

2.5.1 Instituto Mexicano para la Normalización y Certificación (IMNC) NMX-SASST-001-IMNC-2000	86
2.5.2 Centro para la Seguridad de los Procesos Químicos (CCPS), del AIChE. Lineamientos técnicos para la administración de la seguridad de los procesos químicos.	89
Capítulo 3. Descripción de las técnicas de identificación de riesgos para análisis de riesgos	
Descripción de las técnicas de identificación de riesgos para análisis de riesgos	93
3.1 Análisis histórico de los accidentes	94
3.2 Análisis ¿Qué pasa sí...? (WHAT-IF)	99
3.3 Análisis de Riesgos y Operabilidad. (HAZOP)	107
3.4 Análisis de modos de fallas y sus efectos (Failure modes and effects análisis, FMEA)	120
3.5 Análisis del modo, efecto y criticidad de los fallos (Failure modes, effects and critically analysis, FMEAC)	128
3.6 Análisis de árbol de fallos (Fault tree analysis, FTA)	130
3.7 Análisis de árbol de eventos o sucesos (Event tree analysis, ETA)	141
3.8 Listas de verificación en seguridad (Safety check list)	149
3.9 Auditorías de seguridad	158
3.10 Índices de riesgo semicuantitativos (Índice DOW e Índice MOND)	167
Capítulo 4. Aspectos finales de consideración sobre la identificación de riesgos	
4.1 Siguiendo paso a la identificación de riesgos	174
4.2 Recomendaciones para la selectividad de las técnicas y sus desviaciones generales	175
4.3 Esquematización del análisis de riesgos y sus tratamientos. Clasificación y asignación de actividades del análisis de riesgos	181
4.4 Riesgo, fiabilidad y costo	185
4.5 Comparación entre la rentabilidad y la reducción del riesgo	188
4.6 La identificación de riesgos como base para la administración de la	

seguridad del proceso	190
4.7 Recomendación en cuanto a la frecuencia para la realización de la identificación de riesgos	191
Capítulo 5. Conclusiones	193
Referencias bibliográficas	199



INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo del presente trabajo escuché en los noticieros diversos accidentes como incendios que consumían instalaciones completas, fugas de materiales tóxicos que contaminaban al aire, algún cuerpo de agua o a cierta población; explosiones que cobraban la vida de trabajadores o destruían gran parte de la empresa. Todos ellos teniendo como común denominador a sustancias químicas que dadas ciertas características, se le conoce como de alto riesgo; y es sabido por todos que, la industria en general y en particular la química es fundamental para el desarrollo económico de un país y para el actual modo de vida de nuestra sociedad; así pues, para llevar una buena interacción entre la industria, ambiente y sociedad, la tarea inmediata no es deshacernos de ésta sino mejorar la seguridad de los procesos, lo cual es posible, a través del entendimiento de las causas de sus riesgos para su posterior tratamiento.

A nivel Mundial y en México, los accidentes mayores en la industria química por sus consecuencias a las personas y al medio ambiente, han cobrado una especial atención desde el punto de vista legal como social, además de los daños materiales y cuantiosas pérdidas que genera a la misma compañía donde se suscita el evento. Así la asociación de Bophal con metilisocianato; Flixborough con ciclohexano; San Juan Ixhuatepec y gas L.P. y Seveso con dioxina, son quizá, los ejemplos más representativos de dichos eventos y desafortunadamente, cada año nos enteramos de un nuevo suceso. Esto motivó a desarrollar de una serie de técnicas o metodologías, así como el decreto de reglamentación y estándares que permitieran la detección de los eventos que producen dichos accidentes para que sean aplicados por todas la compañías donde las características de sus procesos se clasifican como de Alto Riesgo.

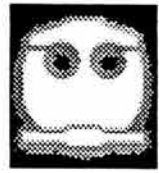
Estas técnicas forman parte del proceso global de Análisis de Riesgos denominadas Técnicas de Identificación de Riesgos dentro de las cuales podemos mencionar el Análisis de Riesgos y Operabilidad (HAZOP por sus siglas en inglés),

las Auditorias de Seguridad, el Análisis de Árbol de Fallas (FTA), el de Eventos (ETA) , la Listas de Verificación, los Índices Mond y Dow, y otros más que, sin embargo, aun cuando en términos generales todas ellas pretenden el mismo objetivo, que es identificar fallas potenciales que deriven en accidentes, tienen diferencias marcadas en sus alcances de identificación, de tal forma que en el presente trabajo se describen diez de las técnicas más utilizadas mostrando sus características más importantes y metodología de aplicación, permitiendo así a los usuarios la elección de una de ellas en función de lo que se pretenda analizar.

Como un pilar fundamental en el proceso de Identificación y Análisis de Riesgos se muestra el marco legal que se ha desarrollado en nuestro país, legislado principalmente por la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales tanto en su Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente como en sus Listados de Actividades Altamente Riesgosas, generando una guía para la elaboración de Estudios de Riesgos Ambiental con diferentes niveles según las características de la empresa, pero en donde independientemente del nivel del Estudio, la Identificación de Riesgos es la parte medular del mismo. Por otro lado, la Secretaria del Trabajo y Previsión Social de manera más genérica requiere dentro de su NOM-005-STPS-1999 la elaboración de un estudio de riesgo potencial por el manejo de sustancias químicas peligrosas, en el cual no obliga a la empresa a aplicar una técnica como tal, sino que deja abierta posibilidad a realizarlo a criterio del empresario; aunque a muy corto plazo, se está apunto de emitir la Norma correspondiente a los centros de trabajo con procesos de alto riesgo que se espera tenga gran impacto dado su contenido y a lo que obligará a dichas compañías. Y dado su contenido que es muy similar a un estándar de los Estados Unidos de Norteamérica, se presenta también la normativa de la OSHA 1910.119 Administración de las Seguridad de los Procesos de Alto Riesgo como un parte aguas en el tema (OSHA: Administración para Seguridad y Salud Ocupacional) la cuál obliga a las empresas de esa nación al proceso de Identificación de Riesgos recomendando la aplicación de dichas técnicas para efectuarlo. Adicionalmente, la Directiva de Seveso de la Comunidad Económica Europea la cual también, a raíz de graves accidentes industriales obligan a las

compañías a adoptar modelos de administración de riesgos teniendo como paso inicial la identificación de los mismos.

De tal forma, que dado el impacto social y económico que causan los accidentes de esta magnitud, no sólo las instituciones gubernamentales han participado en la prevención de riesgos, sino que además gremios y asociaciones como el Instituto Norteamericano de Ingenieros Químicos (AIChE), la Asociación de Manufactureros de Productos Químicos (CMA); o en México, la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ) e inclusive la Organización Internacional de Estandarización (ISO) bajo el esquema de Administración de Sistemas y que es adoptado en nuestro país por el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación; han desarrollado lineamientos o normas de carácter voluntario con la finalidad proveer una herramienta que permitan mejorar la administración de la seguridad de los procesos químicos; denotando así el creciente interés que ha tomado el tema. Una vez, de lleno en el tema, es necesario el manejo de conceptos y definiciones importantes que ayuden a comprenderlo mejor, junto con un bosquejo general de todo lo que implica un Proceso de Análisis de Riesgos y la gran importancia que tiene la etapa de Identificación en éste proceso, mostrándose ésta como el punto de partida para la obtención de los resultados apropiados para la toma de decisiones sobre los riesgos detectados, bajo el principio de que riesgo no identificado es un riesgo no tratado.



CAPITULO 1

Riesgos industriales y los accidentes mayores

CAPITULO 1

RIESGOS INDUSTRIALES Y LOS ACCIDENTES MAYORES

1.1.- Descripción de 2 de los accidentes más catastróficos en la Industria Química.***San Juan Ixhuatepec, México. Noviembre 19 de 1984.***

El incendio y explosión de una planta de almacenamiento y distribución de gas licuado del petróleo, GLP (80% Butano - 20% Propano) de la empresa Petróleos Mexicanos (PEMEX) al inicio de la mañana del 19 de noviembre de 1984, en San Juan Ixhuatepec (San Juanico) una población del Estado de México, al noroeste de la Cd. de México; es el peor de los accidentes que han ocurrido, si excluimos el suscitado en Bhopal, en la industria química y del petróleo. De acuerdo con cifras oficiales 542 personas murieron, 4,248 resultaron heridas y cerca de 10,000 perdieron su hogar, pero otros informes no oficiales elevan considerablemente estas cifras. La instalación consistía en 6 tanques esféricos de almacenamiento (4 con un volumen de 1600 m³ y dos de 2400 m³) y 48 cilindros horizontales de diferentes capacidades. Al momento del desastre el total de almacenamiento en los tanques era de 11,000 m³ de la mezcla.

El desastre comenzó cuando se rompió una tubería de GLP de 8 pulgadas de diámetro. El motivo de la ruptura no se conoce, pero según indica el informe hubo un sobrellenado en un tanque y una de las líneas de entrada se sobrepresurizó. No está claro porqué la válvula de seguridad no alivió la presión. Se formó una nube de vapor moviéndose lentamente hacia el noreste por el viento, concentrándose ésta a nivel de piso localizándose en la parte poniente de la planta. La nube de vapor se inflamó alrededor de las 5:40 a.m. y fue seguida por un extenso incendio en el área de almacenamiento. La primera explosión fue detectada por el sismógrafo de la Universidad Nacional Autónoma de México a las 5:44 a.m. y fue seguida por una docena de explosiones en la siguiente hora, algunas del ellas del tipo BLEVE (siglas en inglés que significan explosión de

vapor por la expansión del líquido en ebullición) debido a la ruptura de uno o más tanques de almacenamiento. Dos de las explosiones tuvieron una intensidad de 0.5 en la escala de Richter. La nube de gas ardió y desapareció, pero se formó un incendio cerca de la tubería rota tipo antorcha (dardo o jet FIRE, por su forma) y éste calentó una esfera de GLP. con ello se produjo la BLEVE, durante la hora y media posterior a la primera generándose más explosiones y fugas alimentando el incendio, aterrizando algunos fragmentos de los tanques hasta 1,200 metros fuera de la planta. La mayoría de los muertos y de los heridos eran personas que vivían en los alrededores de la planta. Cuando se construyó ésta, las casas más cercanas estaban situadas a más de 2 Km. de distancia, pero se permitió que se construyeran casas, abusando del terreno cercano, hasta una distancia de sólo 130 metros de ésta.

Aunque la mayor parte de la planta sólo tenía 19 años de antigüedad, ciertas medidas en seguridad fallaron o posiblemente no se siguieron. Por ejemplo, no habían detectores de gas combustible; el sistema de inundación de las esferas era inadecuado o falló al activarse y en las proximidades había grandes concentraciones humanas consecuencia de asentamientos irregulares sin respetar una distancia de seguridad¹.

Bhopal, India. Diciembre 04 de 1984.

La madrugada del cuatro de diciembre de 1984, 40 toneladas de un veneno mortal, el metilisocianato (MIC), se escaparon de un tanque de almacenamiento subterráneo en una planta fabricante de plaguicidas en Bhopal, India de la compañía Union Carbide. Cerca de 2,500 personas que se vieron envueltas por la nube tóxica murieron, alrededor de 50 mil sufrieron lesiones severas y otras 10 mil tuvieron que recibir atención médica. El accidente tuvo características peculiares, ya que la planta se encontraba cerrada por mantenimiento y reparaciones, produciéndose una inexplicable entrada de agua a uno de los tanques de almacenamiento intermedio de isocianato de metilo, lo cual provocó una reacción

¹ Kletz, T. ¿Qué fallo? Desastres en plantas con procesos químicos. Traducido de la 4ta. ed. en inglés.

que elevó la temperatura y presión, causando la emisión de gas tóxico a través de las válvulas de relevo. Sus trabajadores no habían recibido ningún tipo de adiestramiento en medidas de seguridad y la calificación y número de supervisores era deficiente. Ni los trabajadores ni las comunidades aledañas ni las autoridades, posiblemente no contaban con información y las medidas a seguir para reducir los riesgos para la salud en caso de accidente.

Las deficiencias regulatorias en materia de ordenamiento urbano, dieron como resultado que se permitieran densos asentamientos humanos alrededor de la planta, los cuales contribuyeron de manera importante al número elevado de víctimas así como la ignorancia, pues la población no supo como reaccionar. En tanto que las deficiencias regulatorias y de verificación del cumplimiento de las disposiciones legales existentes en materia de seguridad industrial, favorecieron que la planta operara con deficiencias notorias. La propia normatividad en materia de autosuficiencia y transferencia de tecnología de la India, forzó a la planta a manufacturar el MIC localmente en lugar de importarlo para la fabricación de plaguicidas. Al mismo tiempo, impidió el empleo de equipo electrónico de seguridad, con lo cual el riesgo aumentó al utilizarse únicamente controles manuales.

El impacto económico del accidente fue considerable y se calculó en alrededor de trece mil millones de dólares. Sin embargo, la compañía sólo ofreció una cantidad sumamente reducida para resarcir los daños, apoyada en las disposiciones legales de la India acerca de las indemnizaciones a que deben dar lugar este tipo de accidentes, que son mínimas comparadas con las que la compañía matriz de la empresa hubiera requerido pagar si el accidente hubiera tenido lugar en el país del que es originaria (Estados Unidos)².

De los anteriores eventos pueden considerarse las siguientes lecciones:

I.- La falta de orden en los asentamientos humanos y su alta densidad cerca

² Promoción en la prevención de accidentes químicos. Semarnap INE. Dic. 1999.

de instalaciones de alto riesgo amplifica la dimensión de las consecuencias de accidentes. Es decir, no contar con un uso pasivo del suelo alrededor.

- II.- La ignorancia de las poblaciones en riesgo acerca de cómo comportarse en caso de accidente químico aumenta su vulnerabilidad.
- III.- La falta de políticas adecuadas y de vinculación política de distintos sectores, las deficiencias jurídicas en materia de responsabilidad ante el daño, así como en materia de seguros y garantías, deja en estado de indefensión a la sociedad y pone el peso de la carga de la remediación en los gobiernos.
- IV.- Mejorar los sistemas de seguridad, control, detección y mitigación, así como la planificación de emergencias ayudaría a reducir el impacto de los accidentes químicos.

1.2.- La Industria Química y los Accidentes Mayores

La rápida evolución tecnológica que ha experimentado la industria en general y la química en particular, su gran crecimiento y consecuentemente, el incremento de los inventarios de productos químicos en las instalaciones y en diversos medios de transporte, han provocado un aumento de la probabilidad de que ocurran grandes accidentes con un notable impacto sobre las personas, el medio ambiente y equipo. Estos riesgos se han puesto de actualidad en las últimas décadas, por desgracia, a causa de algunos accidentes de graves consecuencias. Concretamente, 1984 registró tres de los accidentes más graves de la historia.

TABLA I.1
Algunos de los accidentes industriales más importantes por sus efectos

Accidente	Consecuencias
Wilsum, RFA, 1952. Fuga de Cloro	7 muertes
Chicago, Illinois, E.U.A., 1978 Ácido sulfhídrico	8 muertos y 27 lesionados
Flixborough, UK, 1 de junio de 1974. En una planta de Nypro la rotura de una tubería provoca la descarga de unas 80 toneladas de ciclohexano líquido y caliente. La nube resultante da origen a una explosión de gran poder destructivo	28 muertos y cientos de heridos. Destrucción completa de las instalaciones.
Camping de Los Alfaques, San Carlos de la Rápita, España, 11 de julio de 1978. Un camión de 39 Tm, sobrecargado con unos 45 m ³ de	215 muertes.

propileno, dio origen a una explosión BLEVE al chocar con la pared de un camping.	
Cartagena, Colombia, 1978 Amoniaco	30 muertos y 25 lesionados
Poza Rica, México, 1950 Fosgeno	10 muertos
Seveso, Italia, 9 de julio de 1976. En una planta de Icmesa (Hoffmann La Roche), una reacción química fuera de control provoca venteo de un reactor, liberándose unas 2 toneladas de productos químicos a la atmósfera. Entre estos había de 0.5 a 2 kg de dioxina (TCDD), cuya dosis letal para una persona de sensibilidad promedio es inferior a 0.1 mg.	Fue preciso evacuar a más de 1,000 personas: no hubo muertes como consecuencia directa del accidente, pero la dioxina afectó a muchas personas (acné por cloro), se produjeron abortos espontáneos y contaminación del suelo.
Cubatao, Brasil, 25 de febrero de 1974. Un oleoducto sufre daños. La gasolina que escapa se evapora y se inflama, dando origen a una gran esfera de fuego.	Al menos 500 muertes.
Bhopal, India, 17 de diciembre de 1984. Se produce un escape de gas venenoso (isocianato de metilo) en una planta de Unión Carbide que producía una sustancia insecticida. La emisión se esparce sobre una superficie de unos 40 km ² .	2,500 muertes directas por envenenamiento y aproximadamente el mismo número en condiciones críticas. Unas 150,000 personas requirieron tratamiento médico. Se produjeron efectos a largo plazo, como ceguera, trastornos mentales, lesiones hepáticas y renales, así como malformaciones embrionarias.
Guadalajara, México, 23 de abril de 1992. Se produce una serie de explosiones en cadena a lo largo de una red urbana de alcantarillado de unos 13 Km. de longitud, al parecer debido a vertidos de combustible en los mismos por parte de la empresa PEMEX.	Los datos oficiales informan de 200 muertos y 1,500 heridos, 1,200 viviendas destruidas, así como 450 inmuebles comerciales. Las estimaciones de daños económicos están en torno a los 7,000 millones de dólares.
Pasadena, Texas, E.U.A., Octubre de 1989. Fuga de Etileno-Isobutano en una planta petroquímica. Una serie de explosiones que llegaron a afectar a los alrededores.	23 muertos, 132 heridos, más de 700 millones de dólares en pérdidas, una de las mayores pérdidas para la industria química y de hidrocarburos de ese país.

Los anteriores son ejemplos característicos de accidentes o emergencias industriales por actividades altamente riesgosas o accidentes mayores; sin embargo, en un contexto más general, pueden considerarse eventos de este tipo aquellos sucesos, incidentes o accidentes en los que se presente alguna de las siguientes características:

- a. Cualquier liberación de una sustancia peligrosa, en la que la cantidad total liberada sea mayor a la que se haya fijado como umbral o límite (*cantidad de reporte o de control de acuerdo a la legislación de cada país*).

- b. Cualquier fuego mayor que dé lugar a la elevación de radiación térmica en el lugar o límite de la planta, que exceda de 5 kw/m^2 por varios segundos, a una distancia de 100 metros
- c. Cualquier explosión de vapor o gas de un material peligroso que pueda ocasionar ondas de sobrepresión iguales o mayores de 1 lb/pulg^2 , a una distancia de 100 metros.
- d. Cualquier explosión de una sustancia reactiva o explosiva que pueda afectar a edificios o plantas, en la vecindad inmediata, tanto como para dañarlos o volverlos inoperantes por un tiempo.
- e. Cualquier liberación de sustancias tóxicas, en la que la cantidad liberada pueda ser suficiente para alcanzar una *concentración* igual o por arriba del *nivel que representa un peligro inmediato para la vida o la salud humana* (IPVS), en áreas aledañas a la fuente emisora, o a 100 metros de distancia.
- f. En el caso del transporte, se considera como un accidente, el que involucre la fuga o derrame de cantidades considerables de materiales o residuos peligrosos que pueden causar la afectación severa de la salud de la población y/o del ambiente.

En todos estos aspectos se afectan a los trabajadores, y/o la población circundante, y/o el medio ambiente y/o las instalaciones de la empresa. Así, los accidentes a los que se hace referencia dependen, en gran medida, de tres variables básicas:

1. Presión y temperatura como condiciones de proceso.
2. Propiedades Físicas y Químicas (compatibilidad, inestabilidad química, efectos a la salud, volatilidad, rangos de inflamabilidad, estado físico, etc)
3. Cantidades de las diversas sustancias peligrosas involucradas en la actividad.

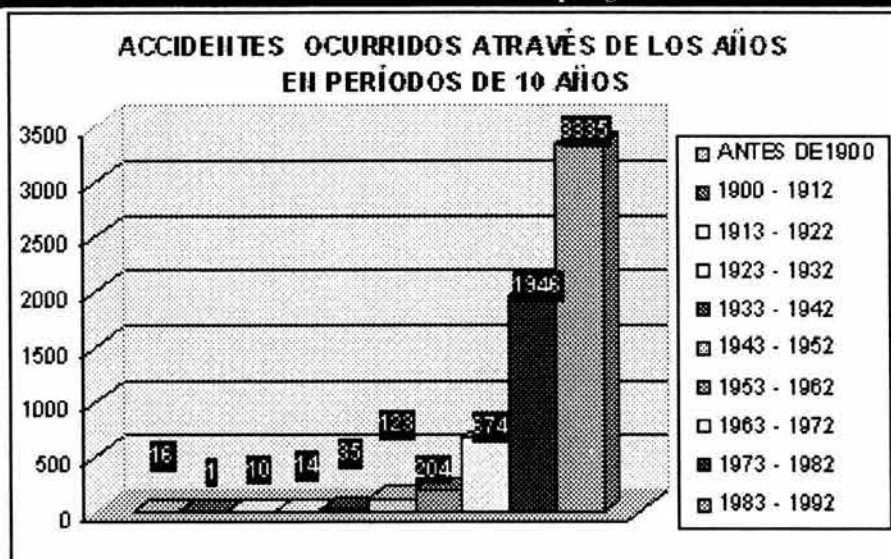
A lo cual se suman otros factores tales como:

- Características del proceso o forma de transporte, diseño de los componentes, control e instrumentación y confiabilidad de los mismos.
- Condiciones de operación.

- Mantenimiento y vigilancia del equipo. Integridad mecánica.
- Sistemas de seguridad y mitigación.
- Capacitación y nivel de respuesta de los operadores.

Así, se ha llevado a cabo un análisis histórico a nivel mundial sobre un total de 5,325 accidentes ocurridos en la industria química y en el transporte de sustancias o materiales y residuos peligrosos, desde principios de siglo hasta julio de 1992. Los accidentes a través del tiempo se presentan en la siguiente gráfica.

FIGURA 1.1
Accidentes donde se involucran materiales peligrosos. Fuente: Ref. Bib. No. 9)



A pesar del hecho de que abarcar un período de tiempo tan amplio puede implicar la aparición de aspectos difíciles de evaluar, como por ejemplo, el crecimiento de la industria química a lo largo del tiempo, la disponibilidad y diversidad de las sustancias peligrosas, etc., un análisis de este tipo resulta muy interesante pues proporciona una visión completa de la evolución de los diferentes aspectos del riesgo asociado a materiales peligrosos.

Puede observarse un incremento progresivo cada vez más importante en el tiempo; aproximadamente el 95% de los casos corresponden a los últimos 30 años. Ello sin embargo, puede atribuirse a un mayor acceso a la información, así como al desarrollo de la actividad industrial en muchos países y el consiguiente

incremento del transporte de materiales peligrosos. Y la lista va en aumento, ubicándolos como uno de los grandes problemas de la actualidad tanto para autoridades, población e indudablemente las propias compañías.

Adicionalmente, el impacto de los accidentes y sus efectos para la salud y el ambiente pueden reducirse o ampliarse en función de las condiciones que prevalezcan alrededor de las actividades riesgosas, entre las que se destacan:

- La vulnerabilidad del medio
- La densidad de población
- La distancia de las poblaciones respecto de las empresas de alto riesgo o de las vías de transporte de materiales peligrosos
- La infraestructura de la que se disponga para mitigar el impacto de los accidentes
- El conocimiento y la preparación de la población para comportarse de manera adecuada para proteger la salud en caso de accidentes.

En México, se ha compilado el número total de eventos ocurridos en cada uno de los estados de la República de 1990 a 1997. Todos estos accidentes están registrados en la base de datos denominada ACQUIM (ACcidentes QUÍMICos) desde junio a diciembre de 1997, la cual se ha elaborado en el Área de Riesgos Químicos del Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED). Las fuentes de información fueron: los medios de difusión, las Unidades Estatales de Protección Civil y la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ) a través del Sistema de Respuesta de Emergencias en el Transporte de la Industria Química (SETIQ).

Aunque los datos de ACQUIM supera algunas de las inconsistencias de las diferentes fuentes, continúa reflejando limitaciones debido a la falta de disponibilidad y solidez de la información referente al reporte preciso de los accidentes que involucran sustancias químicas. Los criterios para incluir a los accidentes en esta base de datos fueron:

- Que el evento haya sido: fuga, derrame, incendio, explosión, volcadura o descarrilamiento.
- Que haya habido daños a la población civil, al ambiente y/o a las viviendas.
- Que haya habido pérdidas humanas y/o materiales dentro de las instalaciones industriales y estaciones de servicio, además de los dos criterios anteriores.
- Que el evento haya ocurrido durante la distribución de las sustancias por tubería, barco, lancha o ferrocarril.

TABLA I.2

Sustancias en el registro de accidentes. Fuente: Ref. Bib. No 45

SUSTANCIA	EVENTOS	% DE OCURRENCIA
Gas LP	178	16.64
Gasolina	104	9.72
Amoniaco	62	5.79
Amoniaco anhidro	43	4.02
Explosivos	33	3.08
Combustóleo	25	2.34
Hidrocarburos	25	2.34
Petróleo crudo	24	2.24
Ácido clorhídrico	22	2.06
Sosa cáustica	20	1.87
Ácido sulfúrico	19	1.78
Combustible	16	1.50
Otros*	499	46.64

* Viviendas, basureros, cuerpos de agua, planteles educativos, lugares de orden público, monumentos históricos, oficinas, comercios o sitios que no pueden quedar clasificados en los principales rubros.

TABLA I.3

Estados del país involucrados en accidentes mayores. Fuente: Ref. Bib. No 45

ESTADO	EVENTOS	% DE OCURRENCIA
<i>Aguascalientes</i>	3	0.27
<i>Baja California</i>	48	4.39
<i>Baja California Sur</i>	8	0.73
<i>Campeche</i>	7	0.64
<i>Coahuila</i>	22	2.01
<i>Colima</i>	11	1.01
<i>Chiapas</i>	64	5.85
<i>Chihuahua</i>	4	0.37
<i>Distrito Federal</i>	160	14.63
<i>Durango</i>	9	0.82
<i>Guanajuato</i>	21	1.92
<i>Guerrero</i>	23	2.10
<i>Hidalgo</i>	37	3.38
<i>Jalisco</i>	88	8.04
<i>Estado de México</i>	161	14.72
<i>Michoacán</i>	33	3.02
<i>Morelos</i>	17	1.55
<i>Nayarit</i>	45	4.11

<i>Nuevo León</i>	4	0.37
<i>Oaxaca</i>	28	2.56
<i>Puebla</i>	36	3.29
<i>Querétaro</i>	17	1.55
<i>Quintana Roo</i>	4	0.37
<i>San Luis Potosí</i>	22	2.01
<i>Sinaloa</i>	14	1.28
<i>Sonora</i>	29	2.65
<i>Tabasco</i>	18	1.63
<i>Tamaulipas</i>	46	4.20
<i>Tlaxcala</i>	17	1.55
<i>Veracruz</i>	89	8.14
<i>Yucatán</i>	7	0.64
<i>Zacatecas</i>	2	0.18
TOTAL	1094	100.00

La base de datos ACQUIM puede proporcionar información de los eventos por sustancia, tipo de accidente y en este caso, por tipo de evento de los accidentes ocurridos durante el periodo ya mencionado, y es actualmente la base de datos más confiable de nuestro país. Su importancia se analiza en el capítulo en la técnica denominada Análisis Histórico de los Accidentes.

TABLA 1.4
Eventos de los accidentes ocurridos en el país. Fuente: Ref. Bib. No 45.

TIPO DE EVENTO	EVENTOS	% DE OCURRENCIA
Fuga	307	28.06
Derrame	302	27.61
Incendio	177	16.18
Combinación	119	10.88
Explosión	96	8.78
Volcadura	76	6.95
Intoxicación	16	1.46
No especificado	1	0.09
Total	1094	100.00

1.3.- Definiciones importantes.

Al igual que en cualquier otra área de estudio, los conceptos y definiciones son fundamentales para un apropiado entendimiento del tema, y en éste caso no es la excepción, por lo que la familiarización de una serie de términos que se utilizan frecuentemente en el área de seguridad y prevención de riesgos mayores; y aunque parecieran similares porque en ocasiones son utilizados como sinónimos deben interpretarse en los límites de su contexto para: la comprensión adecuada del tema; para expresar correctamente el enfoque y alcance del trabajo a realizar, los resultados obtenidos y generados; y principalmente, el diferenciar

adecuadamente lo que deseamos realizar o debemos esperar y de qué forma, de un trabajo en esta área.

En ocasiones los mismos autores de distintos textos relacionados a éstos temas llegan a mezclar los términos o, a ligarlos de tal forma que parecieran análogos y que no importara usar uno u otro, pues, tienen el mismo significado al describir un documento, sin embargo, se han elegido las definiciones más apropiadas de acuerdo a lo que se desea expresar. Cabe mencionar que algunas definiciones se han tomado de las descritas en la legislación³ mientras que otras fueron extraídas de textos especializados en el tema. Teniendo lo siguiente:

En el lenguaje cotidiano, usamos indistintamente la palabra riesgo y peligro para describir actividades y experiencias peligrosas, sin hacer notar la diferencia que existe entre ellas, *si es que existe tal diferencia*. Los especialistas del análisis de riesgos y administración de la seguridad del proceso hacen una distinción crítica entre *peligro* y *riesgo*. De tal forma que se analizará detalladamente.

*El **peligro** es la propiedad inherente de un agente químico, biológico o físico en una serie de condiciones. El **riesgo**, por otra parte, es una función de probabilidad y consecuencia de la manifestación de este peligro.*

Por ejemplo, transportar óxido de etileno que es un material o sustancia química peligrosa (por ser tóxico e inflamable) y que puede explotar si un accidente ferrocarrilero o carretero provoca que su contenedor se rompa, es una actividad inherentemente peligrosa. Pero el riesgo involucrado en la transportación de esa sustancia química es comprendido y expresado en términos de la frecuencia con la cual un accidente podría ocurrir y sus consecuencias cuantificables. Así, un peligro puede ser la causa o contribuir a un riesgo, pero no es un riesgo *per se*. *En pocas palabras, peligro es la potencialidad de daño, y riesgo es la probabilidad de daño.*

³ Legislación Española que es la adoptada y definida por la Unión Europea, la Norteamericana establecida por la OSHA, EPA y naturalmente a nivel nacional la de la SEMARNAT y el INE.

Todas las actividades humanas involucran un cierto grado de riesgo. Desde que nacemos hasta nuestra muerte, estamos expuestos a riesgos. Ahora bien, ¿qué son los riesgos?, la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), presenta la siguiente definición: “*Riesgo es una medida de la probabilidad y severidad de daño a la salud humana y propiedades*”. Incluye ambos sentidos de que la posibilidad de daño puede ocurrir y la indicación de que tan serio es el posible daño.

Donde: R = Riesgo

$$R = P \times C$$

P = Probabilidad

C = Consecuencia

La **consecuencia** se entiende como la totalidad de las pérdidas que pueden producirse en caso de presentarse el riesgo, valoradas en dinero. Por lo que se desprende que los riesgos tienen dos componentes importantes: **la probabilidad de ocurrencia** y **las consecuencias resultantes**. Siendo estas las premisas fundamentales para la aplicación de la Identificación y Análisis de Riesgos.

En el caso de otros términos importantes, pueden definirse de la siguiente forma:

Accidente: es un suceso fortuito e incontrolado, capaz de producir daños. En general, en la industria química este suceso coincide con situaciones de emisión, escape o fuga, derrame, incendio y explosión, donde están implicadas sustancias peligrosas. Si la situación generada se puede calificar como de riesgo grave, catástrofe o calamidad pública (inmediata o diferida) para las personas, el medio ambiente y los bienes, se le denomina “accidente mayor”.

Dicha definición puede ser clasificada en tres tipos de categorías:

Categoría I. Aquellos accidentes en los que se prevé que habrá, como única consecuencia daños materiales en la instalación industrial accidentada. Los daños asociados a la emisión, fuga, derrame, incendio y/o la explosión, quedan limitados a los límites de batería de la instalación industrial; no se producen víctimas ni heridos.

Categoría II. Aquellos accidentes en los que se prevé que habrá, como consecuencia posibles víctimas y daños materiales en la instalación industrial. Las repercusiones en el exterior se limitan a daños o efectos adversos sobre el medio ambiente leves, en zonas limitadas.

Categoría III. Aquellos accidentes en los que se prevé que habrá, como consecuencia, posibles víctimas, daños materiales o alteraciones graves del medio ambiente en zonas extensas, en el exterior de la instalación industrial. Los accidentes de las categorías II y III son considerados accidentes mayores.

Accidente: *Evento no premeditado, aunque muchas veces previsible, que se presenta en forma súbita, altera el curso regular de los acontecimientos, lesiona o causa la muerte a las personas y ocasiona daños en sus bienes y en su entorno. Manifestación del riesgo asociado al peligro inherente.*

Accidentes Mayores: *Son aquellos cuyos efectos, por su alcance, rebasan los límites de la instalación industrial o comercial en que se encuentran una o más sustancias peligrosas; dañando a la flora, fauna, seres humanos o bienes materiales; alterando las características del medio ambiente o ecosistemas.*

Accidentes de Alto Riesgo Ambiental: *una explosión, incendio, fuga o derrame súbito que resulte de un proceso en el curso de las actividades de cualquier establecimiento, así como en ductos y en transportes, en los que intervengan una o varias sustancias peligrosas y que suponga un peligro grave (de manifestación inmediata o retardada, reversible o irreversible) para la población, sus bienes, el ambiente y los ecosistemas.*

Actividades Altamente Riesgosas: *Son aquellas acciones, serie de pasos u operaciones comerciales y/o de fabricación industrial, distribución y ventas, en que se encuentren presentes una o más sustancias peligrosas, en cantidades iguales o mayores a su Cantidad de Reporte, que al ser liberadas por condiciones anormales de operación o externas, provocarían accidentes.*

Actividad peligrosa: *conjunto de tareas derivadas de los procesos de trabajo, que generan condiciones inseguras y sobreexposición a los agentes químicos capaces de provocar daños a la salud de los trabajadores o al centro de trabajo.*

Administración de Seguridad del Proceso: *programa sistemático que integra tecnología, procedimientos y prácticas de administración e incluye la identificación de peligros en el proceso, estimación de riesgos, desarrollo de sistemas de mitigación y puesta en práctica de medidas preventivas. Con la finalidad de evitar accidentes (Manifestación del Riesgo)*

Administración de Riesgos: se refiere a la toma de decisiones sobre la seguridad, protección a las personas, medio ambiente y la propiedad. Para que sean efectivas, debe incluir criterios de beneficios y costos, alternativas tecnológicas, cumplimiento regulatorio y valores sociales. Dichas decisiones no tienen un valor neutral sino que reflejan el juego entre la ciencia, la economía y la seguridad pública.

Análisis de Riesgos: es el proceso mediante el cual se estima el qué, la forma, dimensión y característica de los riesgos, a través de los peligros identificados, determinando también sus efectos y consecuencias hacia el medio que lo rodea, sobre un proceso, sistema o planta. Esto puede ser estimado de forma cualitativa, semi-cuantitativa o cuantitativamente. Todo ello para la toma de decisiones por parte de la Dirección de la compañía.

Cantidad de Reporte: Cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Daño: Menoscabo o deterioro inferido a elementos físicos de la persona o del medio ambiente, como consecuencia del impacto de una calamidad sobre la población y entorno.

Desastre: Evento concentrado en tiempo y espacio, en el cual la sociedad o una parte de ella sufre un severo daño e incurre en pérdidas para sus miembros, de tal manera que la estructura social se desajusta y se impide el cumplimiento de las actividades esenciales de la sociedad, afectando el funcionamiento vital de la misma.

Evaluación de Riesgos: Proceso mediante el cual, los resultados de un análisis de riesgos (por ejemplo, estimado de riesgo) son utilizados para tomar decisiones, ya sea a través de la clasificación relativa de estrategia de reducción o mediante comparaciones con los objetivos del riesgo. Cuantificados los riesgos detectados jerarquizando para la toma de decisiones.

Estimación o Análisis de Consecuencias: es el análisis que busca determinar la magnitud de las consecuencias o efectos de un incidente o accidente peligrosos,

normalmente los considerados por incendios, explosiones y fugas de materiales peligrosos

Emergencia: Situación o condición anormal que puede causar un daño a la propiedad y propicia un riesgo excesivo para la salud y la seguridad pública. Conlleva la aplicación de medidas de prevención, protección y control sobre los efectos de una calamidad.

Mitigar: Acción y efecto de suavizar, calmar o reducir el alcance de un desastre o de disminuir los efectos que produce el impacto de una calamidad en la población, medio ambiente y por su puesto, en la planta o instalación industrial.

Identificación de Peligros (o Riesgos): Reconocimiento de características de materiales, sistemas, procesos de una planta o instalación que pueden manifestarse en riesgos y producir consecuencias indeseables por la ocurrencia de un accidente, a través de diferentes técnicas o metodologías reconocidas.

Prevención: Es uno de los objetivos de un sistema de administración de la seguridad, que se traduce en un conjunto de disposiciones y medidas anticipadas cuya finalidad estriba en impedir o disminuir los efectos que se producen con motivo de ocurrencia de calamidades. Esto se realiza a través de las acciones de inspección y vigilancia de calamidades y de la identificación de las zonas vulnerables del sistema afectable, con la idea de prever los posibles riesgos o consecuencias para establecer mecanismos y realizar acciones que permitan evitar o mitigar los efectos destructivos.

Riesgo Ecológico: se define como la probabilidad de que ocurran efectos adversos en la salud humana, en la integridad del ambiente y de los ecosistemas, no sólo por el aumento de la mortalidad de la población afectada, sino por la disminución de su calidad de vida y alteración del equilibrio natural existente.

Riesgos Mayores: son los relacionados con accidentes y situaciones excepcionales. Sus consecuencias pueden presentar una especial gravedad ya que la rápida expulsión de productos peligrosos o de energía podría afectar a áreas considerables dentro o fuera del límite de batería. Estos pueden ser incendios, explosiones y nubes tóxicas (para la industria química y del petróleo)

Sustancias químicas (o materiales) peligrosas: son aquéllas que por sus propiedades físicas y químicas al ser manejadas, transportadas, almacenadas o

procesadas, presentan la posibilidad de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radiactividad, corrosividad o acción biológica dañina, y pueden afectar la salud de las personas expuestas o causar daños a instalaciones y equipos.

Técnicas o metodologías de identificación de riesgos para análisis de riesgos: *es una serie de métodos que pueden ser utilizados para responder a una serie de preguntas relacionadas al nivel de seguridad o accidentes que pueden ocurrir en una planta, proceso o sistema. Los métodos pueden verse como enfoques estructurados para preguntar "¿y si...?" sobre todos los aspectos de un proceso en el cual el peligro es inherente.*

1.4.- Repercusiones económicas y el impacto de los accidentes mayores

Desde el nacimiento del movimiento moderno ambientalista en la década de 1960, industrias y gobiernos han buscado definir mejor los peligros químicos, evaluar el impacto de los accidentes en las vidas y la propiedad y cuantificar los riesgos con el fin de impedir accidentes industriales y mitigar sus consecuencias. Una serie de accidentes importantes en las décadas de 1970 y 1980 ayudaron a impulsar al gobierno y a la industria a desarrollar métodos de análisis de peligros y riesgos, efectivos para la administración del proceso de seguridad.

El incremento de la sensibilidad pública con relación a los riesgos ambientales, junto con una percepción de que los riesgos se están saliendo de control gubernamental, provocaron un número de movimientos públicos sobre el "derecho a saber" y el "derecho a saber más". Sin embargo, la abundancia de la información que ha surgido, demostró ser mas sorprendente, que ilustrativa (sin que llegara realmente a asombrar dado el grado de incertidumbre científica, las diversas interpretaciones de los mismos datos por parte de expertos y los miles de millones de dólares en juego).

El costo de los accidentes en la industria química es difícil de cuantificar ni siquiera en términos meramente económicos. Durante **1984, en tan sólo 5 accidentes en la industria química** se produjeron pérdidas directas estimadas de **268 millones**

de dólares. Cada año suceden cientos de accidentes menores, a menudo sin que trascienda al público general. Al costo total material directo de los accidentes es necesario añadirle el debido a los consiguientes paros de producción y pérdidas de materias primas y productos, el debido a los litigios y a las indemnizaciones por causa de daños a las personas o a la propiedad, así como las primas de los seguros; multas ante las autoridades de seguridad y protección al medio ambiente, y la remediación del ambiente deteriorado o daño ecológico. Un costo adicional muy considerable, es la pérdida de imagen y la publicidad negativa que sufre la empresa involucrada en el accidente, aunque en la práctica, esto sólo suele darse asociado a grandes catástrofes.

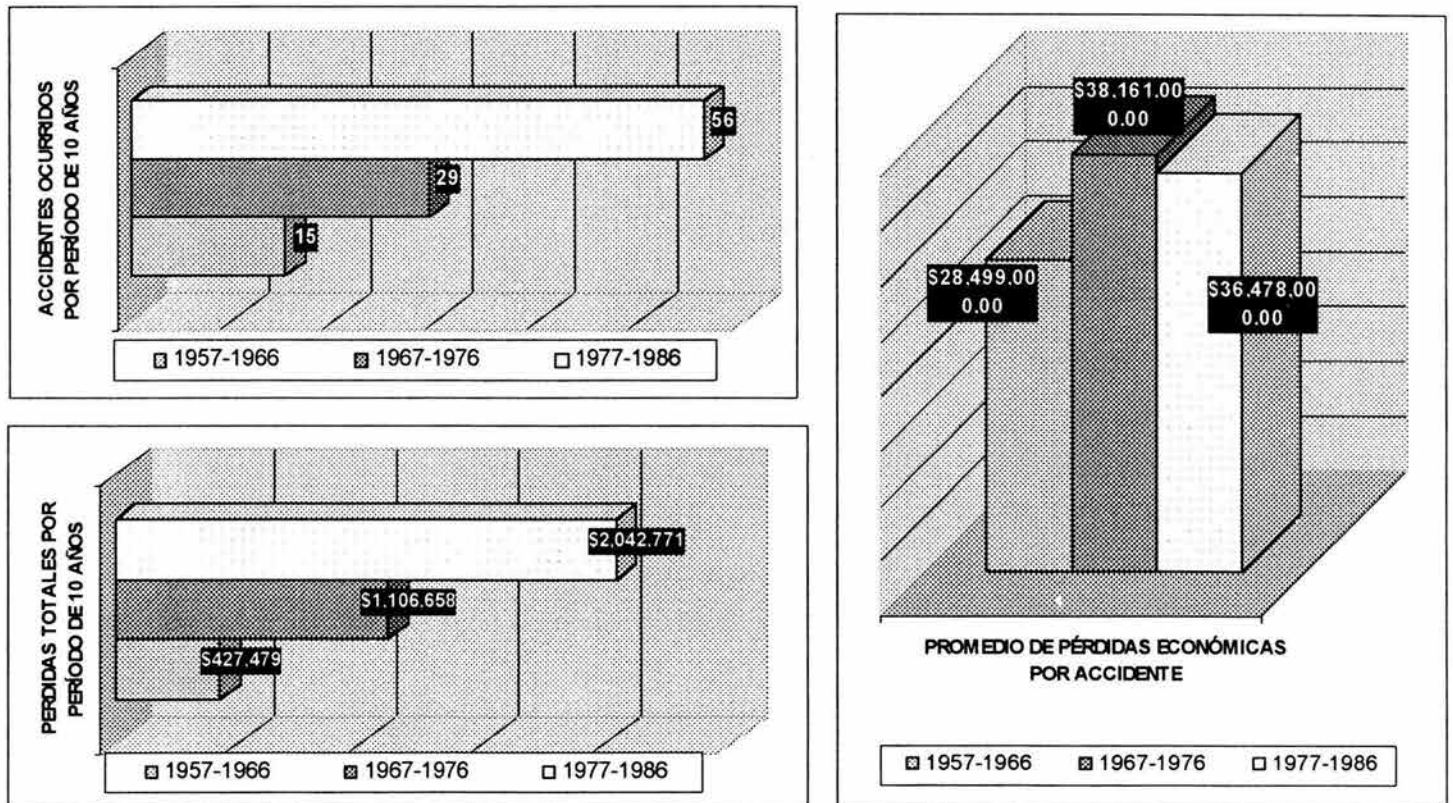
A la vista de lo anterior, no es de extrañar el creciente esfuerzo que la industria en general, y la química en particular, dedican a la prevención de accidentes. Se estima que la **industria norteamericana en conjunto invirtió unos 7,700 millones de dólares durante 1985, en medidas para aumentar la seguridad** de las instalaciones y para proteger la salud de los trabajadores. A la industria química le corresponde sin duda, una parte muy significativa de esta inversión total, gracias a lo cual durante 1985 la probabilidad de accidentes mortales para el trabajador de la industria química fue la cuarta parte que para el trabajador promedio norteamericano.

En Estados Unidos la firma **M & M Protection Consultants** analizaron 100 incidentes (también nombrados así los accidentes mayores) de 500 de la industria de procesos con hidrocarburos ocurridos a nivel mundial, durante un período de 30 años entre 1957 y 1986. Todos los eventos fueron tomados en cuenta debido a que excedieron un criterio mínimo de \$10,000,000 dls. en daños a la propiedad, además, de que se contara con suficiente información para ser analizados. Por lo que se efectuaron diferentes estadísticas sobre los datos como son; tipo de instalación o proceso, equipos involucrados, tipo de desenlace final, modo de operación y causa de la falla; que se muestran más adelante. Naturalmente se incluyó el aspecto referente a las pérdidas económicas, que es el que se presenta a continuación.

Los 100 accidentes analizados representan aproximadamente \$3,577,000,000 dls. en daños a la propiedad (según la tendencia a enero de 1987) que fueron estimados usando un índice de inflación para equipos de la industria del petróleo publicado por *Industrial Risk Insurers* (IRI). Las pérdidas individuales varía desde \$10,000,000 dls. hasta los \$233,000,000 dls. obteniéndose un promedio de \$35,800,000 dls. por accidente. En el período cubierto por 30 años, el número de pérdidas se duplicaron aproximadamente en cada década sucesiva; de igual forma la cantidad de las pérdidas totales fue superada a más del doble.

FIGURA I.2

Accidentes mayores analizados en un periodo de 30 años de la industria de procesos de hidrocarburos. (Fuente: Ref. Bib. No 25)



NOTA: TODAS LAS CIFRAS ESTÁN EN DÓLARES NORTEAMERICANOS

La preocupación por los temas de seguridad en la industria química, así como por los de higiene industrial, está llamada a continuar creciendo en el futuro próximo. Entre las numerosas expresiones públicas de esta tendencia en los últimos años

está la del Comité de Industrias Químicas de las Comunidades Europeas, cuyo informe dice textualmente, refiriéndose a la década de los 90: *“La seguridad y la higiene industrial importarán aún más que ahora. Habrá que prestar atención no sólo a mejorar lo relativo a la seguridad en el ámbito de la industria química... sino también al riesgo que supone su funcionamiento para la población circundante y para el medio ambiente a largo plazo. La industria química europea tendrá que desarrollar una política adecuada de disminución de riesgos... y por lo tanto habrá de desarrollar nuevos productos, tecnologías y procesos.”*

Por otro lado, a la hora de expresar con estadísticas el nivel de accidentabilidad, hay que comenzar por decir que la industria química posee un registro de seguridad considerablemente más alto que el promedio de la industria en general. Las estadísticas más utilizadas para la comparación son los índices FAR (Fatal Accident Rate, o TAM *Tasa de Accidentes Mortales*) que establecen el número de accidentes mortales en una industria determinada tras 10^8 horas de actividad (un período que corresponde aproximadamente a la vida laboral de un grupo de 1,000 trabajadores). En la siguiente tabla se presentan algunos valores.

TABLA 1.5
Índice FAR por tipo de industria, promedio (Fuente: Ref. Bib. No 9)

ACTIVIDAD	INDICE FAR
Industria de la confección	0.15
Industria automotriz	1.30
Industria de la madera	3.00
Industria química	4.00 – 5.00
Industria mecánica	7.00
Agricultura	10.00
Minería	12.00
Industria pesquera	35.00
Construcción	64.00

Esto quiere decir que un trabajador que pase toda su vida laboral en una industria química de 1000 empleados será testigo de unos 4 o 5 accidentes mortales, unos 20 por otros accidentes (como automovilísticos y en otras actividades no laborales), 370 por enfermedades diversas.

A pesar de éstas cifras la percepción del público en general es de que se trata de una industria de alto riesgo. En una encuesta realizada a ciudadanos norteamericanos, muestra que la creencia general es que *"casi todos los productos químicos son muy peligrosos..."* y *"dos de cada tres esperan un accidente desastroso en la industria química con miles de muertos en los próximos 50 años"*. Sin duda, la principal causa de esta percepción es la resonancia que han tenido los llamados accidentes mayores, algunos de los cuales han traspasado con creces los límites físicos de las industrias involucradas, afectando no solo a los trabajadores sino a la población y el ambiente, que no están involucrados en tales actividades.

En México en el Informe Trianual de 1995 – 1997 emitido por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente reportó los siguientes datos en cuanto a accidentes ocurridos con materiales peligrosos.

Muertes	156
Lesionados	629
Intoxicaciones	2,352
Evacuaciones	38,420

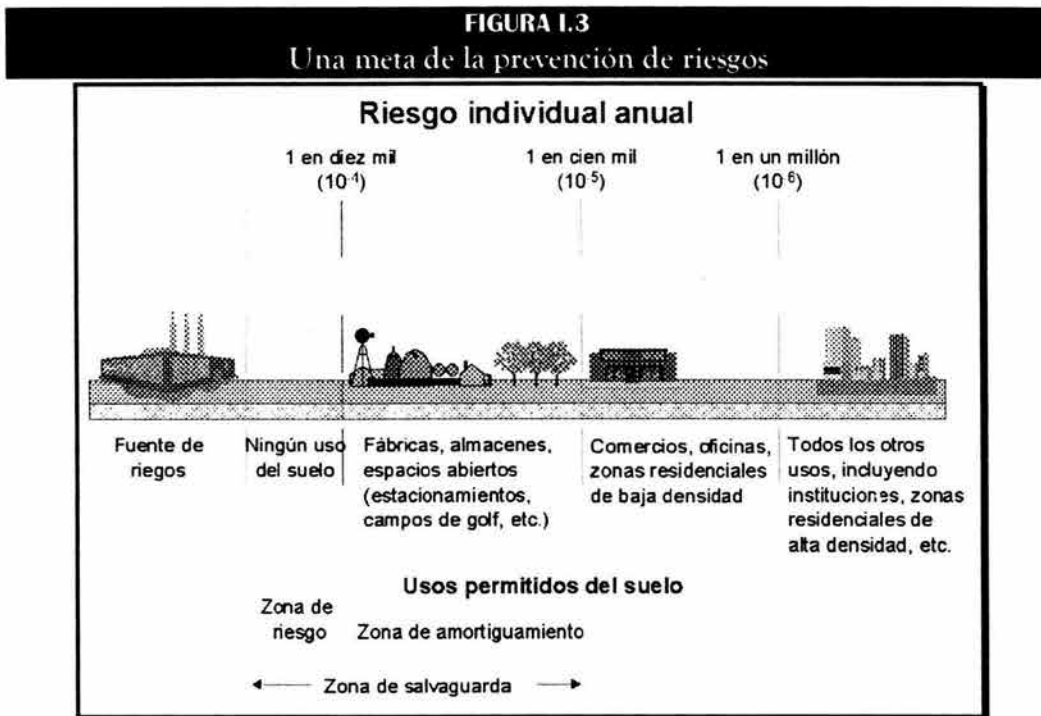
(Fuente: Ref. Bib. No 18)

En planta	23
En transporte	64
Otro	13

Aunque es limitada la información en nuestro país, debe de representar la misma magnitud, por lo que la aplicación de los mecanismos que pueden garantizar la seguridad es materia prioritaria.

Finalmente lo que reflejan el apartado anterior y éste, es la innegable preocupación que tiene la población, las instituciones gubernamentales y las empresas por evitar que se manifiesten los riesgos generados por la actividad industrial, que no puede ser detenida y que es necesaria para la economía y modo de vida de la sociedad. Los impactos son básicamente de tres tipos: la mortalidad de las personas (que aunque el índice de mortalidad por la industria química no es tan alto, como el de otros giros o riesgos no aceptados, es importante, pues

impacta de forma drástica cuando se presenta o se manifiesta, principalmente rebasando los límites de la instalación), el deterioro del medio ambiente y las cuantiosas pérdidas económicas que pueden representar a una compañía o inversionistas como negocio. Ello, a impulsado totalmente a que los dos últimos interesados en el tema pongan en práctica la obligatoriedad de analizar los riesgos y el camino para lograrlo, cada uno desde su perspectiva y alcance; esto es presentado en los capítulos 2 y 3 respectivamente.



1.5.- El Análisis de Riesgos.

Aún cuando no existen evidencias precisas, la aparición de las primeras metodologías para el análisis de riesgos en operaciones industriales, tienen su origen entre 1910 y 1920. Estas metodologías fueron producto de la experiencia adquirida a través de accidentes ocurridos. La primera de ellas se conoce hoy en día, como *Investigación de Accidentes*, la cual ha evolucionado de manera importante, pero fundamentalmente sigue conservando sus principios.

Los resultados de la Investigación de Accidentes, aún cuando son de gran utilidad, no proporcionan todas las respuestas requeridas para contar con instalaciones

con un grado de confiabilidad aceptable. Las limitaciones propias de la metodología y las enseñanzas producto de ella, dio como resultado la generación de códigos y normas, en donde se establecen parámetros generalmente aceptados para riesgos reconocidos. Por otra parte, desafortunadamente las metodologías basadas únicamente en la experiencia no garantizan haber considerado todas las posibles fallas y el resultado es que las medidas de prevención, frecuentemente se tomen después de ocurrido el evento.

El desarrollo formal de sistemas de análisis de riesgos se inició posiblemente durante el desarrollo de las bombas V1 y V2 durante la segunda guerra mundial y posteriormente formalizada en la industria Aeroespacial, como una respuesta natural a la magnitud de las consecuencias de ocurrir una falla: mal funcionamiento de un misil complejo o sistemas de aeronaves que pudieran resultar en pérdidas de muchas vidas humanas y costos de millones de dólares. Resultaba imperativo detectar fallas potenciales a priori. La industria nuclear y electrónica implantaron rápidamente lo desarrollado en la industria aeroespacial.

Las actividades industriales como parte cotidiana del quehacer humano no son la excepción. En los procesos industriales, existe una real preocupación por aplicar métodos sistematizados para eliminar o reducir los riesgos, debido principalmente a que el clamor de la sociedad demanda a la industria en general una mayor seguridad para sus empleados y trabajadores, propiedades y medio ambiente circundante.

El desafortunado accidente ocurrido en San Juan Ixhuatepec en 1984, no es el único registrado en México en la historia de los desastres tecnológicos. Antes hubo ya una explosión de metano, fuga de cloro, varias explosiones de gas; con una frecuencia que resulta alarmante. En México ocurren accidentes mayores cada cuatro años, que en otras partes del mundo y con otros criterios de seguridad se estima que solo pueden ocurrir, probablemente cada cien de años. Lo anterior no es una exageración. Los cálculos de seguridad para este tipo de instalaciones generalmente se refieren a la probabilidad de ocurrencia en un lapso mayor.

Los acontecimientos ocurridos a fines de 1984 y principios de 1985 en México, la India, y Estados Unidos, ha generado una mayor presión sobre la industria química. En mayo de 1985, la Chemical Manufacturers Association (CMA) integró un grupo especial de trabajo para tratar de dar a conocer a sus asociados las metodologías existentes en el mercado para el análisis de riesgos. El resultado del estudio muestra que las metodologías más frecuentemente utilizadas por la industria química en EE.UU. son:

<input type="checkbox"/> "What if"	<input type="checkbox"/> HAZAN	<input type="checkbox"/> FMEA
<input type="checkbox"/> HAZOP	<input type="checkbox"/> Dow Index	
<input type="checkbox"/> Listas de Verificación	<input type="checkbox"/> ICI Mond Index	

En la industria química mexicana, el empleo de sistemas formales es incipiente, y solo los grupos importantes de industrias desde 1985 han iniciado su aplicación, como el caso de Dupont y Celanese Mexicana.

En la actualidad existen en el mercado una gran variedad de metodologías para el Análisis de Riesgos, pero el uso de ellas debe ser selectivo con el fin de optimizar sus resultados. Antes de aplicar un método en particular, se deberán analizar sus ventajas y desventajas, preguntándose invariablemente si nos dará las respuestas esperadas, en función de profundidad, tiempo, costo y aplicabilidad de resultados. Si bien, la premisa es garantizar la óptima protección del ser humano, la propiedad y el ambiente, el costo de las medidas para lograrlo, afectará los costos de producción, por lo que se requiere lograr el balance óptimo entre el costo del control y la efectividad en la eliminación o reducción de los riesgos. (Lo cual se describe más adelante)

Algunos problemas son obvios, si fabricamos óxido de etileno mediante una mezcla de oxígeno y etileno, y ésta se encuentra muy cercana a los límites de explosividad, no necesitamos de una técnica especial para saber que, si las proporciones de los componentes es errónea, puede ocurrir una explosión.

El método tradicional de identificación de riesgos, utilizado desde los primeros desarrollos tecnológicos hasta nuestros días era construir una planta y ver que pasaba. El antiguo adagio dice: "Todo perro puede morder", hasta que el perro muerde a alguien, podemos decir que no sabíamos que esto pasaría. Esto no era un mal método, cuando la magnitud del incidente era limitada, pero no muy satisfactorio ahora que tenemos "perros" que pueden matar a mucha gente de una sola mordida.

Cuando algo nuevo o distinto a lo usual se lleva a cabo en una planta de procesos, existe el riesgo de que alguna parte del proceso no se comporte conforme a lo esperado. Esta desviación puede tener efectos muy serios en alguna otra parte del proceso. Así, el análisis de riesgos puede realizarse a través del "sentido común", pero la complejidad de la tecnología moderna ha hecho que el proceso de análisis sea complejo también. Por ello ha sido necesario desarrollar y establecer metodologías sistematizadas de alta confiabilidad, para realizar los diagnósticos de seguridad de los procesos industriales.

El diagnóstico de seguridad para una planta de procesos involucra responder a una serie de preguntas:

¿Existen riesgos reales y potenciales?, si es así,

¿Cuáles son?

¿De que magnitud son?

¿Son aceptables?, si no es así,

¿Como se pueden eliminar o reducir?

Las respuestas a éstas exigencias pueden obtenerse a través del **Análisis de Riesgos**. Este proceso requiere cubrir las siguientes etapas generales:

1ª. Etapa: Conocer a detalle las características de los procesos, los materiales utilizados y su entorno para la identificación primaria de la existencia de posibles riesgos reales y potenciales.

2ª. Etapa: Identificar los riesgos específicos existentes. Mediante el empleo de técnicas especiales.

3ª. Etapa: Evaluar la magnitud del evento y cuantificar sus consecuencias posibles, y si fuese necesario y se cuenta con la información, evaluar la probabilidad de ocurrencia.

4ª. Etapa: Establecer las medidas preventivas necesarias para eliminar o minimizar el riesgo hasta el grado de aceptación del mismo.

Existen varias técnicas específicas a aplicar en cada una de las etapas, estas técnicas dependerán de cada caso en particular y del grado de profundidad requerido. El uso de ellas debe ser selectivo con el fin de optimizar sus resultados. En todo diagnóstico es indispensable seguir la secuencia de las etapas anteriores para optimizar los resultados del diagnóstico. En este sentido dada su complejidad y arduo trabajo, nos ocuparemos de la primera etapa que es la **identificación de peligros** que pueden existir en la industria química y del petróleo.

1.6.- La Identificación de Riesgos (o Peligros) como plataforma fundamental del Análisis de Riesgos.

En la industria química en general , los accidentes suelen ser el resultado de inadecuadas condiciones de proceso para las diversas características físicas y químicas de los materiales y/o las sustancias. Estas condiciones, excepto en el caso de fallos de diseño, suelen ser desviaciones de las condiciones normales de funcionamiento y se presentan como problemas no siempre evidentes desde la experiencia operativa. Sin olvidar también, la contribución a éstos eventos por desviaciones en todas las actividades correspondientes al mantenimiento en todo su contexto.

En ocasiones, los riesgos son evidentes y no necesitan procedimientos especiales para ponerse de manifiesto. Éste sería, por ejemplo, el caso de un reactor en el que se mezclen hidrocarburos ligeros y oxígeno cerca del intervalo de inflamabilidad. En otros casos los riesgos no son tan evidentes, y se requiere un análisis de cierta profundidad para desentrañar la clase de accidentes que pueden

tener lugar. En cualquier circunstancia, decir que en una instalación determinada puede ocurrir una explosión, o un escape tóxico no es suficiente, sino que se requiere un estudio que indique cuáles son los mecanismos o secuencias de acontecimientos por los que el accidente puede tener lugar, con el fin de obtener oportunidades de actuar sobre los mismos, sino de qué forma les podremos dar solución.

La identificación de riesgos es, de hecho, el paso más importante del Análisis, puesto que cualquier riesgo cuya identificación sea omitida no puede ser objeto de estudio. De manera análoga, una vez identificado un riesgo importante, es probable que se tomen medidas para reducirlo, incluso si la evaluación cuantitativa posterior es defectuosa.

Causas de accidentes en instalaciones de proceso

La experiencia de los accidentes sucedidos en instalaciones de proceso muestra que las causas de los mismos pueden clasificarse, dejando al margen las ingerencias de agentes externos al proceso y fuerzas naturales (proximidad a instalaciones peligrosas, viento, heladas, incendios, etc.) así, en los siguientes tres grupos se indican algunos de los fallos característicos más frecuentes.

Fallos de componentes

- Diseño inapropiado frente a presión interna, fuerzas externas, corrosión del medio y temperatura.
- Fallos de elementos tales como bombas, compresores, ventiladores, agitadores, etc.
- Mantenimiento y vigilancia del equipo. Integridad mecánica.
- Fallos de sistemas de control (sensores de presión y temperaturas, controladores de nivel, reguladores de flujos, unidades de control computarizadas, etc.).
- Fallos de sistemas específicos de seguridad (válvulas de seguridad, discos de ruptura, sistemas de alivio de presiones, neutralizadores, alarmas, etc.).
- Fallos de juntas y conexiones.

Desviaciones en las condiciones normales de operación

- Alteraciones incontroladas de los parámetros fundamentales del proceso (presión, temperatura, flujo, concentraciones, etc).
- Fallos en la adición manual de componentes químicos.

Fallos en los servicios, tales como:

- Insuficiente enfriamiento para reacciones exotérmicas.
- Insuficiente aporte del medio calefactor o vapor.
- Corte del suministro eléctrico.
- Ausencia de nitrógeno o agente inertizante.
- Ausencia de aire comprimido (de instrumentación o de agitación).
- Formación de subproductos, residuos o impurezas, causantes de reacciones colaterales indeseadas.

Errores humanos y de organización

- Errores de operación y de comunicación.
- Desconexión de sistemas de seguridad (causas diversas)
- Confusión de sustancias peligrosas (comunicación de riesgos)
- Incorrecta reparación o trabajo de mantenimiento.
- Realización de trabajos no autorizados (soldadura, espacios confinados).
- Fallos en los procedimientos de paro y arranque

Cabe destacar que los errores suelen suceder, principalmente, por alguno de los siguientes motivos:

- a. No conocer suficientemente los riesgos y su prevención.
- b. Insuficiente formación y adiestramiento en el trabajo.
- c. Carga psíquica excesiva.

La interrelación de estos elementos a través de la tecnología utilizada, es la que da por resultado la existencia de riesgos reales y potenciales, y su magnitud depende de las características particulares de cada uno de los elementos

anteriores. Así, en cualquier planta de proceso, los riesgos existentes en la misma se asocian principalmente a tres factores:

1. Naturaleza y cantidad de las sustancias manejadas, procesadas o almacenadas.
2. Condiciones extremas de operación para que se manifieste sus propiedades peligrosas (básicamente temperatura y presión).
3. Equipos y actividades desarrolladas para la correcta operación de los equipos y procesos existentes (riesgos operacionales, controles administrativos, humanos y de ingeniería).

Es posible que uno de los objetivos del desarrollo tecnológico es reducir al mínimo el uso de materiales peligrosos o sustituirlos por otros de menor peligro para producir lo que se consume actualmente; por otro lado, el procesarlos en condiciones que no pongan de manifiesto sus propiedades peligrosas. Sin embargo, estos dos aspectos actualmente no pueden ser controlados, es decir, aun son independientes de nuestro alcance en la prevención de accidentes. Pero el tercer aspecto, sí depende totalmente del factor humano y sobre el cual se tiene en gran medida el control. Curiosamente, este factor ha sido el clave para que se manifiesten dichos peligros. Retomando el estudio de análisis sobre 100 accidentes de la industria química y del petróleo, procesos con hidrocarburos, ocurridos en un período de 30 años, mencionado anteriormente, queda esto de manifiesto, según lo muestra la última gráfica. De lo cual se presentan las siguientes estadísticas.

FIGURA 1.4

Accidentes mayores analizados en un periodo de 30 años de la industria de procesos de hidrocarburos de 1956 a 1986. (Fuente: Ref. Bib. No 25)

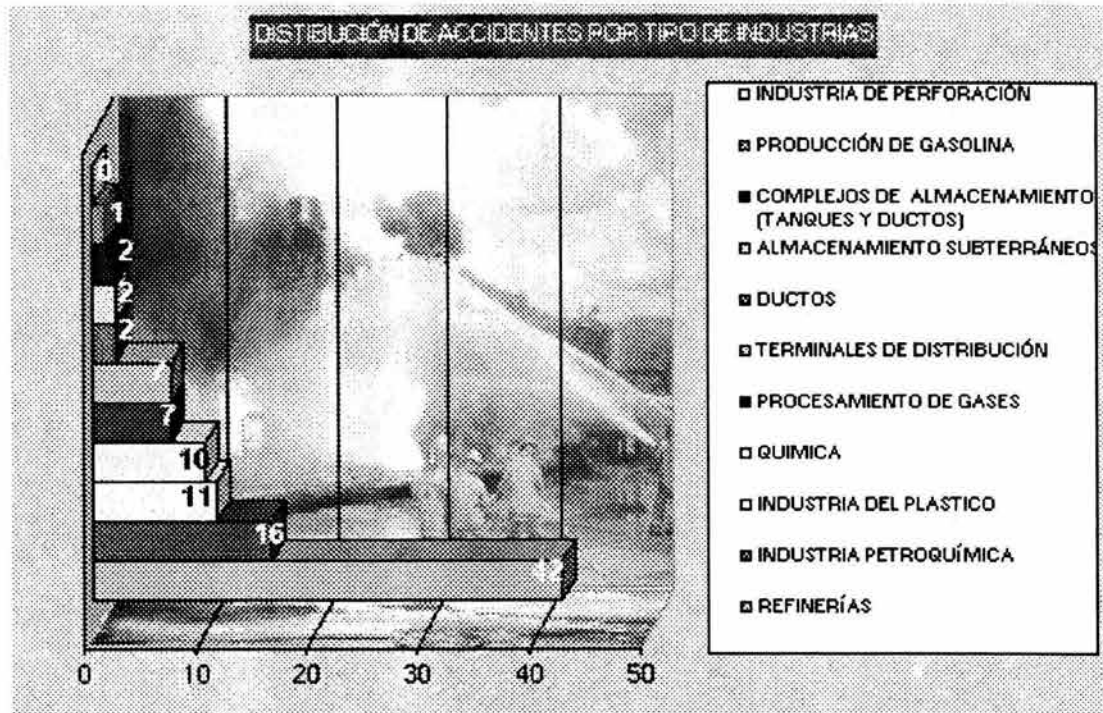
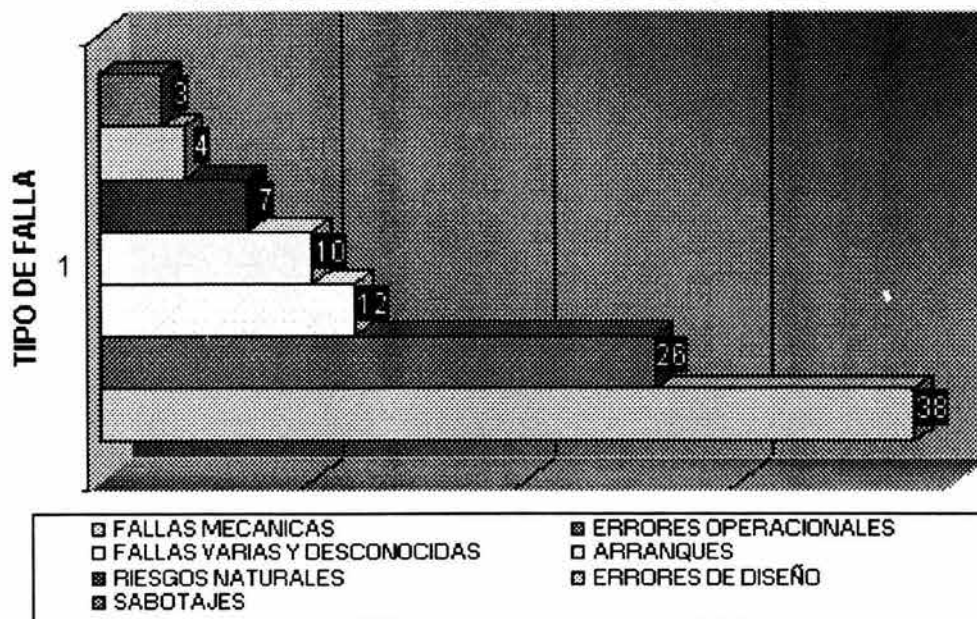


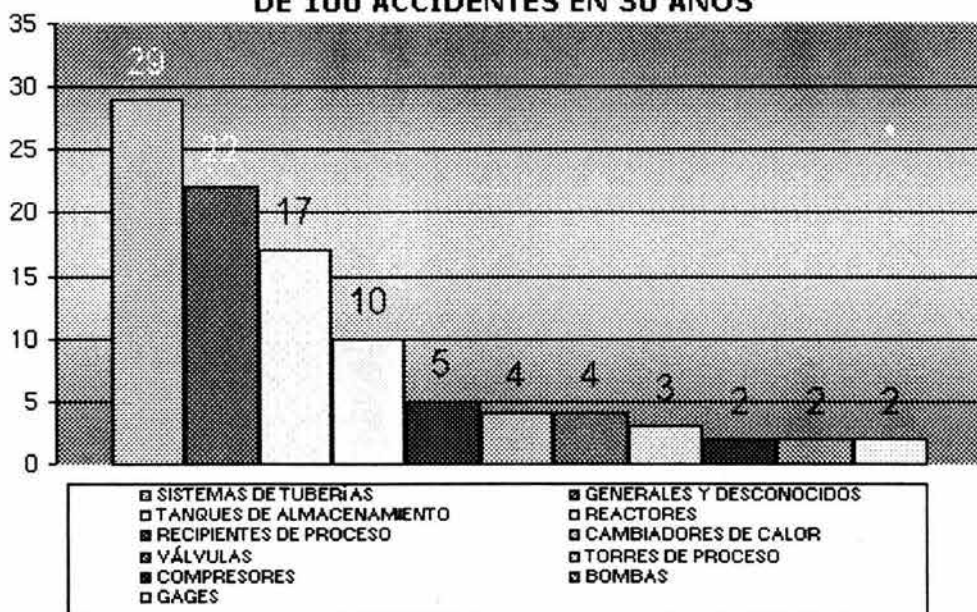
FIGURA 1.5

Accidentes mayores analizados en un periodo de 30 años de la industria de procesos de hidrocarburos de 1956 a 1986. (Fuente Ref. Bib. No 25)

CAUSAS DE ACCIDENTES MAYORES



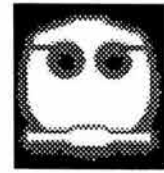
EQUIPOS INVOLUCRADOS EN UN CASO DE ESTUDIO DE 100 ACCIDENTES EN 30 AÑOS



Esto de alguna forma también es un aliciente, pues, indica que cerca de un 70% de la causas de accidentes mayores el factor humano tiene total incidencia, es

decir, las principales fallas como son las mecánicas y las operacionales dependen de su control. Por otro lado, precisamente las técnicas de identificación de peligros se enfocan arduamente en estos aspectos, principalmente el primero, lo que debe motivar a la aplicación de las mismas y del proceso completo de Análisis de Riesgos. Análogamente, se comenta, que en la Unión Europea el 90% de los accidentes en empresas que realizan actividades altamente riesgosas, han sido ocasionados por fallas en la administración de las instalaciones y por errores humanos. En México no es la excepción, el número total de eventos ocurridos en cada uno de los estados de la República de 1990 a 1997 que se presentaron en el apartado 1.3, sus causas, en la mayoría de los casos, se ha debido a errores humanos en las operaciones de carga/descarga, falla o inexistencia de dispositivos de seguridad para evitar fugas o derrames (diques, fosas, válvulas de corte, válvulas de seguridad, sistemas de venteo) y falta de procedimientos de operación y programas de mantenimiento preventivo.

Esto es importante pues muestra que es posible incrementar la seguridad en las actividades altamente riesgosas si se mejora la administración de las mismas y la capacitación del personal, ya que los factores preponderantes que generan accidentes están directamente involucrados para su control. Paralelamente, el Centro para la Seguridad de los Procesos Químicos del Instituto Norteamericano de Ingenieros Químicos (CCPS y AIChE, siglas en inglés respectivamente) establece que el no sólo el avance tecnológico es suficiente para ello, sino que es fundamental un estricto control en las operaciones humanas y una adecuada administración de la seguridad a través de buenas prácticas y procedimientos.



CAPITULO 2

Marco legal aplicable a la identificación y análisis de riesgos y otras normas recomendadas

CAPITULO 2

MARCO LEGAL APLICABLE A LA IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGOS Y OTRAS NORMAS RECOMENDADAS

2.1.- Contexto General

Cada vez es más evidente la preocupación social a todos los niveles por la prevención de riesgos, la contaminación y la protección del medio ambiente. En el entorno empresarial también se aprecia un interés creciente por el control del impacto de las actividades industriales y la mejora continua del comportamiento medioambiental global. Y es que hoy el desarrollo sostenible, o la compatibilidad del proceso tecnológico, económico y social, con una adecuada conservación de nuestro entorno natural, parece posible. Partiéndose también del principio de que ***un negocio seguro es un buen negocio***, puesto que se admite que existe una buena relación entre la seguridad, la protección ambiental y la eficiencia económica de sus operaciones.

En este cambio de actitud la seguridad industrial y la protección al entorno ambiental ha sido y continúa siendo apoyado tanto por una legislación cada vez más exigente, como por la presencia y utilización de estándares internacionales de carácter voluntario. El derecho medioambiental juega un papel decisivo en la lucha por la conservación del entorno, estableciendo pautas de comportamiento, derechos y obligaciones y un amplio régimen de responsabilidades.

Por otro lado, con pasos más firmes las graves catástrofes industriales que han ocurrido en el mundo y sus consecuencias de las cuales ya se ha comentado anteriormente, han sensibilizado a la opinión pública, motivando fuertemente a las autoridades a legislar sobre el tema, obligando a ciertas industrias a realizar estudios de sus riesgos potenciales y a adoptar las medidas necesarias capaces de evitar accidentes mayores. De lo cual nuestro país no ha quedado exento.

Por su parte, la normalización internacional y las asociaciones industriales e institutos, respondiendo a la demanda creciente de las organizaciones, su avance tecnológico y la utilización de materiales de alto riesgo, han dispuesto de los medios necesarios para la configuración de un sistema de gestión de seguridad y medioambiental efectivo, que puede ser incorporado dentro de otros programas de gestión para ayudar a las empresas a conseguir sus objetivos.

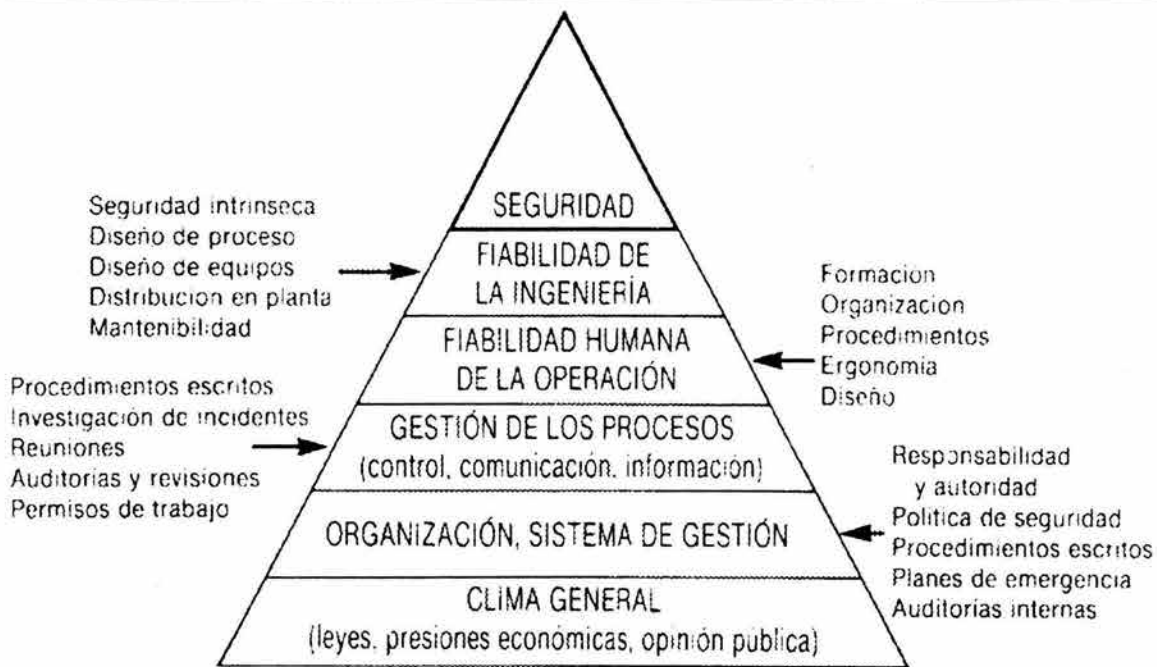
En Europa y Estados Unidos los grandes y catastróficos accidentes industriales, obligaron a las autoridades de cada país a empezar a implementar acciones específicas para llevar a cabo la evaluación de riesgo ambiental de los proyectos o actividades, que conllevan un elevado potencial de afectación a su entorno en caso de un accidente. Resultando todo ello en un mayor marco regulatorio tanto a nivel nacional como internacional sobre la seguridad y prevención de accidentes en la industria química. La Directiva de Seveso de la Comunidad Económica Europea y el estándar OSHA 29 CFR 1910.119 han marcado la pauta, exigiendo a aquellas industrias que manejan sustancias peligrosas por encima de determinadas cantidades, la notificación de los riesgos a las entidades gubernamentales correspondientes, la adopción de medidas de seguridad y el establecimiento de planes de emergencia internos y externos.

Conjuntamente, la adopción de medidas y formulación de recomendaciones voluntarias; de códigos y normas tanto de instituciones gubernamentales como asociaciones particulares y de institutos, para mejorar la seguridad en la industria que realizan actividades de alto riesgo y el transporte de materiales peligrosos; teniendo por objeto:

- I. Elevar las medidas y requisitos en seguridad de las actividades en donde se manejan dichas sustancias en volúmenes significativos y en condiciones que pueden propiciar un accidente.

FIGURA II.1

Pirámide de los distintos niveles de causas de accidentes con los sistemas de gestión de seguridad.



- II. Regular el uso y las cantidades de los materiales que pueden ocasionar los accidentes mayores.
- III. Establecer un control rigurosos de los usos de suelo en torno de las instalaciones de alto riesgo, así como en los programas de reordenamiento urbano.
- IV. Fortalecer la capacidad de respuesta en caso de que se produzcan tales accidentes.

Todo ello impulsado por:

- a) La graves experiencias y consecuencias que deja para la población los accidentes de éste tipo.
- b) Las pérdidas millonarias y el impacto que deja ante la sociedad, así como el derecho a saber.
- c) La falta de infraestructura y la organización necesaria para responder oportuna y adecuadamente ante un suceso de este tipo.

- d) La poca o nula conciencia de la referente a la evaluación y administración de los riesgos que pueden ocasionar éste tipo de actividades.

En México, la política ambiental en la materia tiene por objeto el buscar difundir y apoyar a instrumentar un marco legal, soportado en la obligatoriedad para las empresas de realizar estudios de riesgo, el clasificar las actividades altamente riesgosas y en procedimientos técnicos y administrativos; con el fin de promover, agilizar las resoluciones y las empresas obtengan los dictámenes oportunamente y no desalentar inversiones, particularmente en lo que respecta a nuevos proyectos de manera que se alcance la relación costo-beneficio.

Así bien, en el ámbito nacional como internacional el análisis de éste tipo de proyectos se lleva a cabo con una óptica de la revisión de las medidas de seguridad de los procesos, y por ende de los trabajadores, la reducción de sus efectos adversos sobre el ambiente, la población y sus bienes; constituyéndose hoy en día una de las demandas más apremiantes de la sociedad. ***Teniendo como principio la identificación de sus peligros como tarea primordial.***

Finalmente por su representatividad, se presenta la legislación referente a la Administración de Riesgos en Estados Unidos, la Unión Europea (UE) y naturalmente la que aplica en México.

2.2.- Normatividad internacional. Estados Unidos de Norteamérica. OSHA 1910.119 Administración de la seguridad de procesos de sustancias químicas altamente peligrosas.

La experiencia de los Estados Unidos de América es considerable, si se toma en cuenta que entre 1982 y 1986 ocurrieron alrededor de once mil accidentes que involucraron la liberación de sustancias tóxicas, las cuales ocasionaron 309 muertes 11,341 lesionados (en los accidentes en que hubo lesionados, el promedio de éstos en cada uno fue de 11.4). De los accidentes que sucedieron en

los últimos 25 años, 17 difundieron cantidades de sustancias tóxicas superiores a la cantidad de metilisocianato liberado en el accidente de Bhopal. A pesar de ello las consecuencias de dichos accidentes fueron mitigadas considerablemente, gracias a la planeación y a la eficaz respuesta en el momento de la emergencia.

La **Occupational Safety and Health Administration** (OSHA) de los EUA, dentro del Code of Federal Register, en la sección 1910 cuenta con la norma 119, la cual se intitula “**Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals, 1910.119**” (Administración de la Seguridad de Procesos de sustancias químicas altamente peligrosas), en la cual establece las obligaciones de la industria con relación a la elaboración de los estudios de análisis de riesgos de las industrias que así lo requieran.

Los catorce elementos de la norma OSHA 1910.119 “**Process Safety Management**” (Administración de la Seguridad del Proceso, **PSM**), fueron publicados el lunes 14 de febrero de 1992 con el objetivo de prevenir o minimizar las consecuencias catastróficas de escapes de productos químicos tóxicos, reactivos, inflamables o explosivos. El cumplimiento del propósito de esta norma requiere un programa comprensivo de administración de riesgos que: integre las tecnologías, los procedimientos a las prácticas administrativas. El Análisis de Riesgo de Proceso (**PHA** Process Hazardous Analysis) no puede ser terminado satisfactoriamente hasta que la información de seguridad del proceso no se encuentre totalmente disponible para el proceso en estudio. El cumplimiento de la información para la seguridad del proceso y el análisis de riesgo del proceso es como sigue:

- ✓ Hasta un 25% deberá ser completado para mayo 26 de 1994.
- ✓ Hasta un 50% deberá ser completado para mayo 26 de 1995.
- ✓ Hasta un 75% deberá ser completado para mayo 26 de 1996.
- ✓ 100% deberá ser completado para mayo 26 de 1997.

La aplicación de esta norma es a procesos que involucren el valor de las cantidades umbrales o mayores, dadas en el apéndice A de esta norma y a procesos que involucren líquidos o gases inflamables que se encuentren en una instalación en cantidades de 10,000 libras o mayores (sujetas a pocas excepciones). Los hidrocarburos combustibles, son excluidos de esta norma si se utilizan como combustibles exclusivamente, son incluidos si los combustibles son parte de un proceso cubierto por la norma.

Las partes que integran esta norma, son las siguientes:

- Participación de los empleados.

Desarrollar un plan de acción por escrito donde se impulse la participación de los empleados y sus representantes, consultándolos sobre la conducta y el desarrollo de otros elementos de la administración de la seguridad de procesos requeridos bajo esta norma; proporcionando el acceso a los análisis de riesgos de proceso y a cualquier información requerida para del desarrollo de esta norma.

- Información de Seguridad de Procesos.

Generar y mantener la información importante acerca de los diferentes procesos. El propósito de esta información es proporcionar una base para la identificación y el entendimiento de los riesgos potenciales que involucra el proceso. La información de Seguridad de Procesos cubre tres áreas diferentes: sustancias químicas, tecnología y equipo.

TABLA II. 1		
Información de Seguridad de Procesos		
SUSTANCIAS QUÍMICAS	TECNOLOGÍA	EQUIPO
Toxicidad	Diagrama de flujo	Códigos de diseño empleados
Límites de exposición permisible	Química del proceso	Materiales de construcción
Datos físicos	Inventario máximo	Diagramas de tubería e instrumentación
Datos de reactividad	Límites seguros para parámetros de proceso	Clasificación eléctrica
Datos termodinámicos y de estabilidad química	Consecuencias de las desviaciones	Diseño de los sistemas de ventilación
Efectos de mezclado		Balances de materia y energía
		Sistemas de seguridad

- **Análisis de riesgo de proceso (Process Hazardous Analysis).**

Desarrollar un análisis de Riesgo de Proceso, el cual deberá dirigirse a los riesgos de proceso, incidentes peligrosos previos, controles de ingeniería y administrativos; las consecuencias de las fallas de los controles de ingeniería y administrativos, factores humanos, y una evaluación de los efectos de las fallas de los controles sobre los empleados. ***Este elemento requiere que el PHA sea elaborado por uno o más de los siguientes métodos o por cualquier otro método equivalente:***

- What if? Estudio de riesgos y operación (HAZOP)
- Listas de chequeo Análisis de modos de falla y efecto (FMEA)
- What if? / Listas de chequeo Análisis de árbol de fallas (FTA)

- Procedimientos de operación.

Los procedimientos de operación deberán estar por escrito y proporcionar instrucciones claras para la operación segura de los procesos; deberán incluir pasos para cada fase de operación, límites de operación, consideraciones de seguridad y salud, sistemas de seguridad y para trabajos especiales o peligrosos. Deberán ser de fácil acceso, para su revisados y actualización.

- Capacitación.

La empresa deberá certificar que los empleados responsables de la operación de la planta hayan sido capacitados y adiestrados satisfactoriamente con el entrenamiento necesario. Éste deberá cubrir seguridad y riesgos a la salud, operaciones de emergencia y prácticas de trabajo seguras. Deberán impartirse repasos por lo menos cada tres años.

- Contratistas.

El empleador deberá: el considerar registros de seguridad en la selección de los contratistas, informar a los contratistas de los riesgos potenciales de proceso; explicar el plan de acción en caso de emergencia; desarrollar prácticas seguras en

las áreas de proceso; evaluar el desempeño en seguridad y mantener registros importantes.

- Revisión de seguridad pre-arranque.

Efectuar una revisión de seguridad pre-arranque de todas las instalaciones nuevas y las que hayan sido modificadas para confirmar la integridad del equipo; verificar la seguridad apropiada para operación, mantenimiento y procedimientos de emergencia que estén de acuerdo a lo previsto; y para verificar que el proceso de análisis de riesgos se ha hecho de manera correcta.

- Integridad Mecánica.

Desarrollar procedimientos escritos, entrenamiento para los empleados de mantenimiento, inspecciones y pruebas para los equipos de proceso. La corrección de las deficiencias de los equipos y el aseguramiento de que el equipo nuevo y materiales de mantenimiento y partes de repuesto estén disponibles para el proceso y sean apropiadamente instalados.

- Permiso de trabajo peligrosos.

Desarrollar un sistema de permisos para trabajos “peligrosos” que se efectúen dentro o cerca del proceso. El propósito, es que el trabajador que va a realizar trabajos que involucren riesgos tome las precauciones de seguridad necesarias antes y durante su trabajo.

- Administración del cambio.

Desarrollar un programa por escrito específico para la administración de los cambios en sustancias químicas, tecnología, equipo y procedimientos los cuales deberán realizarse con bases técnicas, impacto del cambio en la salud y la seguridad, modificación de los procedimientos de operación, periodo de tiempo necesario para el cambio y los requerimientos de autorización necesarios para el cambio. Notificar y entrenar a los empleados involucrados y actualizar los procedimientos e información de seguridad de proceso si es necesario.

- Investigación de incidentes.

Investigar por parte de la compañía, tan pronto como sea posible (pero en no más de 48 horas) los incidentes, los cuales resultaron o pudieron resultar en accidentes catastróficos. Conformar un equipo de investigación que conozca de mejor manera

el proceso para desarrollar un informe por escrito del incidente. Los empleados deberán ser notificados y documentar sus responsabilidades para reportar hallazgos y recomendaciones, así como revisar los hallazgos con los empleados afectados y contratistas. Los reportes deberán conservarse durante cinco años.

- Planeación de respuesta de emergencia.

Desarrollar e implementar un plan de acción de emergencia de acuerdo a las normas 1910.38(a) y 1910.120(a), (p) y (q).

- Auditorias de cumplimiento.

El objetivo es certificar que ha sido evaluado el cumplimiento con los requerimientos de seguridad del proceso por parte de la organización. Además, la conservación del reporte de auditoria, sus hallazgos y la responsabilidad de los empleados.

- Secretos de marca.

Se permitirá a los empleados introducir acuerdos de confidencialidad para evitar divulgación de secretos de marca.

Contiene 4 apéndices:

- Apéndice A: Lista de sustancias químicas altamente peligrosas (obligatorio).
- Apéndice B: Diagramas de bloques de proceso y de flujo de proceso simplificados (no obligatorio).
- Apéndice C: Guías de cumplimiento y recomendaciones para la Administración de Seguridad de Procesos (no obligatorio).
- Apéndice D: Fuentes de información adicional.

2.3.- Normatividad internacional. Unión Europea. Directa de Seveso

La Unión Europea (UE) conformada por 15 países; Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Grecia, Finlandia, Holanda, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Portugal, Reino Unido y Suecia; adoptó en Junio de 1982 la

Directiva (82/501/CEE) relativa a los Riesgos de Accidentes Mayores en determinadas Actividades Industriales, conocida como la **Directiva Seveso I**. Dicha directiva entró en aplicación el 08 de enero de 1984 en el caso de instalaciones nuevas y en enero de 1985 en el de las instalaciones existentes. El 09 de diciembre de 1996, se promulgó la **Directiva Seveso II (96/82/EEC)** que enmendó a la primera.

Los principios en los que se sustenta la Directiva aparecen resumidos en la siguiente tabla:

TABLA II. 2
Principios que sustentan la Directiva de Seveso

1. Los industriales que utilizan las sustancias peligrosas deben tomar las medidas que se imponen para prevenir los accidentes que pueden tener consecuencias graves para los hombres y el ambiente, y para limitar las consecuencias.
2. Las autoridades públicas deben ser informadas de esos riesgos a través de procedimientos *ad hoc* y deben ejercer el control de las actividades industriales. También deben ser informadas en casos de accidentes mayores para adoptar las disposiciones que sean útiles.
3. Los trabajadores y el público deben de igualmente disponer de información apropiada a fin de mejorar la prevención y preparar la intervención en caso de siniestro.
4. Los países miembros deben de colaborar en este campo, en particular mediante la información recíproca sobre los problemas fronterizos.
5. Se debe buscar la armonización de los requisitos mínimos que debe cumplir la industria en los diferentes países miembros, para evitar crear condiciones de competencia desiguales.

El **Artículo 5 de la Directiva** constituye su disposición más importante, ya que obliga a los países a contar con una **legislación que requiera a los industriales estudiar los peligros que presentan sus actividades y a someter los resultados de los estudios de seguridad en un documento en síntesis que debe ser notificado a la autoridad competente.**

Tras diez años de experiencia en la aplicación de la Directiva de Seveso, se identificó la necesidad de realizar una revisión fundamental de la misma ya que a pesar de los avances logrados en los aspectos técnicos de la prevención y preparación de la respuesta frente a accidentes, ocurrieron más de 130 y se

detectaron diferencias inaceptables entre los países miembros en cuanto al nivel de protección de las personal y el ambiente.

Asimismo, se identificó que la Directiva *ponía énfasis en los aspectos técnicos del control del riesgo y no en las prácticas administrativas y factores humanos*, a pesar de que éstos fueron la causa subyacente en 90% de los accidentes ocurridos en la Unión Europea. De ahí que el objetivo central de las enmiendas a la Directiva es dar un ***nuevo impulso a sus principios fundamentales al incorporar medidas adicionales que reflejen las buenas prácticas en el ámbito de la administración del riesgo, que fomenten la acción preventiva y que refuercen el principio de quien contamina paga.***

Estas enmiendas se enfocan principalmente hacia la prevención de accidentes que ocurren con poca frecuencia pero cuyas consecuencias son muy importantes en virtud de los altos costos, tanto económicos como ambientales, de uno solo de esos accidentes; sobre todo si tienen impactos transfronterizos.

El requisito esencial sigue siendo el informe de peligrosidad por parte de los establecimientos regulados por ella, subrayándose como principio fundamental facilitar información al público para que comprenda y si es preciso, influya en las acciones y comportamiento de las empresas, por lo cual hace obligatorio poner el informe de seguridad de las mismas a disposición del público. Además, crea nuevos derechos del público para participar en los procedimientos y debates importantes sobre la ubicación de instalaciones riesgosas y ordenamiento del territorio, así como en las medidas de control de usos del suelo puestas en práctica por las autoridades (Tabla II.2).

Respecto de las prácticas de inspección, introduce responsabilidades y obligaciones claras por parte de la autoridad competente, a la vez que crea nuevos derechos y obligaciones de prohibir establecimientos, si es el caso,

estableciendo normas mínimas para las propias inspecciones y la posibilidad de sancionar a los inspectores cuando así lo ameriten.

TABLA II. 3

**Directiva del Consejo 96/82/EEC (Seveso II)⁵
Sobre el Control de los Peligros de Accidentes Mayores que Involucran Sustancias
Peligrosas**

En los considerandos se señala: En vista de que:

El uso de una lista que especifica ciertas instalaciones excluyendo a otras con peligros idénticos no es una práctica apropiada, y puede provocar que fuentes potenciales de accidentes mayores escapen de la regulación; el enfoque de la Directiva 82/501/EEC debe cambiar para hacer que sus disposiciones apliquen a todos los establecimientos en los que estén presentes sustancias peligrosas en cantidades suficientemente grandes para crear el peligro de un accidente mayor.

A la luz de los accidentes en Bhopal y en la **Ciudad de México**, que demostraron el peligro que surge cuando los sitios peligrosos se encuentran junto a asentamientos humanos, la Resolución del Consejo del 16 de octubre de 1989 instruye a /a Comisión a incluir en la Directiva 82/501/EEC disposiciones concernientes al control de la planeación de usos del suelo cuando se autoricen nuevas instalaciones y cuando el desarrollo urbano tiene lugar alrededor de instalaciones existentes.

Para proporcionar mayor protección a las áreas residenciales, áreas de uso público significativo y áreas de interés natural o sensibilidad particular, es necesario que se aplique el control del uso del suelo y otras políticas relevantes en los Estados Miembros para tener en cuenta la necesidad en el largo plazo, de mantener una distancia conveniente entre tales áreas y los establecimientos que presenten tales peligros y, cuando concierna a establecimientos ya existentes, adoptar medidas técnicas adicionales para que no se incrementen los riesgos para las personas.

El **Artículo 12 de la Directiva Seveso II**, sobre planeación de usos del suelo plantea:

1. Los Estados Miembros **deberán asegurar que los objetivos de prevención de accidentes mayores y de limitación de sus consecuencias en caso de que ocurran**, sean tomados en cuenta en sus políticas de planeación de usos del suelo y/u otras políticas relevantes. Deberán perseguir tales objetivos a través del control sobre :

a) La ubicación de nuevos establecimientos.

b) Modificaciones a establecimientos existentes.

c) Nuevos desarrollos como enlaces de transporte, instalaciones frecuentadas por el público y áreas residenciales en la vecindad de establecimientos existentes, cuando tales desarrollos incrementen el riesgo o las consecuencias de accidentes mayores.

2. También, deberán asegurar que todas las autoridades competentes y las involucradas en la planeación, responsables de la toma de decisiones en esta área, establezcan procedimientos apropiados de consulta para facilitar la implementación de las políticas establecidas en el párrafo 1. Los procedimientos deben de diseñarse manera que aseguren la asesoría técnica de los riesgos asociados con los establecimientos, en forma genérica o caso por caso, en el momento en que se tomen las decisiones.

Posteriormente el 10 de diciembre de 2001, la Comisión de Comunidades Europeas con sede en Bruselas, emitió la propuesta intitulada: **DIRECTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO por la que se modifica la Directiva 96/82/CE**, de 9 de diciembre de 1996, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

La principal novedad de la nueva Directiva, de aplicación en los Estados miembros a partir del 3 de febrero de 1999, consiste en que impone a las industrias la obligación de poner en práctica **sistemas de gestión de la seguridad**, comprendida una evaluación detallada de riesgos mediante distintas situaciones de accidente. Esta **evaluación de riesgos desempeña un papel fundamental en la prevención de accidentes graves**. Además, para la limitación de las consecuencias de los accidentes graves, se considera de primordial importancia la obligación de dar información al público sobre los riesgos industriales y la actuación en caso de accidente, así como ampliar el ámbito de aplicación de la Directiva a fin de alcanzar los objetivos en ella establecidos

TABLA II. 4

**Directiva del Parlamento Europeo y Consejo por la que se modifica la Directiva
96/82/EEC (Seveso II) - Justificación de la Propuesta**

El vertido de cianuro al río Tisza, tras la rotura de una balsa minera en Baia Mare (Rumanía) en enero del año pasado y el accidente parecido en Aznalcóllar (España) en 1998, donde la rotura de una presa contaminó el Parque Nacional del Coto de Doñana, han suscitado dudas sobre la eficacia de las políticas comunitarias destinadas a evitar estas catástrofes, poniendo de manifiesto la necesidad de un enfoque más preciso de la política medioambiental en este campo.

Los campos principales de aplicación de la Directiva Seveso II son las fábricas de productos químicos y las instalaciones de almacenamiento en las que se encuentran presentes sustancias peligrosas en cantidades por encima de determinados límites. El artículo 4 (e) de la Directiva excluye de su ámbito de aplicación las actividades de las industrias de extracción dedicadas a la exploración y explotación de minerales en minas y canteras, así como mediante perforación. Además, el artículo 4 (f) excluye los vertederos de residuos.

Estas exclusiones se remontan a la Directiva 82/501/CEE del Consejo, de 24 de junio de 1982, relativa a los riesgos de accidentes graves en determinadas actividades industriales (la Directiva Seveso original), que excluía las actividades de extracción y otras actividades mineras, así como las instalaciones para la eliminación de residuos tóxicos y peligrosos, sometidas a regulación comunitaria en la medida en que ésta esté encaminada a la prevención de accidentes graves

El comunicado resume la situación actual de la legislación medioambiental comunitaria, incluyendo las actividades pirotécnicas y mineras; y señala 4 actuaciones prioritarias destinadas a mejorar la seguridad de las minas en lo que se refiere a:

- 1. La gestión (Administración) de riesgos industriales**
2. La gestión de residuos mineros, y
3. La prevención y el control integrados de la contaminación.
4. La inclusión de riesgos que implica el tratamiento y almacenamiento de explosivos y productos pirotécnicos (inclusión alistados)

2.4.- Normatividad Nacional. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaria del Trabajo y Previsión Social (SEMARNAT y STPS).

La administración de las actividades clasificadas como altamente riesgosas, por involucrar el manejo de materiales peligrosos en cantidades y condiciones que pueden favorecer la ocurrencia de accidentes mayores que ocasionen pérdidas de vidas humanas, daños a las propiedades y afectación al ambiente; es relativamente reciente en México.

Es a partir de 1983, que la Ley Federal de Protección al Ambiente introduce por primera vez los estudios de riesgo, como parte del procedimiento de evaluación del impacto ambiental de los proyectos industriales. En tanto que la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en 1988, amplía el concepto para incorporar la obligación por parte de las actividades altamente riesgosas que se proyecten, de elaborar e instrumentar Programas para la Prevención de Accidentes que incluyan Planes Externos para la Respuesta a Emergencias.

En 1992, a pesar de ya haber ocurrido el accidente de explosión e incendios de gas lp en San Juan Ixhuatepec; la explosión en el drenaje de la Ciudad de Guadalajara, Jalisco, asociada entre otros a un derrame de gasolina, dio lugar al establecimiento de un Programa Nacional para la Prevención de Accidentes de Alto Riesgo Ambiental (PRONAPAARA), por instrucción presidencial, así como a la Creación de Comités Ciudadanos de Información y Apoyo para Casos de Prevención y Atención de Riesgos Ambientales. Como resultado del establecimiento del citado Programa, más de 600 empresas en operación desarrollaron en forma voluntaria estudios de riesgo, pues no existía una disposición legal que las obligara a ello.

No es sino hasta 1996, que al modificarse la LGEEPA, se introduce dicha obligación¹. Dichos cambios introducidos a la LGEEPA a fines de 1996, sustenta la

¹ Para ser precisos, la LGEEPA fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 28 de enero de 1988, reformada por el "Decreto por el cual se reforma, adiciona y deroga diversos artículos del Código Penal para el distrito Federal en materia de Fuero Común, y para que toda la República en materia de Fuero Federal", y

integración de un inventario de emisiones atmosféricas, descargas de aguas residuales en cuerpos de agua y la generación de materiales y residuos peligrosos, basado en las autorizaciones, licencias o permisos otorgados en ésta materia. Así como, ***obligar que las empresas que manejan sustancias peligrosas en las cantidades controladas o de reporte, procedan a analizar la probabilidad de que ocurra un accidente de alto riesgo ambiental en sus instalaciones o procesos, mediante análisis y estudios de riesgo.*** Así pues, para determinar la modalidad o nivel de análisis de riesgo que requiere desarrollar una empresa, esta debe tomar en cuenta su tipo de proceso o actividades, el grado de vulnerabilidad interna y externa, las zonas aledañas, en virtud de la existencia de asentamientos humanos, la cercanía de otras empresas que realizan actividades altamente riesgosas o de otros aspectos que puedan ampliar las consecuencias de un accidente en caso de que ocurra.

Por todo ello, se promueve que las empresas que manejan sustancias peligrosas en cantidades importantes, aún cuando no sean las marcadas en la cantidad de reporte, también cumplan con otras disposiciones legales tendientes a incrementar la seguridad; como es el caso de lo estipulado, principalmente, en el Reglamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo y sus normas, emitido por la Secretaria del Trabajo y Previsión Social (STPS), el Reglamento de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT), de la Ley General de Asentamientos Humanos y los Reglamentos Municipales de Zonificación de los Usos de Suelo. Así, en estas políticas, se otorga gran importancia a la clasificación de las actividades altamente riesgosas en tres niveles de acuerdo a que se manejen sustancias con distintos grados de peligrosidad y en diferentes volúmenes o *cantidades de reporte*, así con base en su vulnerabilidad interna y externa. A cada uno de éstos niveles corresponde *realizar un análisis de riesgo particular de acuerdo con las guías que ha desarrollado el Instituto Nacional de Ecología (INE).*

por el "Decreto que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente" publicada el día 13 de diciembre de 1996.

Las cantidades de reporte, es el criterio principal para determinar si una instalación industrial debe considerarse Actividad de Alto Riesgo, (AAR) y por consiguiente la obligatoriedad de desarrollar un Estudio de Riesgo Ambiental así como su Programa para la Prevención de Accidentes, PPA; éstas se encuentran definidas dentro del Primer Listado y Segundo Listado de sustancias para AAR que se describen más adelante.

2.4.1.- SEMARNAT. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

Disposiciones en Materia de Riesgo

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Capítulo II

Distribución de Competencias y Coordinación

Artículo 5°. Son facultades de la Federación:

Fracción VI.

La regulación y el control de las actividades consideradas como altamente riesgosas, y de la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos peligrosos para el ambiente o los ecosistemas, así como para la preservación de los recursos naturales, de conformidad con esta Ley, otros ordenamientos aplicables y sus disposiciones reglamentarias.

Fracción VII.

La participación en la prevención y el control de emergencias y contingencias ambientales, conforme a las políticas y programas de protección civil que al efecto se establezcan.

Fracción X.

La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere al artículo 28 de esta Ley y en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes.

Sección IV

Regulación Ambiental de los Asentamientos Humanos

Artículo 23. Para contribuir al logro de los objetivos de la política ambiental, la planeación del desarrollo urbano y la vivienda, además de cumplir con lo dispuesto en el artículo 27 constitucional en materia de asentamientos humanos, considerará los siguientes criterios:

Fracción VIII.

En la determinación de Áreas para actividades altamente riesgosas, se establecerán las zonas intermedias de salvaguardia en las que no se permitirán los usos habitacionales, comerciales u otros que pongan en riesgo a la población.

Artículo 28. La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos al ambiente. Para ello, en los casos que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:

Fracción VIII.

Parques industriales donde se prevea la realización de actividades altamente riesgosas.

Artículo 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

Cuando se trate de actividades consideradas altamente riesgosas en los términos de la presente Ley, la manifestación deberá incluir el estudio de riesgo correspondiente.

Si después de la presentación de una manifestación de impacto ambiental se realizan modificaciones al proyecto de la obra o actividad respectiva, los interesados deberán hacerlas del conocimiento de la Secretaría, a fin de que esta, en un plazo no mayor de 10 días les notifique si es necesaria la presentación de información adicional para evaluar los efectos al ambiente, que pudiesen ocasionar tales modificaciones, en términos de lo dispuesto en esa Ley.

Los contenidos del informe preventivo, así como las características y las modalidades de las manifestaciones de impacto ambiental y los estudios de riesgo serán establecidos por el reglamento de la presente ley.

Artículo 35 bis 1. Las personas que presten servicios de impacto ambiental, serán responsables ante la secretaria de los informes preventivos, manifestaciones de impacto ambiental y estudios de riesgo que elaboren, quienes declararan bajo protesta de decir verdad que en ellos se incorporan las mejores técnicas y metodologías existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación mas efectivas.

Asimismo, los informes preventivos, las manifestaciones de impacto ambiental y los estudios de riesgo podrán ser presentados por los interesados, instituciones de investigación, colegios o asociaciones profesionales, en este caso la responsabilidad respecto al contenido del documento corresponderá a quien lo suscriba.

Capítulo V

Actividades consideradas como altamente riesgosas

Artículo 145. La secretaria 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 puedan generar en los ecosistemas o en el ambiente, tomando en consideración:

Fracción I.

Las condiciones topográficas, meteorológicas, climatológicas, geológicas y sísmicas de las zonas;

Fracción II.

Su proximidad a centros de población, previendo las tendencias de expansión del respectivo asentamiento y la creación de nuevos asentamientos;

Fracción III.

Los impactos que tendrían un posible evento extraordinario en la industria, comercio o servicio de que se trate, sobre los centros de población y sobre los recursos naturales;

Fracción IV.

La compatibilidad con otras actividades de las zonas;

Fracción V.

La infraestructura existente y necesaria para la atención de emergencias ecológicas, y

Fracción VI.

La infraestructura para la dotación de servicios básicos.

Artículo 146. La Secretaría, previa opinión de las Secretarías de Energía, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de 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 al 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.

Artículo 147. La realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas, se llevarán a cabo con apego a lo dispuesto por esta ley, las disposiciones reglamentarias que de ella emanen y las normas oficiales mexicanas a que se refiere el artículo anterior.

Quienes realicen actividades altamente riesgosas, en los términos del reglamento correspondiente, deberán formular y presentar a la secretaria un estudio de riesgo ambiental, así como someter a la aprobación de dicha dependencia y de las secretarías de gobernación, de energía, de comercio y fomento industrial, de salud y del trabajo y previsión social, los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades, que puedan causar graves desequilibrios ecológicos.

Artículo 148. 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 salvaguardia, el gobierno federal, podrá mediante declaratoria, establecer restricciones a los usos urbanos que pudieran ocasionar riesgos para la población. La secretaria promoverá ante las autoridades locales competentes, que los planes o programas de desarrollo urbano establezcan que en dichas zonas no se permitirán los usos habitacionales, comerciales u otros que pongan en riesgo a la población.

2.4.2.- SEMARNAT. Guía para la Elaboración de Estudios de Riesgo.

La SEMARNAT a través de la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental de la Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes ha adoptado las Guías para la elaboración del Estudio de Riesgo para instalaciones en operación (desarrolladas por el INE). Su fundamento legal es lo establecido en el Art. 147 de la LGEEPA, ya mencionado y los Acuerdos correspondientes mediante el cual se establecen el Primero y Segundo Listados de Sustancias que determinan las Actividades Altamente Riesgosas. La guía consta de lo siguiente:

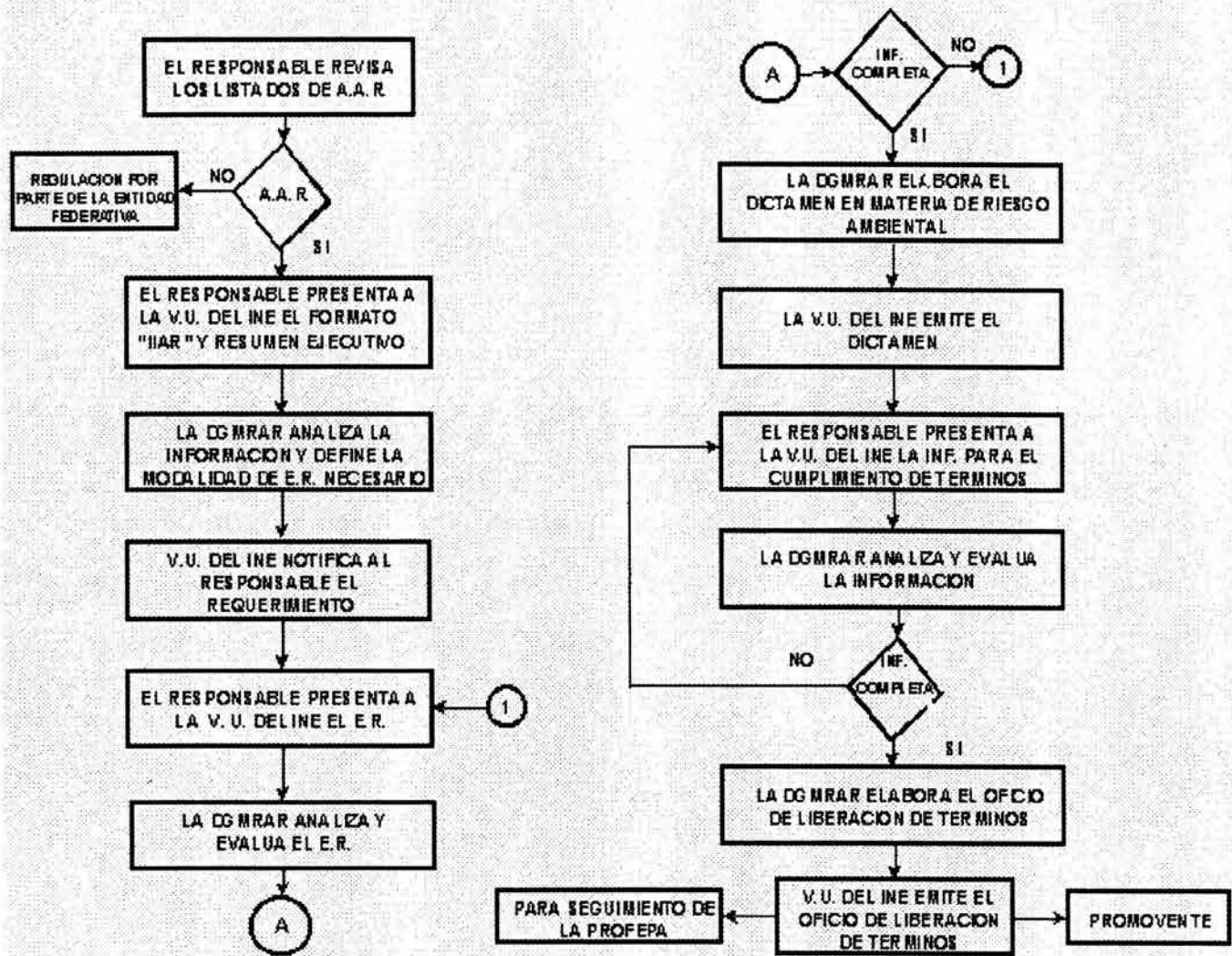
Instrucciones

La presente guía aplica para instalaciones que se encuentran en operación y no deberá considerarse como un cuestionario, por lo que cada uno de los puntos que la integran deberán desarrollarse con la profundidad técnica suficiente, capaz de sustentar la evaluación integral de la instalación. La información, deberá ser presentada en idioma español y los diagramas de tubería e instrumentación (DTI's)

y planos, deberán presentarse con base en la ingeniería de detalle, legibles y actualizados. Asimismo, deberá presentar anexo al Estudio de Riesgo, un Resumen Ejecutivo del mismo.

FIGURA II. 2

Dictamen en materia de riesgo ambiental de empresas que se encuentran en operación y que desarrollan actividades consideradas altamente riesgosas



Determinación del nivel del estudio

Dicha guía establece cuatro niveles diferentes de información para la presentación de los estudios del riesgo; teniendo como finalidad establecer cuáles son los criterios que definirán el estudio de riesgo a presentar por el particular (ver Fig. 3).

Una vez que el particular determine qué nivel de estudio de riesgo le corresponde, deberá presentarlo de acuerdo a las características de información mencionadas a continuación; cuidando que su entrega se realice en carpetas de tres argollas o engargolado; siguiendo el orden establecido por los numerales y utilizando separadores que permitan distinguir claramente lo que corresponde a cada apartado. Esto permitirá que durante la recepción y evaluación de su trámite no se pierda tiempo en la ordenación de su expediente y así la resolución del mismo sea más expedita.

Nivel 0 (Ductos Terrestres)

CAPITULO I. DATOS GENERALES

Esta información es concerniente a la empresa como son su razón social, domicilio, su Registro Federal de Contribuyentes, Giro, nombre del promovente del trámite, número de trabajadores etc. *(Igual para todos los capítulos)*

CAPITULO II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN:

CAPITULO III. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONOMICO.

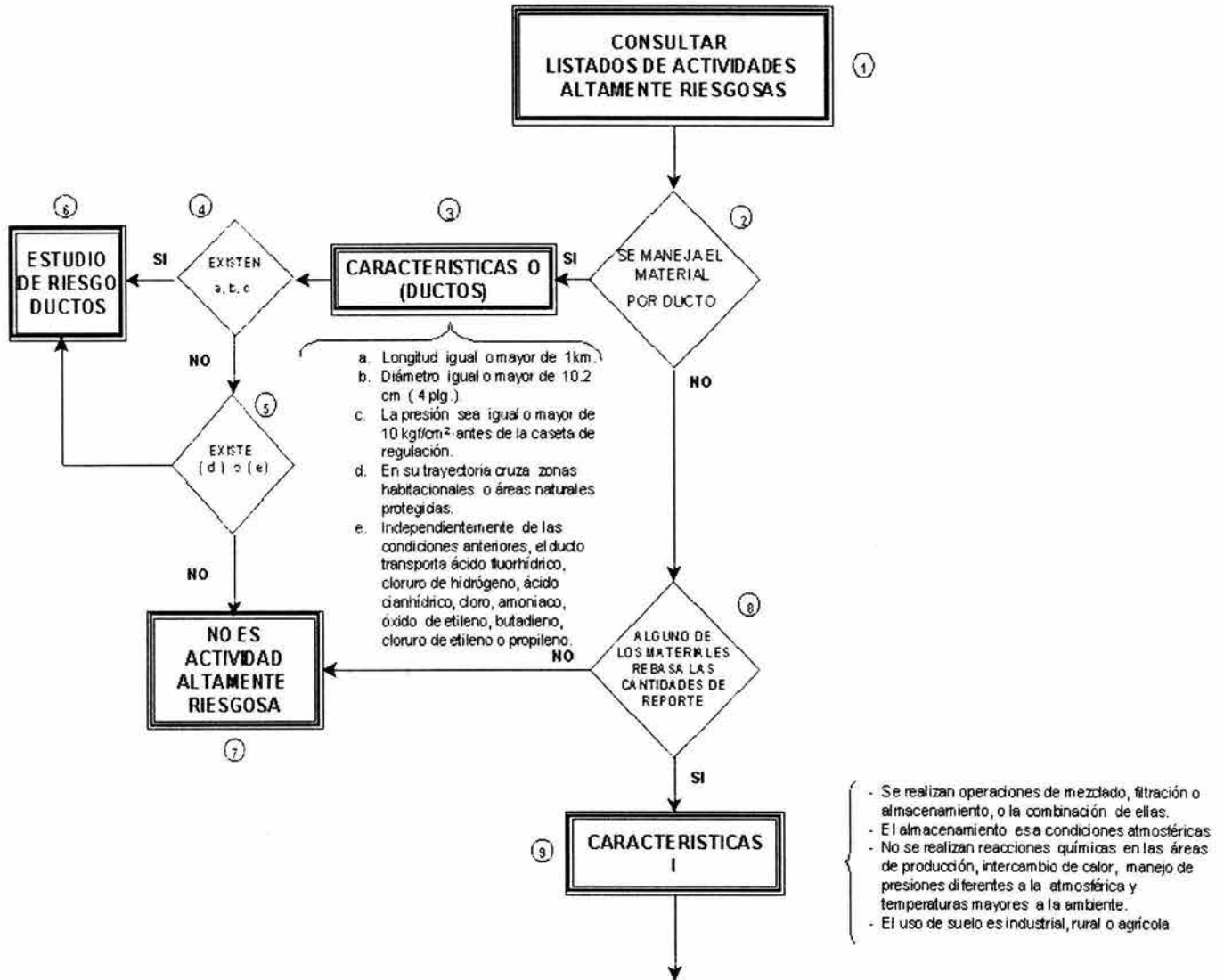
CAPITULO IV. INTEGRACIÓN DEL PROYECTO A LAS POLITICAS MARCADAS EN EL PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO LOCAL.

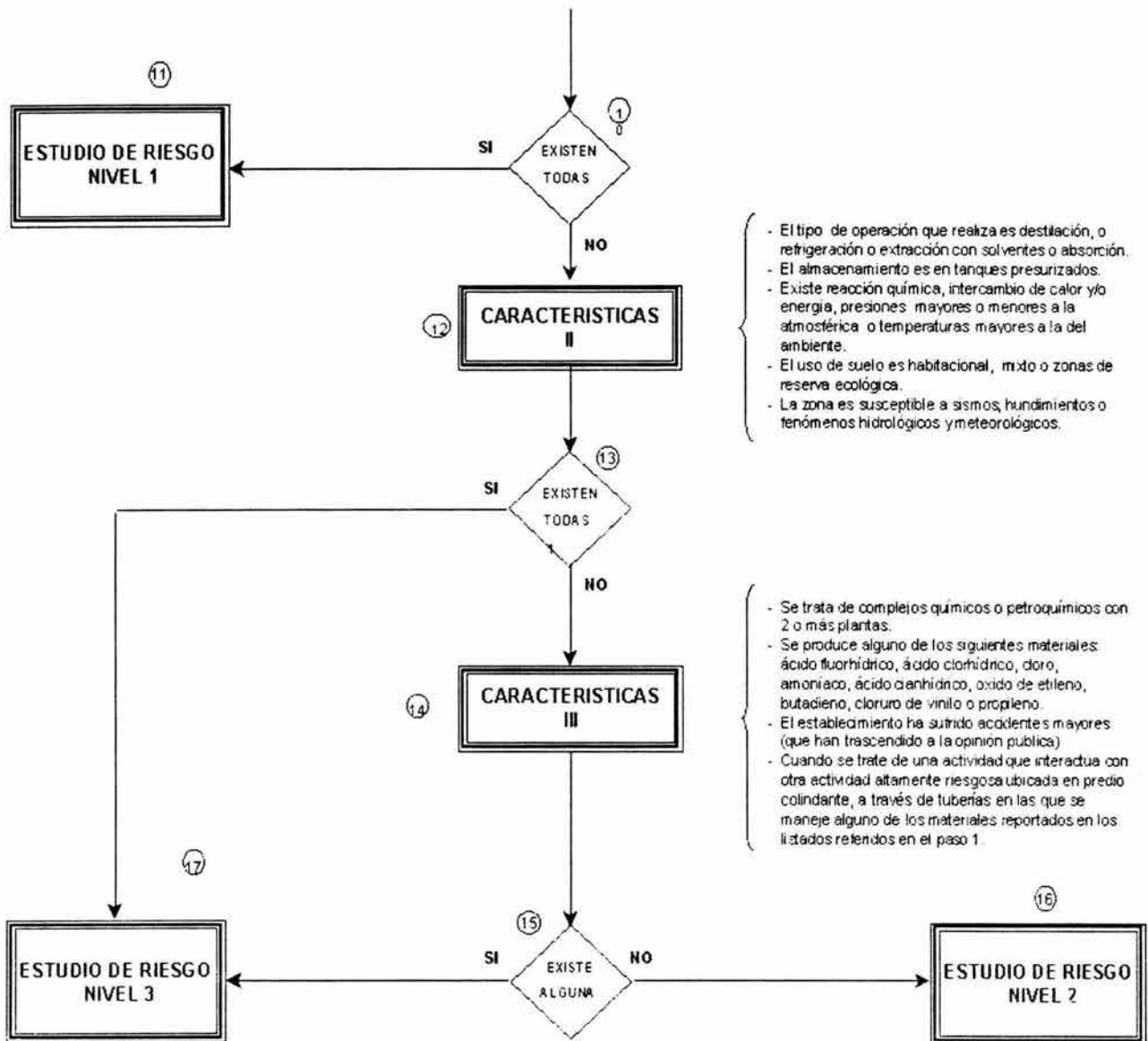
Señalar si las actividades de la instalación se encuentran enmarcadas con las políticas del Programa de Desarrollo Urbano Local, que tengan vinculación directa con las mismas. Anexar el plano del referido Programa de Desarrollo Urbano de la zona donde se localiza la instalación.

CAPITULO V. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.

Indicar las bases de diseño y normas utilizadas para la construcción del ducto, así como los procedimientos de certificación de materiales empleados, los límites de tolerancia a la corrosión, etc. así como señalar la infraestructura requerida para la operación del ducto, condiciones de operación, las características de la instrumentación y control, etc.

FIGURA II. 3
Diagrama de Flujo para la determinar el Nivel del Estudio de Riesgo a realizar de acuerdo al tipo de instalación o proceso de una compañía





CAPITULO VI. ANÁLISIS Y EVALUACION DE RIESGOS.

VI.1 Antecedentes de accidentes e incidentes ocurridos en ductos similares, describiendo brevemente el evento, las causas, sustancia(s) involucrada(s), nivel de afectación y en su caso, acciones realizadas para su atención.

VI.2 Identificar los puntos probables de riesgo, empleando una metodología específica (p.ej. Que pasa si? /Lista de Verificación, Hazid, Hazop, Árbol de Fallas) o en su caso, cualquier otra cuyos alcances y profundidad de identificación sean similares, debiéndose aplicar la metodología de acuerdo a

las especificaciones propias de la misma. En caso de modificar la aplicación, deberá sustentarse técnicamente.

Bajo el mismo contexto, indicar los criterios de selección de la(s) metodología(s) utilizadas para la identificación y jerarquización de riesgos. Asimismo, anexas la memoria descriptiva de la(s) metodología(s) empleada(s). En la aplicación de la(s) metodología(s) utilizada(s), deberá considerarse todos los aspectos de riesgo de cada uno de los nodos y sectores que conforman la instalación. Para la jerarquización de Riesgos se podrá utilizar: Matriz de Riesgos, metodologías cuantitativas de identificación de riesgos, o bien, aplicar criterios de peligrosidad de los materiales en función de los gastos, condiciones de operación y/o características CRETI o algún otro método que justifique técnicamente dicha jerarquización.

VI.3 Determinar los radios potenciales de afectación, a través de la aplicación de modelos matemáticos de simulación, del o los eventos máximos probables de riesgo, identificados en el punto VI.2, ... Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, deberá utilizar los parámetros que se indican a continuación:

	TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)	INFLAMABILIDAD (RADIACION TERMICA)	EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESION)
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m ² o 1,500 BTU/Pie ² h	1.0 lb/plg ²
Zona de Amortiguamiento	TLV ₈ o TLV ₁₅	1.4 KW/m ² o 440 BTU/Pie ² h	0.5 lb/plg ²

NOTAS:

1) En modelaciones por toxicidad, deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas de sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, deberá utilizarse Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s.

2) Para el caso de simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento el 10% de la energía total liberada.

VI.4 Representar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en un plano ...

VI.5 Realizar un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones próximas a la instalación que se

encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo, indicando las medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas.

VI.6 Indicar claramente las recomendaciones técnico operativas resultantes de la aplicación de la metodología para la identificación de riesgos...

VI.7 Presentar reporte del resultado de la última auditoría de seguridad practicada a las instalaciones que conforman el ducto, anexando en su caso, el programa calendarizado para el cumplimiento de las recomendaciones resultantes de la misma. Los aspectos que deberán considerarse en la Auditoría son:

- La revisión de normas y especificaciones de diseño y construcción de las líneas e instalaciones.
- La existencia y aplicación de procedimientos y programas, para garantizar la adecuada operación y mantenimiento de las instalaciones que conforman las líneas.
- La implementación de los sistemas de identificación y señalamientos con que se cuenta a lo largo de las líneas para el respeto del derecho de vía.
- Los programas de inspección, verificación o pruebas, que certifiquen la calidad integral, resistencia mecánica y protección de las instalaciones que conforman las líneas (Medición de espesores, radiografiado, certificación de accesorios y conexiones, protección mecánica y catódica, pruebas hidrostática y neumática, etc.).
- Programas de revisión de los sistemas y dispositivos de seguridad, tales como alarmas, reguladores de presión o temperatura, instrumentos de control, válvulas de alivio, incluidos los programas de calibración de la instrumentación y elementos de control; así como, de los sistemas y equipos contra-incendio.
- Verificar que el potencial de riesgo reportado en el estudio de riesgo evaluado, no se halla modificado y si es el caso, reportar sobre los nuevos radios de afectación determinados.
- Reparaciones o sustitución de tramos efectuados a las líneas.
- Disponibilidad del equipo necesario de protección personal para operación, mantenimiento y de primeros auxilios

- ❑ Vulnerabilidad de la zona (asentamientos humanos irregulares, zonas habitacionales, áreas naturales protegidas, etc).

Cabe señalar, que deberá poner especial énfasis en aquellas áreas que resultaron ser las de mayor riesgo, de acuerdo con los resultados del estudio de riesgo.

VI.8 Describir a detalle las medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que contará la instalación, considerados para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.

VI.9 Indicar las medidas preventivas, incluidos los programas de mantenimiento e inspección, así como los programas de contingencias que se aplicarán durante la operación normal de la instalación, para evitar el deterioro del medio ambiente, además de aquellas orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de accidente.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Presentar el Informe Técnico del Estudio de Riesgo, hacer un resumen de la situación general que presenta la instalación en materia de riesgo ambiental, señalando las desviaciones encontradas y posibles áreas de afectación, así como señalar todas las recomendaciones derivadas del análisis de riesgo efectuado, incluidas aquellas determinadas en función de la identificación, evaluación e interacciones de riesgo y las medidas y equipos de seguridad y protección con que contará la instalación, para mitigar, eliminar o reducir los riesgos identificados.

CAPITULO VIII. ANEXO FOTOGRAFICO

Presentar anexo fotográfico o video de los sitios de interés cercanos al trazo ...

Capítulos comunes a los niveles 1, 2 y 3

CAPITULO I. DATOS GENERALES

CAPITULO II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

CAPITULO III. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONOMICO.

CAPITULO IV. INTEGRACIÓN DEL PROYECTO A LAS POLITICAS MARCADAS EN EL PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO LOCAL.

CAPITULO V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESOS

Se describen más adelante para cada nivel.

CAPITULO VI. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

Se describen más adelante para cada nivel.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Similar al contenido de Nivel 0 con pequeñas diferencias, como es la adición de otros formatos.

CAPITULO VIII. ANEXO FOTOGRAFICO.

Presentar anexo fotográfico o video del sitio de ubicación de la instalación.

NIVEL 1

CAPITULO V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

Mencionar los criterios de diseño de la instalación, describir detalladamente el proceso por líneas de producción, anexar diagramas de bloques, listar todas las materias primas, productos, subproductos y residuos manejados en el proceso, señalando aquellas que se encuentren en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas, especificando nombre de la sustancia, cantidad máxima de almacenamiento, las hojas de datos de seguridad, tipo de almacenamiento y equipo de seguridad. Así como de describir equipos de proceso y auxiliares, especificando características, tiempo estimado de uso y localización. Asimismo, anexar plano a escala del arreglo general de la instalación. EJEMPLO:

EQUIPO	NOMENCLATURA DEL EQUIPO	CARACTERÍSTICAS Y CAPACIDAD	ESPECIFICACIONES	VIDA UTIL (INDICADA POR EL FABRICANTE)	TIEMPO ESTIMADO DE USO	LOCALIZACION DENTRO DEL ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	T-1	TANQUE TIPO HORIZONTAL, DE ACERO INOXIDABLE CON SISTEMA DE CALENTAMIENTO, CON CAPACIDAD DE 100 m ³ .	ACERO INOXIDABLE SA-285 Gr. C ESPESOR ¼" DIAMETRO 2 m. ALTURA 6 m.	15 AÑOS.	5 AÑOS	AREA DE ALMACENAMIENTO DE SOLVENTES

Condiciones de operación, Diagramas de Flujo de Proceso (DFP's), Temperaturas y Presiones de diseño y operación, estado físico de las diversas corrientes del proceso, características del régimen operativo de la instalación (continuo o por lotes) y Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's).

CAPITULO VI. ANALISIS Y EVALUACION DE RIESGOS.

VI.1 Antecedentes de incidentes y accidentes ocurridos en la operación de las instalaciones o de procesos similares, describiendo brevemente: el evento, las causas, sustancias involucradas, nivel de afectación y en su caso, acciones realizadas para su atención.

VI.2 Con base en los DTI's de la ingeniería de detalle, identificar y jerarquizar los riesgos en áreas de proceso, almacenamiento y transporte, mediante la utilización de alguna de las siguientes metodologías: Lista de verificación (Check List); ¿Que pasa sí?; Indice Dow ; Indice Mond; Análisis de Modo Falla y Efecto (FMEA); o alguna otra con características similares a las anteriores y/o la combinación de éstas, debiéndose aplicar la metodología de acuerdo a las especificaciones propias de la misma,. En caso de modificar dicha aplicación, deberá sustentarse técnicamente.

Bajo el mismo contexto, deberá indicar los criterios de selección de la(s) metodología(s) utilizadas para la identificación y jerarquización de riesgos; asimismo, anexar el o los procedimientos y ...

VI.3 Determinar los radios potenciales de afectación, a través de aplicación de modelos matemáticos de simulación, del o los eventos máximos probables de riesgo identificados ...

VI.4 Representar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en un plano ...

VI.5 Realizar un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones próximas a la instalación que se encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo, indicando las medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas.

VI.6 Indicar claramente las recomendaciones técnico operativas resultantes de la aplicación de la(s) metodología(s) para la identificación de riesgos...

VI.7 Presentar reporte del resultado de la última auditoría de seguridad...
Los aspectos que deberán considerarse en la Auditoría son:
(similares a los descritos en el Nivel 0 con modificaciones de acuerdo al tipo de proceso o instalación)

VI.8 Describir a detalle las medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que cuenta o contará la instalación, consideradas para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.

VI.9 Indicar las medidas preventivas que se aplicarán durante la operación normal de la instalación, para evitar el deterioro del medio ambiente, incluidas aquellas a la restauración de la zona afectada en caso de accidentes.

NIVEL 2

CAPITULO V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

Mencionar los criterios de diseño de la instalación, descripción detallada del proceso por líneas de producción, reacción principal y secundarias en donde intervienen materiales considerados de alto riesgo. Listar todas las materias primas, productos y subproductos manejados en el proceso señalando aquellas que se encuentren en los Listados, presentar las hojas de datos de seguridad, tipo de recipientes y/o envases de almacenamiento, especificando: características, código o estándares de construcción, así como los dispositivos de seguridad instalados. Describir equipos de proceso y auxiliares especificando características; asimismo, anexar plano del arreglo general. EJEMPLO:

EQUIPO	NOMENCLATURA DEL EQUIPO	CARACTERÍSTICAS Y CAPACIDAD	ESPECIFICACIONES	VIDA UTIL (INDICADA POR EL FABRICANTE)	TIEMPO ESTIMADO DE USO	LOCALIZACIÓN DENTRO DEL ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA
BOMBA	P-1	CENTRIFUGA SELLO HIDRAULICO 150-HP	460 VOLTS 3 FASES** 60 HERTZ ACERO INOXIDABLE. 1400 LITROS/MIN.	10 AÑOS.	3 AÑOS	AREA DE SULFONACION

Condiciones de operación, Diagramas de Flujo de Proceso (DFP's), Temperaturas y Presiones de diseño y operación, estado físico de las diversas corrientes del proceso, características del régimen operativo de la instalación (continuo o por lotes) y Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's).

CAPITULO VI. ANÁLISIS Y EVALUACION DE RIESGOS.

VI.1 (Igual al descrito en el Nivel 1.)

VI.2 Con base en los DTI's de la ingeniería de detalle, identificar los riesgos en áreas de proceso, almacenamiento y transporte, mediante la utilización de alguna de las siguientes metodologías: Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP); Análisis de Modo Falla y Efecto (FMEA) con Árbol de Eventos; Árbol de Fallas, o alguna otra con características similares a las anteriores y/o la combinación de éstas, debiéndose aplicar la metodología de acuerdo a las especificaciones propias de la misma. En caso de modificar dicha aplicación, deberá sustentarse técnicamente.

Del punto VI.3 al punto VI.9 son similares a los descritos en el Nivel 1.

NIVEL 3

CAPITULO V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Mencionar los criterios de diseño de la instalación, la descripción detallada del proceso por líneas de producción, reacción principal y secundarias en donde intervienen materiales considerados de alto riesgo (debiendo anexar diagramas de bloques), incluyendo la cinética de las mismas y mecanismos de reacción llevados a cabo en el proceso, bajo condiciones normales y anormales de operación. Listar todas las materias primas, productos y subproductos manejados en el proceso, señalando aquellas que se encuentren en los Listados ... Describir equipos de proceso y auxiliares, especificando características, tiempo estimado de uso y localización; asimismo, anexar plano a escala del arreglo general de la instalación.

EJEMPLO:

EQUIPO	NOMENCLATURA DEL EQUIPO	CARACTERÍSTICAS Y CAPACIDAD	ESPECIFICACIONES	VIDA ÚTIL (INDICADA POR EL FABRICANTE)	TIEMPO ESTIMADO DE USO	LOCALIZACIÓN DENTRO DEL ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA
REACTOR	R-1	REACTOR CATALITICO CON SISTEMA DE CALENTAMIENTO. CON CAPACIDAD DE 12 m ³ .	ACERO INOXIDABLE SA-316 Gr. B ESPESOR ¼" DIAMETRO 2 m. ALTURA 4 m.	20 AÑOS.	5 AÑOS	AREA DE PROCESO DE ETOXILADOS

Condiciones de operación, Diagramas de Flujo de Proceso (DFP's), Temperaturas y Presiones de diseño y operación, estado físico de las diversas corrientes del proceso, características del régimen operativo de la instalación (continuo o por lotes) y Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's). El diseño de servicios su importancia en la operación de sectores críticos. La descripción y justificación de los sistemas redundantes de servicios, especificar en forma detallada las bases de diseño para el cuarto de control. Describir las bases de diseño de los sistemas de aislamiento de las diferentes áreas o equipos con riesgos potenciales de incendio, explosión, toxicidad y sistemas de contención para derrames, anexando planos de construcción de los mismos. Describir a detalle las medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad de la instalación, consideradas para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.

CAPITULO VI. ANÁLISIS Y EVALUACION DE RIESGOS.

VI.1 *(Iguar al descrito en el Nivel 1.)*

VI.2 Con base en la ingeniería de detalle, identificar los riesgos en áreas de proceso, almacenamiento y transporte, mediante la utilización de alguna de las siguientes metodologías: Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP) y Arbol de Fallas, Análisis de Modo Falla y Efecto (FMEA) y Arbol de Fallas; y/o la combinación de metodologías con características similares a las anteriores, debiendo aplicar estas, de acuerdo a las especificaciones propias de la misma. En caso de modificar dicha aplicación, deberá sustentarse técnicamente.

Del punto VI.3 al punto VI.9 son similares a los descritos en el Nivel 1.

VI.10 Describir las rutas de traslado de los materiales involucrados que se consideran de alto riesgo.

2.4.3.- SEMARNAT. Listados de Actividades Altamente Riesgosas.

Criterios empleados para la elaboración de los Listados de Actividades Altamente Riesgosas (AAR) que se relacionan con el Manejo de Sustancias Tóxicas, Explosivas e Inflamables

Las sustancias incluidas en el listado de actividades de alto riesgo, se derivaron de diversas listas tales como: listado de 400 sustancias identificadas por la Agencia Ambiental de los Estados Unidos como agudamente tóxicas; listados de sustancias consideradas por la Ley General de Salud de la Secretaría de Salud; listado de sustancias que requieren permiso para su importación a territorio nacional, identificadas a nivel ocupacional, con valores de CPT (concentración ponderada en el tiempo, o **TLV por sus siglas en inglés**) de 8 horas, por la STPS.

Después de realizar el cruzamiento entre los listados anteriores, la Secretaría definió *la inclusión de todas las sustancias que tienen un IPVS (IDLH) menor de 10 mg/m³*, en un listado en el que además, se incluyeron las sustancias que por el alto volumen con el que se producen, manejan o transportan en México, fueron tomadas en cuenta, aunque su grado de toxicidad no sea del orden de las identificadas como tóxico-agudas, pero que en caso de liberarse podrían presentar problemas serios al considerarse su concentración en el ambiente.

Asimismo, para las sustancias inflamables y explosivas se consideraron todas aquellas sustancias que en cantidades tales que de producirse una liberación, ya sea por fuga o derrame de las mismas provocaría la formación de nubes inflamables, cuya concentración sería semejante a la de su límite inferior de inflamabilidad, en un área determinada por una franja de 100 metros de longitud en torno a las instalaciones o medio de transporte dados, y en el caso de formación de nubes explosivas, la presencia de ondas de sobrepresión de 0.5 lb/pulg.² en esta misma franja o valores de 5 Kw/m² de radiación térmica en caso de incendio.

Listado de Actividades Altamente Riesgosas.

Con base en la aplicación de los modelos matemáticos, con el que se simuló la dispersión de una nube de gas o vapor de un material peligroso, desprendidos accidentalmente, mediante el cual se puede conocer la concentración máxima y la

distancia a partir de su origen, tomando en consideración las condiciones meteorológicas y topográficas de la zona en que ocurra la fuga o derrame; comparando dichas concentraciones con los niveles máximos permitidos (dosis) que aseguren el bienestar y salud del ser humano, tales como su IPVS (IDLH), se determinaron las cantidades mínimas denominadas cantidades de reporte de las sustancias identificadas como tóxicas, valores de 5 kw/m² para sustancias inflamables y de 0.5 lb/pulg.² para sustancias explosivas.

Estas sustancias y sus cantidades de reporte se encuentran consignadas en el primero y segundo listados de actividades altamente riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de marzo de 1990 para sustancias tóxicas y, el 4 de mayo de 1992 para inflamables y explosivas.

PRIMER LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS

El criterio adoptado para determinar cuáles actividades deben considerarse como altamente riesgosas, se fundamenta en que la acción o conjunto de acciones, ya sean de origen natural o antropogénico, estén asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, corrosivas o biológicas, en cantidades tales que, en caso de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las misma o bien una explosión, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Por lo tanto, se hace necesario determinar la cantidad mínima de las sustancias peligrosas con las propiedades antes mencionadas, que en cada caso, convierte su producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final en actividades que, de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las mismas, vía atmosférica, provocarían la presencia de límites de concentración superiores a los permisibles, en un área determinada por una franja de 100 metros en torno de las instalaciones, o medios de transporte, y en el caso de la formación de nubes explosivas, la existencia, de ondas de sobrepresión. A esta cantidad mínima de sustancia peligrosa, se le denomina cantidad de reporte. En consecuencia, para la determinación de las actividades consideradas altamente riesgosas, se partirá de la clasificación de las sustancias peligrosas, en función de

sus propiedades, así como de las cantidades de reporte correspondiente. Que cuando una sustancia presente más de una de las propiedades señaladas, está se clasificará en función de aquella ó aquéllas que presenten el o los más altos grados potenciales de afectación al ambiente, a la población o a sus bienes y aparecerá en el listado o listados correspondientes.

Mediante este Acuerdo se expide el primer listado de actividades altamente riesgosas y que corresponden a aquéllas en que se manejan sustancias tóxicas. En dicho listado quedan exceptuadas en forma expresa el uso y aplicación de plaguicidas con propiedades tóxicas, en virtud de que existe una legislación específica para el caso, en la que se regula esta actividad en lo particular.

ACUERDO

Artículo 1o.- Se considerará como actividad altamente riesgosa, el manejo de sustancias peligrosas en un volumen igual o superior a la cantidad de reporte.

Artículo 2o.- Para los efectos de este ordenamiento se considerarán las definiciones contenidas en la LGEEPA y las siguientes:

Cantidad de reporte: (ya definida en el Capítulo 1)

Manejo: Alguna o el conjunto de las actividades siguientes; producción, procesamiento, transporte, almacenamiento uso o disposición final de sustancias peligrosas.

Sustancia peligrosa: (ya definida en el Capítulo 1)

Sustancia tóxica: Aquélla que puede producir en organismos vivos, lesiones, enfermedades, implicaciones genéticas o muerte.

Artículo 3o.- Con base en lo previsto en el artículo primero, se expide el primer listado de actividades altamente riesgosas, que corresponde a aquéllas en que se manejen sustancias tóxicas. Estas actividades son la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final de las sustancias que a continuación se indican, cuando se manejen volúmenes iguales o superiores a las cantidades de reporte siguientes:

NOTA: SÓLO SE LISTAN ALGUNAS SUSTANCIAS DE MANERA REPRESENTATIVA.

TABLA II. 6		
Primer Listado		
I. Cantidad de reporte: a partir de 1 kg.		
a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:	b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:	c) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:
Acido cianhídrico Acido fluorhídrico-(fluoruro de hidrógeno) Arsina Cloruro de hidrógeno Cloro (1) Diborano Dióxido de nitrógeno Flúor Fosgeno Hexafluoruro de telurio Oxido nítrico Ozono(2) Seleniuro de hidrógeno Tetrafluoruro de azufre Tricloruro de boro	Acroleína Alil amina Bromuro de propargilo Butil vinil éter Carbonilo de níquel Ciclopentano Clorometil metil éter Cloruro de metacrilóilo Dioxolano Disulfuro de metilo Fluoruro cianúrico Furano Isocianato de metilo Metil hidracina Metil vinil cetona Pentaborano Sulfuro de dimetilo Tricloroetil silano	Acido cloroacético Acido metil-carbamilo Bromodiolona Carbofurano (furadán) Cianuro de potasio Dicloro xileno Didisocianato de isoforona Estereato de cadmio Estricnina Fenamifos Hidruro de litio Monocrotofos (azodrín) Oxido de cadmio Pentóxido de arsénico Piridina, 2 metil, 5 vinil Seleniato de sodio Tetraóxido de osmio Triclorofón
II. Cantidad de reporte: a partir de 10 kg.		
a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:	b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:	c) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:
Acido sulfhídrico Amoniaco anhidro Fosfina Metil mercaptano Trifluoruro de boro	1,2,3,4 diepoxibutano 2,cloroetanol Bromo Cloruro de acrilóilo 1 Sofluorfato Mesitileno Oxicloruro fosforoso Pentacarbonilo de fierro Propionitrilo Pseudocumeno Tetracloruro de titanio Tricloro (clorometil) silano Vinil norborneno	Acetato de metoxietilmercurio Acetato mercúrico Azida de sodio Bromuro cianógeno Cianuro potásico de plata Cloruro de mercurio Fenol Hidroquinona Isotiosianato de metilo Malononitrilo Níquel metálico Oxido mercúrico Pentaclorofenol Pentacloruro de fósforo Salcomina Selenito de sodio Telurito de sodio Tricloruro de galio Warfarin
III. Cantidad de reporte: a partir de 100 Kg.		
a) En el caso de las siguientes sustancias en el estado gaseoso:	b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:	c) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:
Bromuro de metilo Etano (3)	2,6-Diisocianato de tolueno Acetaldehido (3)	Acido cresílico Acido selenioso

Oxido de etileno	Acetato de vinilo Acido nítrico Acrilonitrilo Beta propiolactona Cloroacetaldehído Crotonaldehído Disulfuro de carbono Eter bis-cloro metílico Hidracina Metil tricloro silano Nitrosodimetilamina Pentacloroetano Perclorometil mercaptano Propilenimina Tetrametilo de plomo Tetranitrometano Tricloro benceno	Acrilamida Carbonato de talio Metomil Oxido tálico Yoduro cianógeno
------------------	--	---

IV. Cantidad de reporte: a partir de 1,000 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso: b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Butadieno	Acetonitrilo Benceno (3) Cianuro de bencilo Cloruro de bencilo 2,4-Diisocianato de tolueno Epiclorohidrina	Isobutironitrilo Oxicloruro de selenio Peroxido de hidrógeno Tetracloruro de carbono (3) Tetraetilo de plomo
-----------	---	--

V. Cantidad de reporte: a partir de 10,000 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

2,4,6 Trimetil anilina Ciclohexilamina Cloruro de benceno sulfonilo	Gas mostaza; sinónimo (sulfato de bis 2-cloroetilo) Hexacloro ciclo pentadieno Lactonitrilo
Diclorometil fenil silano Forato Formaldehido cianohidrina	Metanol Tiocianato de etilo Tolueno (3)

VI. Cantidad de reporte: a partir de 100,000 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido.

Anhidrido metacrílico Cumeno	Fenil dicloro arsina Nevinfos (fosforín)	Eter dicloroetílico
---------------------------------	---	---------------------

VII. Cantidad de reporte: a partir de 1,000,000 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Adiponitrilo Clordano Dicrotofos (bidrín)	Dimetil 4 ácido fosfórico Dimetilftalato Fosfamidón	Nitrobenceno Tricloruro fosforoso
---	---	--------------------------------------

(1) Se aplica exclusivamente a actividades industriales y comerciales.

(2) Se aplica exclusivamente a actividades donde se realicen procesos de ozonización.

(3) En virtud de que esta sustancia presenta además propiedades explosivas o inflamables, también será considerada, en su caso, en el proceso para determinar los listados de actividades altamente riesgosas, correspondientes a aquéllas en que se manejen sustancias explosivas o inflamables.

Artículo 4o.- Se exceptúa del listado de actividades altamente riesgosas, previsto en el artículo anterior, el uso o aplicación de plaguicidas con propiedades tóxicas.

Artículo 5o.- Para efectos del presente Acuerdo, se entenderá como sustancias en estado sólido, aquéllas que se encuentren en polvo menor de 10 micras.

Artículo 6o.- En el caso de las sustancias señaladas en el artículo 3o. que correspondan a plaguicidas, la cantidad de reporte se entenderá referida a su ingrediente técnico llamado también activo. En los demás casos, las cantidades de reporte de las sustancias indicadas en este Acuerdo, deberán considerarse de conformidad con su más alto porcentaje de concentración. Cuando dichas sustancias se encuentran en solución o mezcla, deberá realizarse el cálculo correspondiente, a fin de determinar la cantidad de reporte para el caso de que se trate.

Artículo 7o.- Las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología, previa opinión de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal; Comercio y Fomento Industrial; de Salud; Agricultura y Recursos Hidráulicos y del Trabajo y Previsión Social, podrán ampliar y modificar el listado objeto del presente Acuerdo, con base en el resultado de investigaciones que al efecto se lleven a cabo.

SEGUNDO LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS

El criterio adoptado para determinar cuáles actividades deben considerarse como altamente riesgosas, se fundamenta ... Por lo tanto, se hace necesario fijar dicha cantidad ... El 28 de marzo de 1990 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el primer listado ... Que mediante este Acuerdo se expide el segundo listado de actividades altamente riesgosas que corresponde a aquéllas en que se manejen sustancias inflamables y explosivas, en cantidades tales que de producirse una liberación, ya sea por fuga o derrame de las mismas en la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final provocaría la formación de nubes inflamables, cuya concentración sería semejante a la de su límite inferior de inflamabilidad, en un área determinada por una franja de 100 de longitud en torno de la instalaciones o medio de transporte dados, y en

el caso de formación de nubes explosivas, la presencia de ondas de sobrepresión de 0.5lb/pulg² en esa misma franja.

Que tanto el primer listado que corresponde al manejo de sustancias tóxicas y este concerniente al manejo de sustancias inflamables y explosivas así como los subsecuentes que se expidan para el caso de aquellas actividades relacionadas con el manejo de sustancias reactivas, corrosivas o biológicas, constituirán el sustento para determinar las normas técnicas de seguridad y operación, así como para la elaboración y presentación de los Programas para la Prevención de Accidentes previstos en el Art. 147 de la LGEEPA, mismos que deberán observarse en la realización de dichas actividades.

ACUERDO

Artículo 1o.- Se expide el segundo listado de actividades altamente riesgosas que corresponde a aquéllas en que se manejen sustancias inflamables y explosivas.

Artículo 2.- Se considerará como actividad altamente riesgosa, el manejo de sustancias peligrosas en cantidades iguales o superiores a la cantidad de reporte.

Artículo 3.- Para los efectos de este Acuerdo se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las siguientes:

Cantidad de reporte: (ya definida en el Capítulo 1)

Manejo: Alguna o el conjunto de las actividades siguientes: producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final de sustancias peligrosas.

Sustancia peligrosa: (ya definida en el Capítulo 1)

Sustancia inflamable: Aquélla que capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una chispa.

Sustancia explosiva: Aquélla que en forma espontánea o por acción de alguna forma de energía genera una gran cantidad de calor y energía de presión en forma casi instantánea.

Artículo 4o.- Las actividades asociadas con el manejo de sustancias inflamables y explosivas que deben considerarse altamente riesgosas sobre la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso y disposición final de las sustancias que a continuación se indican, cuando se manejan cantidades iguales o superiores a las cantidades de reporte siguientes:

TABLA II. 7		
Segundo Listado		
I. Cantidad de reporte a partir de 500 kg.		
a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:	b) En el caso de las sustancias en estado gaseoso no previstas en el inciso anterior y que tengan las siguientes características:	c) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:
Acetileno Acido sulfhídrico Butadieno 2-Buteno (cis,trans) Cianógeno Ciclobutano Cloruro de metilo Difluoruro 1-Cloroetano 2,2-Dimetil propano Eter metílico Etileno Fluoruro de etilo Formaldehido Hidrógeno 2-Metil propeno Propileno Sulfuro de carbonilo Tetrafluoroetileno Trifluorocloroetileno	Temperatura de inflamación < 37.8° C Temperatura de ebullición < 21.1° C Presión de vapor > 760 mm hg	2-Butino Cloruro de etilo Etilamina 3-Metil-1-Buteno Metil etil eter Nitrato de etilo Oxido de etileno 1-Pentano
II. Cantidad de reporte a partir de 3,000 kg.		
a) En el caso de las siguientes en estado líquido:		
Acetaldehído Acido cianhídrico Amileno (cis,trans)	Colodión Disulfuro de carbono 2-Metil-2-Buteno Oxido de propileno	Pentano (Niso) 1-Penteno Sulfuro de dimetilo
III. Cantidad de reporte a partir de 10,000 kg.		
a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:		
Acroleína Carbonilo de níquel Ciclopentano 1-Cloro propileno Cloruro de acetilo 1.1-Dicloroetileno Dihidropirán	2.2 Dimetil butano 2-Etil 1-Buteno Eter dietílico Eter vinílico Etilico mercaptano Etoxiacetileno Formiato de etilo Furano	Isopreno Isopropenil acetileno 2-Metil-1-Penteno Metil propil acetileno Propil amina (Niso) Tetrahydrofurano Triclorosilano Vinil isopropil eter

IV. Cantidad de reporte a partir de 20,000 kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Acetato de metilo	Diisobutileno	Metil hidracina
Acrilato de metilo	Etil metil cetona	2-Metil tetrahidrofurano
Acilonitrilo	Formiato de propilo	Monoxido de butadieno
Benceno	(Niso)	Nitrato de etilo
1-Bromo-2-Buteno	Fluorobenceno	Oxido de butileno
Butilamina (Niso,sec,ter)	2-Hexeno (cis,trans)	Pirrolidina
Ciclohexano	Heptano (Niso y	Trietilamina
Cloruro de butilo (Niso,sec,ter)	mezclas de isómeros)	2,3,3-Trimetil-1-Buteno
Dicloroetano	Isobutiraldehído	Trimetilclorosilano
1,2-Dicloroetileno	2-Metil furano	Vinil isobutil éter
	Metil Ciclohexano	

V. Cantidad de reporte a partir de 50,000 kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

Gas lp comercial (1)

VI. Cantidad de reporte a partir de 100,000 kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en el estado líquido:

Acetato de propilo (Niso)	Metil metacrilato	Piridina
Alcohol desnaturalizado	P-Dioxano	Propionato de etilo
Amilamina (N,sec)	Eter alílico	Tetrametilo de plomo
Bromuro de N-butilo	Formiato de isobutilo	2,2,3-Trimetil pentano
2,4-Dimetil hexano	2-Metil-2-Butanol	Tolueno

VII. Cantidad de reporte a partir de 200,00 kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Acetato de butilo (iso,sec)	Cumeno	Isobromuro de amilo
Acetato de isopropenilo	Dietílico carbonato	Metacrilato de etilo
Acrilato de isobutilo	1,3-Dimetil butilamina	Metil propil cetona
1-Butanol	Estireno	Nitrometano
Butil mercaptan (N,sec)	Etil benceno	1-Octeno
Clorobenceno	2-Etil butiraldehído	Xileno (M.O.P.)
Cloruro de amilo	Etil ciclohexano	

VIII. Cantidad de reporte a partir de 10,000 kg

a) En el caso de las sustancias en estado líquido, no previstas en las fracciones anteriores y que tengan las siguientes características:

Temperatura de inflamación < 37.8 °C

Temperatura de ebullición > 21.1 °C

Presión de vapor ó 760 mm hg

IX. Cantidad de reporte a partir de 10,000 barriles.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido.

Gasolinas ⁽¹⁾

Kerosenas incluye naftas y diáfano ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Se aplica exclusivamente a actividades industriales y comerciales.

Artículo 5. Se exceptúa de este listado a las actividades relacionadas con el manejo de las sustancias a que se refiere el artículo 41 de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.

Artículo 6. Las cantidades de reporte de las sustancias indicadas en este Acuerdo, deberán considerarse referidas a su más alto porcentaje de

concentración. Cuando dichas sustancias se encuentren en solución o mezcla, deberá realizarse el cálculo correspondiente, con el fin de determinar la cantidad de reporte para el caso de que se trate.

Artículo 7. Las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología, previa opinión de las Secretarías de Energía Minas e Industria Paraestatal; de Comercio y Fomento Industrial, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Salud y de Trabajo y Previsión Social, podrán ampliar y modificar el listado objeto del presente Acuerdo, con base en el resultado de las investigaciones que sobre el particular se lleven a cabo.

2.4.4.- STPS. Anteproyecto de NOM-STPS Administración de la Seguridad de los Procesos y NOM-005-STPS-1999.

En el año 2000 la Secretaria del Trabajo y Previsión Social² emitió el siguiente anteproyecto, sin embargo, posteriormente fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) con éste mismo número la Norma relacionada a la seguridad en actividades agrícolas que no tiene nada que ver con el que se presenta más adelante. Es posible que éste anteproyecto sea emitido en un futuro como Norma Oficial Mexicana (NOM) naturalmente bajo otro número, sin embargo, dado su contenido, es el único anteproyecto que estableció el desarrollo de la identificación y análisis de riesgo para los centros de trabajo que realicen actividades altamente riesgosas de acuerdo a lo establecido en la Ley General del equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, y puesto que no existe NOM actualmente similar a ésta se describe en su totalidad más adelante a manera de referencia.

Por otro lado, se encuentra la NOM-005-STPS-1998 relativa a las Condiciones de Seguridad para el Manejo, Transporte y Almacenamiento de Sustancias Químicas Peligrosas en los centros de trabajo, publicada en el DOF el 02 de febrero de 1999. La cual dentro del apartado **5.2 establece la necesidad de elaborar un**

² Cabe mencionar que la STPS tiene la competencia para vigilar el cumplimiento de las medidas de seguridad y las atribuciones de proporcionar el marco de referencia para su aplicación dentro de sus NOM's (Normas Oficiales Mexicanas); así como de ofrecer gratuitamente la asesoría para su aplicación y cumplimiento

Estudio de Análisis de Riesgo Potencial generado por las sustancias químicas que se utilizan en el centro de trabajo conforme a lo establecido dentro del apartado 7.1 de la misma norma. Aunque sin considerar ninguna técnica en especial para desarrollarlo, es la única referencia dentro del marco legal de la seguridad para los centros de trabajo que obliga a las empresas a considerar el **Estudio, Identificación y Análisis de los riesgos que ocasionan los materiales peligrosos**; así como las medidas de seguridad que deberán adoptar para tal caso. Esta norma es obligatoria para todos los centros de trabajo que manejen, produzcan, almacenen sustancias químicas peligrosas sin importar la cantidad de la misma. A continuación se presenta el apartado 7.1 de la norma:

7. Requisitos administrativos

7.1 El estudio para analizar el riesgo potencial debe realizarse tomando en consideración lo siguiente:

- a) las características de los procesos de trabajo;
- b) las propiedades físicas, químicas y toxicológicas de las sustancias químicas peligrosas;
- c) el grado y tipo de riesgo de las sustancias, conforme a lo establecido en la NOM-114-STPS-1994 (actualmente NOM-018-STPS-2000);
- d) las actividades peligrosas y los trabajos en espacios confinados,
- e) las zonas de riesgo del centro de trabajo y el número de trabajadores expuestos en cada zona.

ANTEPROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA. ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD EN LOS PROCESOS DE ALTO RIESGO.

1. OBJETIVO

Establecer los elementos mínimos de un sistema de administración de la seguridad en los procesos altamente riesgosos de los centros de trabajo para prevenir y proteger la salud de los trabajadores y a las instalaciones de los centros de trabajo.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma rige en todo el territorio nacional, aplica en todos los centros de trabajo donde se realicen operaciones y procesos que utilicen sustancias químicas peligrosas en las cantidades que establece la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental.

3 REFERENCIAS

Para la correcta interpretación de esta Norma, deben consultarse las siguientes normas oficiales mexicanas:

NOM-122-STPS-1996 Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión y generadores de vapor o calderas que operen en los centros de trabajo.

4. DEFINICIONES

Para efectos de la presente norma se establecen las siguientes definiciones (*y sólo se consideran algunas de aplicables sobre el trabajo en cuestión*) :

- a) Accidente: suceso no deseado ni planeado que causa daños, lesiones o enfermedades;
- b) Accidente mayor: suceso no deseado ni planeado, originado por el proceso, que implica gran liberación incontrolada de sustancias químicas peligrosas o energía, e involucra múltiples lesionados, fatalidad, daño extenso de la propiedad o que rebase los límites del centro de trabajo;
- c) Actividad altamente riesgosa: manejo de sustancias químicas peligrosas en un volumen igual o mayor a la cantidad de reporte y que tenga el potencial de causar un accidente mayor;
- d) Administración de riesgos : es un sistema que involucra los principios de la administración aplicado a los riesgos para eliminarlos, reducirlos o controlarlos;
- e) Análisis de riesgos potencial: trabajo organizado aplicando un método específico para identificar y evaluar los riesgos asociados con el proceso y tiene la finalidad de desarrollar medidas de control;
- f) Auditoria interna: es un método que el patrón utiliza para verificar que cumpla con los procedimientos y practicas desarrolladas para el cumplimiento de esta norma;
- g) Auditoria de trabajo: las unidades administrativas competentes de la STPS, que realicen funciones de inspección en materia de seguridad e higiene en el trabajo,
- h) Contratista;

- i) Dispositivo de seguridad: mecanismo o sistema que se instala a la maquinaria, equipo o instalaciones, con la finalidad de reducir la posibilidad de un riesgo o controlar las consecuencias en caso de que ocurra un accidente;
- j) Equipo crítico: maquinaria, equipos e instalaciones en los que falla en los dispositivos de seguridad, integridad mecánica o maniobras durante la operación de los mismos puede ocasionar un accidente mayor;
- k) Inspección interna;
- l) Límite de funcionamiento aceptable:
- m) Mantenimiento correctivo:
- n) Mantenimiento preventivo:
- o) Proceso: conjunto de actividades asociadas con el almacenamiento, manejo, manufactura y transporte de sustancias químicas peligrosas.
- p) Protocolo de entrega y recepción;
- q) Riesgo potencial: probabilidad de que ocurra un accidente mayor;
- r) Trabajo peligroso: actividad que por razones de mantenimiento, inspección interna o reparación, se interviene la operación normal de un equipo crítico.

5. OBLIGACIONES DEL PATRON

- 5.1 Mostrar a la Autoridad Laboral cuando ésta así lo solicite, los documentos que la presente norma le obliga a elaborar o poseer.
- 5.2 Comunicar a los trabajadores y contratistas los riesgos potenciales relacionados con la presente norma.
- 5.3 Contar y difundir un sistema para el manejo de la información, ...
- 5.4 Contar y difundir un programa para analizar los riesgos potenciales de todos los equipos críticos y procesos ..., conforme a lo establecido en el capítulo 8.
- 5.5 Contar y difundir un sistema para la administración de riesgos potenciales, ...
- 5.6 Contar y difundir un procedimiento para la investigación de accidentes, ...
- 5.7 Contar y difundir un procedimiento para la autorización de trabajos peligrosos,
- 5.8 Contar y difundir un sistema de integridad mecánica, ...
- 5.9 Contar y difundir un sistema de administración de cambios, ...
- 5.10 Contar y difundir un procedimiento y políticas para el trabajo con contratistas..
- 5.11 Contar y difundir un programa de capacitación y adiestramiento, ...

5.12 Contar y difundir un programa de auditorias internas ...

5.13 Contar y difundir un programa de seguridad e higiene el cual debe contener un Programa de Prevención de Accidentes. ...

5.14 Contar y difundir los procedimientos seguros para el mantenimiento, arranque, operación normal, paros de emergencia y reparaciones mayores del equipo crítico, así como para los trabajos peligrosos.

6. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES

6.1 Participar en la capacitación y adiestramiento proporcionado por el patrón.

6.2 Participar en las actividades que se deriven de la aplicación de la presente norma.

6.3 Cuando se realicen trabajos peligrosos, contar con la autorización correspondiente.

7. SISTEMA PARA EL MANEJO DE LA INFORMACIÓN

7.1 Se debe tener una estructura de archivo, que permita el manejo ordenado y que asegure el resguardo apropiado de la información relacionada con el proceso y el equipo crítico, en sus diferentes modalidades.

7.2 La información que debe contener el sistema es la siguiente:

- a) Los procedimientos, programas, registros, reportes y autorizaciones que la presente norma obliga al patrón a elaborar o contar con ellos;
- b) Los procedimientos seguros para el mantenimiento, arranque, operación normal, paros de emergencia y reparaciones del equipo crítico, así como para los trabajos peligrosos;
- c) Los límites de funcionamiento aceptable de los equipos críticos;
- d) Diagramas de flujo;
- e) Diagramas de tuberías e instalaciones.

7.3 Contar con el procedimiento para el manejo del sistema de administración de información y difundirlo a todos los trabajadores.

8. ANÁLISIS DE RIESGO POTENCIAL

8.1 Contar con un método de jerarquización de los riesgos potenciales de los procesos y equipos críticos del centro de trabajo.

8.2 Contar con un estudio de análisis de riesgo potencial para cada uno de los procesos y equipos críticos del centro de trabajo.

- a) Se debe utilizar uno o más métodos;
- b) Debe incluir una sección de recomendaciones para el control de los riesgos encontrados.

8.3 Debe actualizarse el estudio de análisis de riesgo potencial al menos cada tres años, antes de que se realicen cambios a algún proceso, cuando se proyecte un proceso nuevo.

9. ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS

9.1 Se debe contar con una relación de riesgos potenciales identificados y evaluados mediante los estudios de análisis de riesgo potencial.

9.2 Se debe contar con criterios de aceptación de riesgos potenciales basados en la probabilidad de ocurrencia y los posibles daños que ocasionen.

9.3 Elaborar un programa para el cumplimiento de las recomendaciones seleccionadas que resulten del estudio de análisis de riesgo potencial.

9.4 Se deben administrar los riesgos no aceptados hasta lograra su aceptación y llevar un registro de las medidas de control aplicadas así como actualizar la documentación del proceso.

10. INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

10.1 Contar con un procedimiento de investigación de accidentes que incluya todos aquellos relacionados con el proceso, equipo crítico y contratistas, elaborar un reporte de accidentes, el cual se debe guardar por lo menos un año, que contenga lo siguiente:

- a) Fecha y hora en que sucedió el accidente;
- b) Equipo crítico del proceso donde sucedió el accidente;
- c) Hechos ocurridos;
- d) Lesiones, daños o enfermedades ocasionadas;
- e) Causas detectadas;
- f) Medidas correctivas;
- g) fecha de cumplimiento de las medidas correctivas.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

10.2 Capacitar y adiestrar al personal involucrado en la investigación de accidentes para que realicen su función.

11. TRABAJOS PELIGROSOS

11.1 Establecer y aplicar un programa de capacitación y adiestramiento a los trabajadores y contratistas relacionados con trabajos peligrosos.

11.2 Establecer un procedimiento para la autorización de trabajos peligrosos el cual debe contar con:

- a) Nombre de la persona que va a realizar el trabajo no rutinario
- b) Número consecutivo de documento;
- c) Procedimiento seguro para realizar el trabajo;
- d) Recomendaciones de seguridad e higiene específicas para realizar el trabajo;
- e) Firma del responsable del área;
- f) Vigencia del permiso.

12. INTEGRIDAD MECÁNICA

12.1 Contar con una lista vigente del equipo crítico del centro de trabajo.

12.2 Contar con un programa de mantenimiento preventivo que incluya todo el equipo crítico relacionado con el proceso.

12.3 Contar con los procedimientos que aseguren la calidad de los materiales y refacciones que se usan en los equipos críticos para que cumplan con las especificaciones requeridas en el diseño.

12.4 Contar con un programa de inspección interna y prueba de los equipos críticos y dispositivos de seguridad.

12.5 Los equipos críticos sujetos a presión deben cumplir con lo establecido en la NOM-122-STPS-1996.

12.6 Contar y mantener actualizado un registro con el tipo y fecha de los mantenimientos que se realizan a cada equipo crítico relacionado con el proceso.

12.7 Contar y mantener actualizado registros sobre las inspecciones internas y pruebas que se realicen a los equipos críticos relacionados con el proceso.

13. ADMINISTRACIÓN DE CAMBIOS

13.1 Contar con un sistema que permita realizar de una manera controlada los cambios en los equipos críticos, procesos y procedimientos, así como la oportuna actualización de los documentos del proceso, el cual debe de contener:

- a) Autorización y firma;
- b) Evaluación de riesgos;
- c) Documentación de cualquier cambio que se pretenda efectuar en el equipo crítico, proceso o procedimiento.

14. CONTRATISTAS

14.1 Comunicar al contratista los riesgos a los que esta expuesto y accidentes previos que se hayan presentado.

14.2 Contar con criterios para la contratación de servicios relacionados con el proceso y equipos críticos, en los cuales se debe de verificar que el contratista cuenta con personal capacitado y adiestrado para desarrollar el trabajo.

14.3 Se debe de llevar a cabo un protocolo de recepción y entrega de trabajos de los contratistas el que se especifiquen las desviaciones y los aciertos.

15. CAPACITACION Y ADIESTRAMIENTO

15.1 Se debe de dar capacitación inicial y periódica a todos los trabajadores y contratistas relacionados con la operación y mantenimiento de los equipos críticos, procesos y procedimientos, así como trabajos peligrosos e investigación de accidentes. La capacitación y adiestramiento periódicos se deben dar por lo menos una vez al año.

15.2 Contar con los registros de la capacitación y adiestramiento que se proporcione al personal y a los contratistas y entregar constancias a los trabajadores que reciban capacitación y adiestramiento.

15.3 La capacitación y adiestramiento puede ser proporcionada por el patrón o por un capacitador externo.

16. AUDITORIAS INTERNAS

16.1 Contar con un procedimiento para realizar auditorias, para verificar la implementación de la presente norma.

16.2 Contar con un programa de auditorías internas, en el cual se deben de revisar los equipos críticos y procesos por lo menos cada dos años.

16.3 Capacitar y adiestrar a los trabajadores involucrados en la realización de auditorías internas del equipo crítico, procesos y procedimientos.

16.4 Generar un reporte de las auditorías internas.

17. VIGILANCIA

La vigilancia de la presente Norma corresponde a la STPS.

18. BIBLIOGRAFIA

a) Guidelines for auditing safety management systems. American Institute of Chemicals Engineers. New York, USA.

b) Process Safety Management. Occupational Safety and Health Administration. USA.

c) Risk Management Program Rules. Environmental Protection Agency. USA.

19. CONCORDANCIAS CON NORMAS INTERNACIONALES

Al momento de su elaboración, la presente Norma no presenta concordancia con ninguna norma internacional.

20. TRANSITORIOS

NOTA: al publicarse en el Diario Oficial de la Federación la Norma Oficial Mexicana contendrá el siguiente transitorio:

PRIMERO.- La PRESENTE Norma entra en vigor a los trescientos sesenta y cinco días naturales después de su publicación en el Diario Oficial de la Federación, a excepción de:

a) Los capítulos 7,9,12,13 y el apartado 8.2 del capítulo 8 , entra en vigor en tres años después de que entre en vigor la presente Norma

2.5.- Normatividad de Carácter Voluntario. Administración de la Seguridad del Proceso.

Tradicionalmente la seguridad se ha gestionado como un programa, similar a los existentes en otras áreas de la empresa, basados en *slogans* y objetivos poco impregnados con el interés de los miembros. El principal problema al que lleva ésta orientación es la dimensión de moda que lo confiere y por consiguiente la

ineficacia del programa que puede sufrir, con el consiguiente riesgo, cuando otros objetivos distraen la atención del él.

Así, la Administración de la Seguridad del Proceso es la aplicación de los sistemas administrativos para la identificación, comprensión y control de peligros del proceso. Los sistemas de Administración de la Seguridad del Proceso son una serie de planes, procedimientos y controles diseñados para garantizar que se hayan instalado medidas para impedir y mitigar accidentes importantes en plantas; sean utilizados y sean efectivos para los objetivos propuestos. En diseño, muestran una relación directa con otros enfoques de sistemas de administración, pues utilizan un ciclo de planificación-organización-puesta en práctica-control y su propósito es el de coadyuvar a que la compañías alcancen una mejora continua.

Ciertos marcos y guías para la Administración de la Seguridad del Proceso se han desarrollado en años recientes. En Estados Unidos se han desarrollado esquemas por parte de **OSHA** (ya mencionado anteriormente), **EPA** (Environment Protection Agency; Agencia de Protección al Ambiente), la **CMA** (Chemical Manufactured Associates; Asociación de Fabricantes de Químicos) y **CCPS** (Center for Chemical Process Safety of AIChE; Centro para la Seguridad de los Procesos Químicos del Instituto Norte-Americano de Ingenieros Químicos); los primeros de carácter obligatorio por ser agencias gubernamentales y los dos últimos de carácter voluntario desarrollados como apoyo para sus agremiados. También se han desarrollado otros por organizaciones como el Instituto Norteamericano del Petróleo Práctica Recomendada 750 (**API RP 750**) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico y la Organización Internacional del Trabajo (**OIT**).

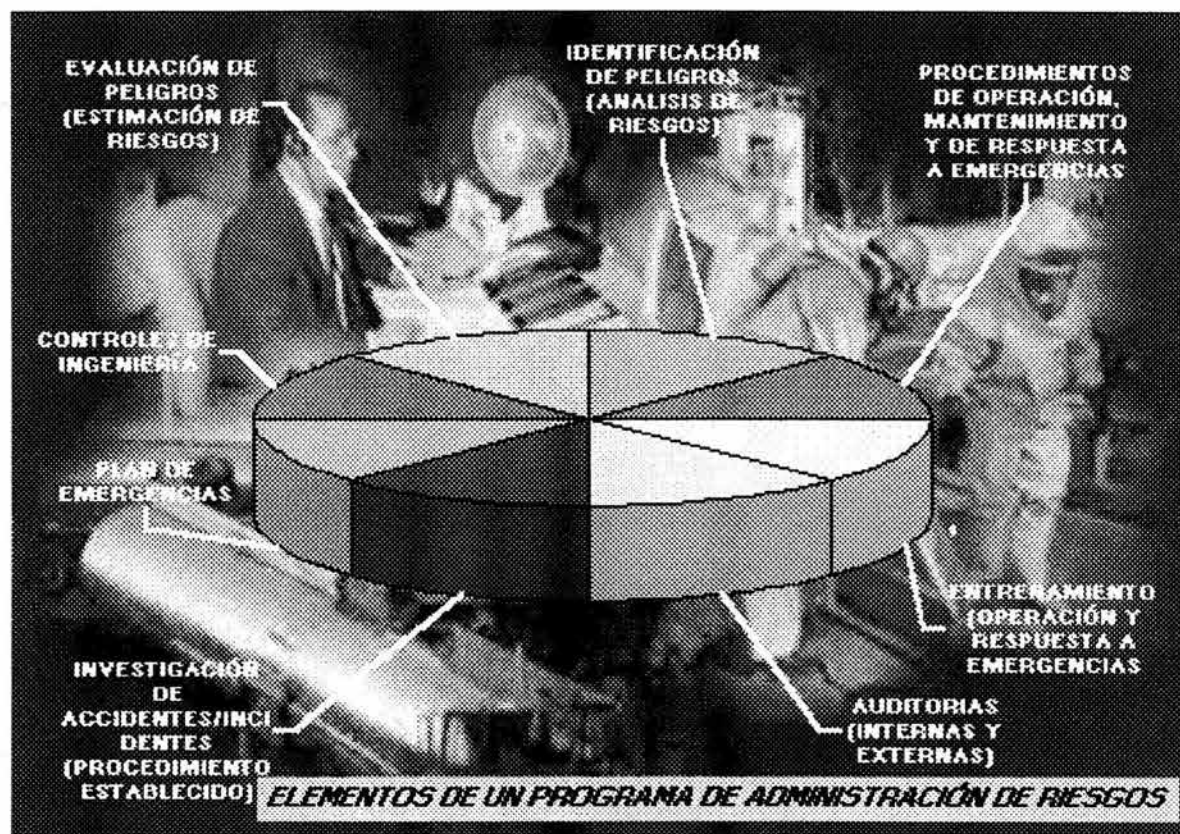
En México, el sistema adaptado de la norma británica BS 8800 e implantado como Norma Mexicana **NMX**, concebido bajo el esquema de calidad implantado por ISO (International Stándart Organization, **OSHAS 18000**) tiende a volverse el único elemento no obligatorio, hasta el momento, que se asemeje a los sistemas anteriores. También, a raíz del Tratado de Libre Comercio, la Asociación Nacional

de la Industria Química (ANIQ) desarrollo bajo el concepto de Responsabilidad Integral 6 códigos, concernientes en una serie de practicas que sirvan a sus agremiados a comprometerse voluntariamente en desarrollar actividades seguras. Uno de estos códigos es el de Seguridad e Higiene en el Trabajo que incorpora los elementos relacionados a la identificación y análisis de riesgos.

Todos estos marcos tienen ciertos puntos de comparación, compartiendo una filosofía básica y muchos elementos en común. Hacen énfasis en cuestiones como metas y objetivos, información sobre la seguridad del proceso, **análisis de peligros del proceso** (que es el caso que nos ocupa), documentación, administración del cambio, revisiones de seguridad previas al inicio, investigación de accidentes-incidentes, controles de ingeniería y auditorías.

FIGURA II. 4

Elementos para un sistema de Administración de Riesgos



Para las empresas y en la industria de proceso, es probable que un sistema de seguridad del proceso formal construya y formalice políticas y prácticas que han existido durante muchos años. La experiencia de las compañías que se han ocupado en desarrollar sistemas de administración de la seguridad del proceso muestran que en la práctica, los sistemas efectivos pueden y varían en gran medida. Sin embargo, siempre atienden la necesidad de administrar la seguridad del proceso (aspectos relacionados con la tecnología, instalaciones, personal, materiales peligrosos y respuesta a emergencias). En general, las actividades de mayor riesgo requerirán sistemas de administración más formales.

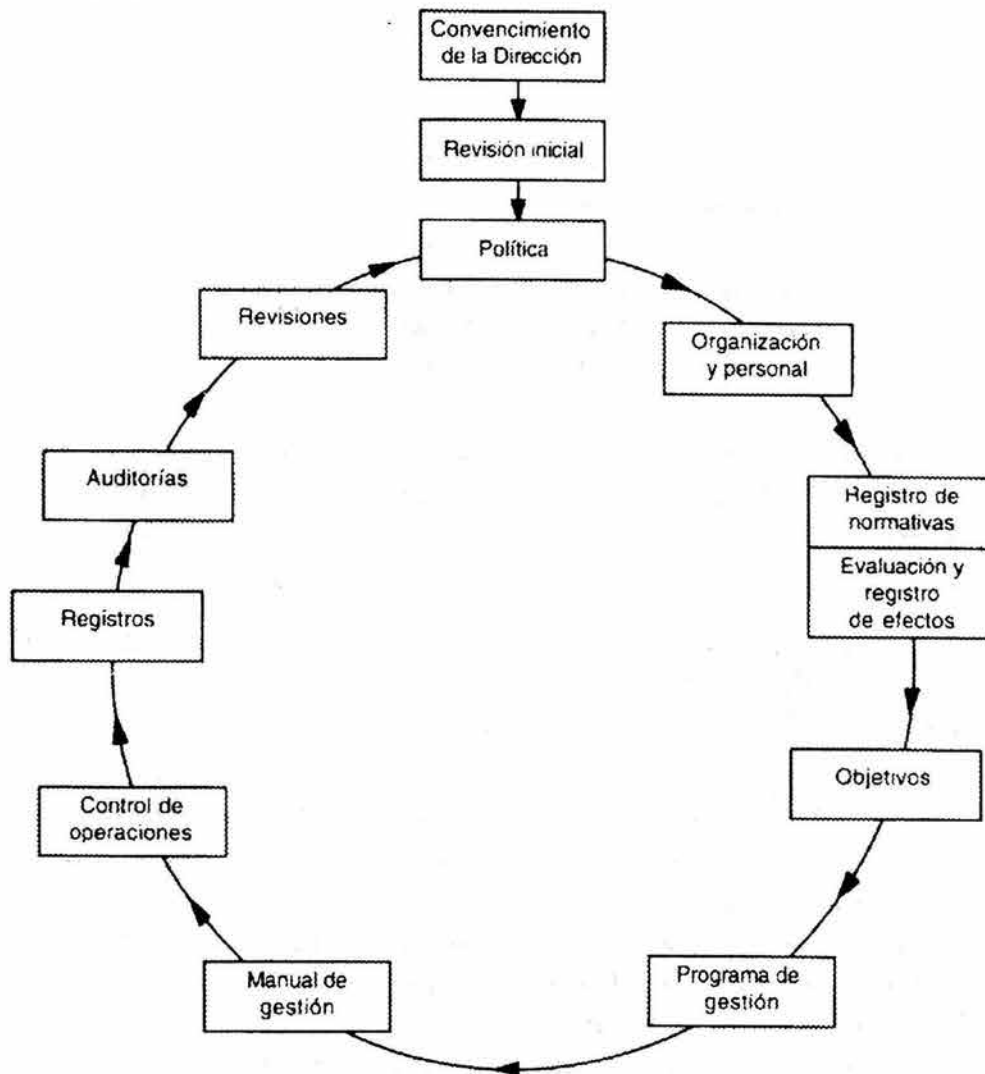
TABLA II. 8 Liderazgo en la Administración	
<i>Los Sistemas de Administración y la Gestión de la Seguridad en los procesos son tratados en términos de las funciones de:</i>	
<ul style="list-style-type: none">• Planeación• Organización• Implementación• Control	<i>Estas funciones son operadas en tres niveles:</i> <ul style="list-style-type: none"><input checked="" type="checkbox"/> Estratégico<input checked="" type="checkbox"/> Directivo<input checked="" type="checkbox"/> Tareas Siendo esto aplicable a todos los sistemas.

Por otro lado, el concepto de sistema de gestión o administración (*management system*) mejora la efectividad mediante un aproximación distinta. Un sistema de gestión es un modo de trabajo que asegura de una manera continua y sistemática el seguimiento de las normas y procedimientos establecidos por las autoridades. Los sistemas de gestión deben establecerse por la Dirección de la empresa, que además realizará revisiones periódicas de su eficacia. De ésta manera se consigue evitar los “altibajos” de los programas clásicos.

Para una aplicación eficaz de estos sistemas de administración de seguridad de los procesos, todos invariablemente involucran el proceso de identificación y análisis de riesgos y los ubican como uno de los elementos iniciales y primordiales para que pueda darse el proceso en forma global.

FIGURA II.5

Diagrama de etapas de la implementación de un sistema de gestión medioambiental adaptado de la norma 7750:1999 es aplicable con ligeras modificaciones a los sistemas de gestión de la seguridad



2.5.1.- Instituto Mexicano para la Normalización y Certificación(IMNC) NMX-SASST-001-IMNC-2000.

NMX-SAST-001-IMNC-2000 SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO - ESPECIFICACIÓN

0. Introducción

Esta norma de Sistemas de Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo (SASST) y su complemento **NMX-SAST-002-IMNC- 2000 Guía para la**

implementación de MNX-SAST-001-IMNC-2000, han sido desarrolladas en respuesta a la demanda de contar con una norma contra la cual puedan ser evaluados y certificados los sistemas de administración.

Esta norma mexicana ha sido desarrollada para ser compatible con las normas de los sistemas de administración NMX-CC-003/ISO 9001:1994 (Calidad) y NMX-SAA-001/ISO 14001:1996 (Ambiental), para facilitar a las organizaciones la integración de los sistemas de administración de la calidad, ambiental y, de seguridad y salud en el trabajo.

Esta norma de Sistemas de Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo(SASST), deberá ser revisada y actualizada cuando se considere conveniente. Las revisiones deberán efectuarse cuando sean publicadas nuevas ediciones ya sea de NMX-CC-003/ISO 9001 ó NMX-SAA-001/ISO 14001, para asegurar que se mantiene la compatibilidad. El cumplimiento con esta serie de normas de Sistemas de Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo (SASST), no exime del cumplimiento de las obligaciones legales.

1. Objetivo

Establecer los requisitos para desarrollar y aplicar un Sistema de Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo (SASST).

2. Campo de aplicación.

Esta norma de SASST establece los requisitos para cualquier organización que desee:

- a) establecer un SASST para prevenir, eliminar o minimizar los riesgos a los que está expuesto el personal y otras partes interesadas;**
- b) implementar, mantener y mejorar continuamente un SASST;
- c) asegurar la conformidad con su política establecida de SST;
- d) demostrar dicha conformidad a otros;
- e) buscar la certificación / registro de su SASST por una organización externa; o

f) hacer una autodeterminación y declaración de la conformidad con esta norma de SASST.

El alcance de su aplicación dependerá de factores tales como la política de SST de la organización, la naturaleza de sus actividades y los riesgos y complejidad de sus operaciones. Esta norma de SASST se refiere a la seguridad y salud en el trabajo, más que a la seguridad de productos y servicios.

3. Referencias normativas.

4. Términos y definiciones.

5. Elementos del sistema de administración de seguridad y salud en el trabajo

5.1. Requisitos Generales.

5.2. Política de seguridad y salud en el trabajo

5.3. Planeación

5.3.1 Planeación para la identificación de los peligros, evaluación y control de los riesgos.

(En este apartado de la norma se establece la necesidad de efectuar la identificación y el análisis de riesgos de cualquier índole, en función de las necesidades y características de la empresa)

La organización debe establecer y mantener procedimientos para la identificación permanente de peligros, la evaluación de riesgos y la implementación de medidas necesarias de control. Esto debe incluir:

- a) actividades rutinarias y no rutinarias;
- b) actividades de todo el personal que tiene acceso al lugar de trabajo (incluyendo subcontratistas y visitantes);
- c) infraestructura en el lugar de trabajo, proporcionada por la organización u otros.

La organización debe asegurar que los resultados de estas evaluaciones y los efectos de estos controles, sean considerados cuando se establezcan sus objetivos de SST. ***La organización debe documentar y mantener esta***

información. La metodología de la organización para la identificación de peligros y evaluación de riesgos debe:

- a) ser definida con respecto a su alcance, naturaleza y oportunidad para asegurar que es pro-activa y no reactiva;**
- b) tomar en cuenta la clasificación de riesgos y determinar aquellos que pueden ser eliminados o controlados, a través de medidas, tal como se establece en 5.3.3 (Objetivos) y 5.3.4 (Programa de administración de SST);**
- c) ser consistente con la experiencia de operación y la capacidad de la organización de emplear medidas para controlar el riesgo;
- d) proveer información para la determinación de los requisitos de las instalaciones, identificación de necesidades de capacitación y desarrollo de controles para la operación;
- e) considerar las acciones requeridas de supervisión para asegurar la efectividad y oportunidad en su implementación.

NOTA: Para guías adicionales sobre identificación de peligros, evaluación y control de riesgos, véase NMX-SAST-002-IMNC-2000.

5.4. Implementación y operación

5.5. Verificación y acción correctiva

5.6. Revisión por parte de la dirección

6. Bibliografía

7. Concordancia con otras normas internacionales.

2.5.2.- Centro para la Seguridad de los Procesos Químicos (CCPS), del AIChE. Lineamientos Técnicos para la Administración de la Seguridad de los Procesos Químicos.

En 1985 el Instituto Norteamericano de Ingenieros Químicos (AIChE) formó el Centro para la Seguridad en los Procesos Químicos (CCPS) para promover la seguridad en procesos, entre aquellos que manejan, utilizan, procesan y almacenan materiales peligrosos, a través de una serie de guías. Aún cuando los

primeros proyectos eran de naturaleza técnica, el CCPS reconoció que los accidentes importantes no podían ser prevenidos sólo mediante soluciones orientadas a la tecnología. La evolución de la seguridad de un proceso a partir de una cuestión puramente técnica a una que exigiera enfoques administrativos era esencial para una mejora de la seguridad del proceso continua. Establece que la *Seguridad de los Procesos* se refiere a la protección de las personas y la propiedad desde un episodio o incidente catastrófico, el cual puede resultar de desviaciones no planeadas o inesperadas en las condiciones de proceso. (Esto es de las condiciones ideales hacia las cuales se esfuerza. Sin embargo, el manejo, uso, almacenamiento y procesamiento de materiales con propiedades riesgosas inherentes nunca puede ser absolutamente libre de riesgos)

Así el Centro para la Seguridad de los Procesos Químicos (CCPS) del Instituto Norteamericano de Ingenieros Químicos (AIChE), propone doce elementos básicos que debe implementarse específicamente por un sistema de gestión de la seguridad, que invariablemente incluye el proceso de Identificación y administración de los riesgos de proceso; el cual es publicado en 1989 y que se titula "*Lineamientos Técnicos para la Administración de la Seguridad de los Procesos Químicos*". Siendo los siguientes:

TABLA II. 9

**Lineamientos técnicos para la administración de la seguridad de los procesos químicos .
CCPC/AIChE**

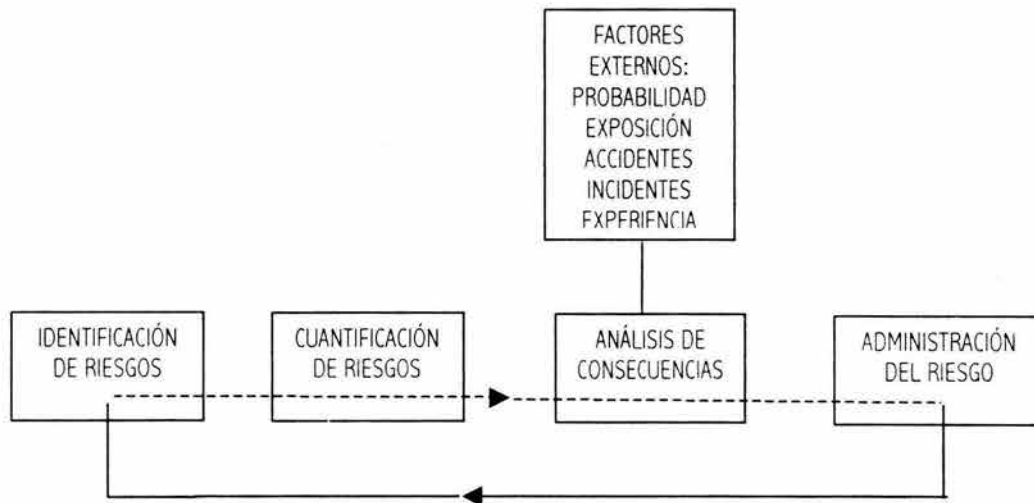
1. *Responsabilidades, política y objetivos*
2. *Conocimiento y documentación del proceso*
3. *Revisión de proyectos y procedimientos de diseño*
4. ***Administración de los riesgos de proceso***
 - 4.1 ***Identificación de Peligros***
 - 4.2 *Evaluación del Riesgo existente en las operaciones*
 - 4.3 *Reducción del Riesgo*
 - 4.4 *Administración del Riesgo Remanente (Aspectos de mitigación, respuesta a emergencias en planta)*
 - 4.5 *Respuesta a Emergencias*
 - 4.6 *Promover a sus Clientes y Proveedores a adoptar Prácticas de Administración de Riesgos*
 - 4.7 *Seleccionar negocios que representen Riesgos Aceptables*
5. *Administración del Cambio (modificaciones en las instalaciones, procedimientos de operación, etc.)*

6. Adecuación del proceso y de los equipos
7. Investigación de incidentes
8. Formación y evaluación del desempeño personal
9. Factores Humanos
10. Normas, códigos y leyes
11. Auditorías y acciones correctivas
12. Mejora de los conocimientos sobre la seguridad de los proceso

De manera general, el capítulo referente a la **Administración de Riesgos de Proceso** su finalidad es proporcionar ejemplos de sistemas de administración que pueden ser implementados en una planta para identificar los peligros y acciones necesarias para reducir el riesgo de proceso. Así, los riesgos de proceso para ser identificados, reducidos y manejados son aquellos asociados con potenciales agudos a corto plazo debido a sus fugas de materiales peligrosos y tóxicos, inflamables, explosivos y reactivos. Aunque a largo plazo, la fugas crónicas pueden causar también serios daños al personal o al ambiente.

4.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

El primer paso en el Proceso de Administración de Riesgos es la identificación de los Riesgos: como se ilustra en el siguiente diagrama.



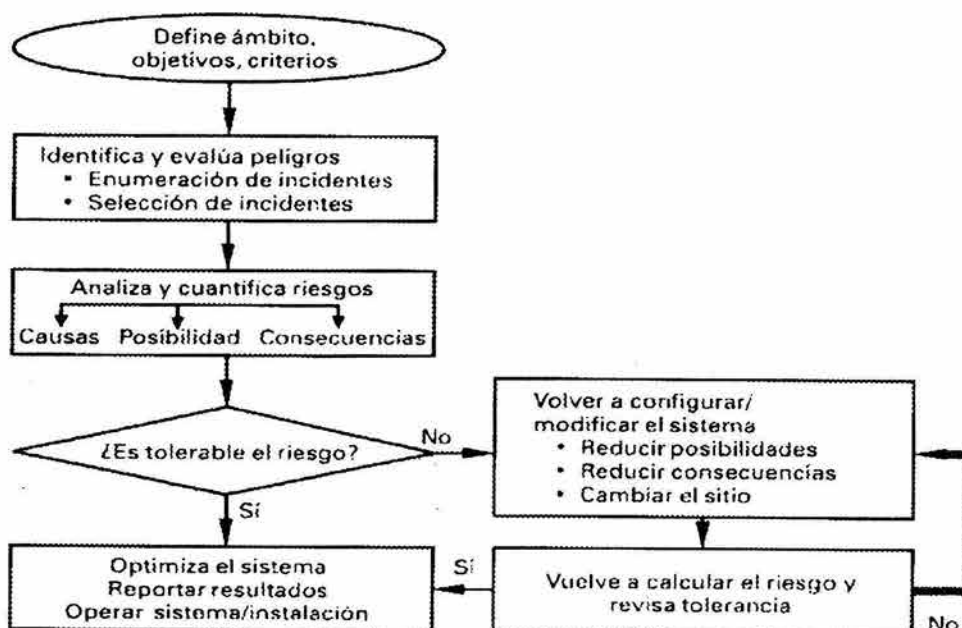
Existen métodos importantes que una planta puede utilizar para identificar los riesgos, por ejemplo: Listas de Verificación (checklists), ¿Que pasa si..?(WHAT-IF) , Análisis de Modos de Fallas y Efectos (FMFA), y Análisis de Peligros y Operabilidad (HAZOP). Sin embargo, lo esencial es que todos los riesgos mayores sean identificados, desde que esta es construida y en la cual se haga la reducción de riesgo o se administre el riesgo residual durante su operación.

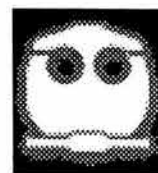
Estos doce elementos no son independientes, sino que alcanzan su máxima eficacia cuando se cumplen simultáneamente, de forma sinérgica. Su impregnación en la filosofía de la empresa, hace que el sistema alcance sus objetivos. De tal forma que la adecuación del sistema de gestión influye directamente en los resultados del sistema de seguridad de la empresa, a través de la creación de un entorno socio técnico favorable o desfavorable.

De este esquema, como lo establece dentro de un párrafo del prólogo de la Guía de Implementación, *“Por primera vez todos los componentes y elementos esenciales de un modelo técnico de un programa de administración de la seguridad en los procesos químicos han sido reunidos en un documento”*. Se piensa que a partir de estos Lineamientos tuvo lugar la necesidad de crear y desarrollar otra Guía de Lineamientos para desarrollar cada uno de los 12 elementos, dentro de los cuales se encuentra precisamente los **“Lineamientos para los Procedimientos de Evaluación de Riesgos”**, donde su contenido es la descripción de las técnicas y procedimientos para el Análisis e Identificación de Riesgos.

FIGURA II.6

Análisis de peligros y modelo de administración de riesgos de seguridad. Adaptado del Análisis de Riesgos Cuantitativos de los Procesos Químicos CCPC/AICHE 1989





CAPITULO 3

Descripción de la técnicas de identificación de riesgos para análisis de riesgos

CAPITULO 3

DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS PARA ANÁLISIS DE RIESGOS

Los conocimientos y la experiencia permiten establecer reglas generales, apoyándose en normas y reglamentaciones que se deben cumplir, pero la seguridad a exigir e implantar en una instalación o en un proceso concreto intrínsecamente peligroso precisa de *una evaluación puntual de los peligros existentes*. Esta evaluación, que conocemos como **Identificación de Riesgos**, nos permitirá *señalar y conocer los riesgos* y evaluarlos de manera cualitativa y, si cabe o se dispone de la información suficiente, también cuantitativamente. Ello no es tarea fácil cuando el riesgo viene determinado por la gran diversidad de factores de peligro o de posibles fallos en su mayoría concatenados entre sí. Es imprescindible discernir y considerar todos los fallos significativos para estimar sus consecuencias y la probabilidad de acontecimiento, para posteriormente conocer el riesgo de que sucedan determinados accidentes. Finalmente, el establecer un programa de recomendaciones y de control de los mismos. Así, a continuación se describen 10 técnicas ampliamente utilizadas en toda la industria que van desde la identificación global de riesgos de una instalación hasta el desglose de un proceso particular de la misma.

"Es muy posible que el hombre de las cavernas, debió de alguna manera, de sopesar los riesgos de cazar animales grandes para obtener alimentos y vestido. Una referencia de una tribu llamada Asipu que vivió en el Valle del Éufrates y el Tigris alrededor de 3200 a.c., menciona que los Asipu servían como consultores sobre decisiones riesgosas tales como matrimonios y nuevas ubicaciones para construcciones. Identificaban dimensiones importantes del problema y acciones alternativas. Los Asipu también observaban los presagios de los dioses, que ellos consideraban especialmente calificados para interpretar. Luego creaban un expediente con los puntos a favor y en contra y recomendaban la alternativa más favorable; tal vez el primer caso de una análisis de riesgo estructurado."

3.1.- ANÁLISIS HISTÓRICO DE LOS ACCIDENTES

El análisis histórico de los accidentes es una herramienta de identificación de riesgos que hace uso de los datos recogidos en el pasado sobre los accidentes industriales. La ventaja de ésta técnica radica en que se refiere a accidentes ya ocurridos, por lo que los peligros identificados con su uso reflejan en gran medida la problemática de una instalación para ser estudiada con mayor profundidad

DESCRIPCIÓN GENERAL

La técnica se basa en la recopilación de accidentes con productos químicos en forma de banco de datos en donde se encuentra almacenada la información relacionada a los mismos. La selección sistemática de la información relativa a diferentes accidentes ocurridos en el pasado en planta químicas y actividades de alto riesgo, ha permitido en algunos casos, la acumulación de datos concretos sobre una determinada situación, equipo u operación, por ejemplo: carga o descarga de pipas, transporte de materiales peligrosos, procesos de fabricación de un determinado producto, zonas de almacenamiento, actividades de llenado, escapes, fugas y derrames de materiales peligrosos.

En numerosos casos, el número de accidentes registrados es suficientemente elevado como para permitir una deducción de información significativa. En éstas condiciones es posible observar una determinada "pauta" presente en el origen de un determinado porcentaje de accidentes. En otras ocasiones es posible simplemente identificar un cierto número de situaciones, operaciones o errores que han favorecido el inicio de un accidente en un tipo de instalación determinado, con algún material utilizado o actividad. En todos éstos casos el conocimiento de la información adecuada permite de alguna manera, el establecimiento de "puntos débiles o focos de alerta" en el sistema cuya seguridad quiere estudiarse.

OBJETIVO

El conjunto de éstas vías de investigación permite elaborar el historial del accidente; ya que la información contenida en éste historial resulta de gran utilidad para:

- I. Detectar medidas técnicas u organizativas para reducir la probabilidad de que se repitan los accidentes.
- II. Elaborar medidas de protección internas y externas que reduzcan las consecuencias probables del eventual accidente.
- III. Contrastar o comparar los modelos de evaluación de efectos y consecuencias.

REQUERIMIENTOS Y/O INFORMACIÓN NECESARIA

La recopilación de la información de un accidente debe constituir una verdadera investigación: por lo que el estudio detallado del accidente puede enfocarse, a grandes rasgos, de dos formas distintas:

- La evaluación de la magnitud de las consecuencias: daños a personas, bienes o medio ambiente.
- El establecimiento de la situación que prevalecía con anterioridad al accidente y de la secuencia de sucesos que lo provocaron.

En la participación de éstos formularios y de la investigación debe efectuarse por personal técnicamente preparado para obtener información relevante y realizar una búsqueda eficiente, consecuentemente llegar al objetivo esperado. Evidentemente el inconveniente de ésta metodología es el acceso a bases de datos cuando la mayoría de las empresas no las posee ni las pone a disposición; debe tenerse en cuenta, sin embargo, que algunas bases de datos son comercializadas y es posible adquirir la información deseada pagando previamente la licencia correspondiente para su utilización. Por otro lado, no son la única fuente de información ya que esta puede ser recabada por otros medios, que en un momento dado, son gratuitos o su acceso es muy simple pues se encuentran en bibliotecas, instituciones gubernamentales o asociaciones, como se describe a continuación:

TABLA III.1		
Fuentes de Información		
No.	TIPO	CARACTERISTICAS
1.	Informes redactados en la misma planta, compañía o gremios. Asociaciones civiles	Suelen ser detallados y completos. Incluyen también incidentes o casi-accidentes.
2.	Información Pública	Normalmente corresponde a los accidentes de cierta importancia que

		aparecen publicados en la prensa. El tratamiento periodístico acostumbra a revestirse de dramatismo; también presenta los inconvenientes inherentes a una publicación muy rápida (errores, inexactitudes, redactados por personal no especializado, etc). A pesar de esto, su carácter de aparición inmediata hace que pueda ser un complemento útil en cualquier investigación posterior.
3.	Informes o sumarios judiciales	Tienen la ventaja de incluir al mismo tiempo causas y efectos. Están disponibles pero con cierto retraso, que en algunos casos puede ser considerable.
4.	Investigaciones de la administración	Pueden ser muy rápidas y completas; pero en muchos casos son secretas o de difusión restringida
5.	Archivos de empresas aseguradoras	Pueden tener información bastante completa, pero su utilización es restringida o para su uso propio
6.	Instituciones gubernamentales, Institutos y Centros de Investigación.	Su carácter aprovecha el poder acceder a los hechos reales y los edita como informes técnicos y alta confiabilidad. Por esta misma razón tienen un costo y son conocidos comercialmente como Bancos de Datos y son reconocidos.

METODOLOGÍA

El método de análisis empleado no es estructuralmente complicado. La recopilación de la información debe efectuarse de forma sistemática, teniendo específicamente con claridad que datos desean obtenerse y con qué nivel de detalle, definiéndose así el objetivo principal. Sin embargo, de forma general debe comprender los siguientes aspectos:

1. Identificación de fuente o fuentes de información.
2. Tipo de actividad (transporte, proceso, carga, etc)
3. Tipo de industria (petroquímica, farmacéutica, papelera, etc)
4. Tipo de proceso (reacción, operación unitaria, servicios, etc)
5. Principales sustancias implicadas
6. Condiciones climáticas, sociales, económicas, etc.
7. Datos generales de la ocurrencia: fecha, hora, causa o suceso inicial, secuencia, sistemas implicados en la secuencia. Descripción general del mismo.
8. Tipo de accidente (incendio, explosión, nube tóxica, escape o fuga de producto, etc)
9. Identificación de las consecuencias sobre la población interna y externa, sobre las instalaciones de la planta y el medio ambiente
10. Medidas que fueron adoptadas para evitar futuros o nuevos accidentes.

TABLA III.2
Fuentes de información. Bancos de datos.

Banco de Accidentes	Núm. de casos registrados (Período)	Accidentes	Procedencia de los datos	Observaciones
OSIRIS-1	3000 (1970-1990)	Con sustancias peligrosas. Incluye: transporte, instalaciones	General	País: Italia. Consulta y respuesta por fax o formato electrónico Idioma: Inglés
OSIRIS-2	2500 (1977-1992)	Con hidrocarburos	Oil Spills Intelligence Report, que recopila todos los casos ocurridos en el mundo	País: Italia (Igual que el anterior) Actualizado anualmente
MHIDAS	5330 (De forma continua desde 1985; recopilación de datos desde 1966 y algunos importantes anteriores a la fecha)	Con sustancias peligrosas. Incluye Almacenamiento, transporte y proceso; principalmente para instalaciones químicas y petroquímicas. No contempla accidentes en instalaciones petroleras, minas o nucleares	Fuentes públicas generales	País: Reino Unido Obtención de los datos: 1.- Por contacto directo 2.- Por consulta on line 3.- Electrónico (CD-Rom) Idioma: Inglés
FACTS	15000 (creado en 1980, contiene datos desde 1930, aunque la mayoría corresponde al período de 1960-1993)	Con sustancias peligrosas; incluye: almacenamiento, transporte, carga/descarga, proceso y uso.	Fuentes públicas generales, investigaciones propias, informes técnicos procedentes de compañías privadas u organismos estatales	País: Holanda Consulta: off-line, disponible en disco para PC Anualmente actualizado Idioma: Inglés
SONATA	2500 (Un 94% corresponde al período 1960-1980, un 5% al período 1930-1960 y el resto a accidentes anteriores a 1930)	Igual que la anterior.	Fuentes públicas	País: Italia Ha dejado de actualizarse Idioma: Inglés
MARS	167 (1984 a la actualidad)	Igual que la anterior	Información pública sobre accidentes en instalaciones de los países de la Comunidad Europea afectados por la directiva de Seveso.	Banco de datos de los accidentes notificados a la Comunidad Europea para la aplicación de la Directiva de Seveso. En 1991 se publica un informe sobre las enseñanzas adquiridas en éstos accidentes. Actualmente en proceso de actualización y cubriendo 121 casos. Idioma: Inglés

Esta información se recopila en formatos o formularios y puede variar dependiendo de la disponibilidad de las fuentes de información, alcance e interés acompañado de la confiabilidad de las mismas. La elaboración de éstos formularios no debe tomarse como algo sin mucha importancia, ya que deben ser claros y suficientemente detallados como para admitir cualquier tipo de información disponible. Por ello, éste método es muy similar a efectuar una Investigación de Accidentes, siendo quizá la única diferencia el tiempo y el lugar. Es muy importante tener en cuenta que cuando se utiliza la información, lecciones y experiencias, contenidas en cualquier fuente de información o especialmente cuando se introduce dicha información en los formularios, que cualquier razonamiento o cálculo basado en información o datos dudosos conduce irremediamente a resultados dudosos, como en cualquier caso.

El procedimiento general del tratamiento de la información puede ser el siguiente:

- a) Ubicación y selección de las fuentes de información

- b) Recopilación de la información y/o datos
- c) Elaboración de una ficha de síntesis o formulario con cada accidente (selección eventual de la información válida entre toda la recopilada procedente de distintas fuentes o la misma)
- d) Selección de los datos que se someterán a tratamiento estadístico o análisis.
- e) Obtención de las recomendaciones, medidas o focos de alerta.
- f) Elaboración de un reporte final que contenga: las situaciones que ocasionaron el accidente agrupadas por su valor de frecuencia, los aspectos que agravaron el accidente, las recomendaciones y medidas sugeridas, normas y legislación aplicable, así como todos aquellos aspectos que puedan motivar a la organización, pérdidas económicas, multas y sanciones, etc.

VENTAJAS Y LIMITACIONES

En cuanto a sus ventajas se pueden citar las siguientes:

- I. Ésta es una técnica que identifica riesgos concretos y puede indicar a la Dirección de una empresa que en otras instalaciones análogas, que procesan o manejan sustancias o productos similares ha ocurrido un tipo determinado de accidente, lo que deberá ser suficiente para iniciar un análisis de riesgo que indique si es o no factible que el accidente tenga lugar en la empresa en cuestión. Es decir, ayuda a sensibilizar a la compañía.
- II. Es, además, un medio muy valioso para una verificación posterior de los modelos de que se dispone en la actualidad en la predicción de las consecuencias de accidentes.

En cuanto a sus limitaciones:

- I. La instalación objeto de estudio no es exactamente igual a las que ya han sufrido accidentes.
- II. El número de accidentes que han ocurrido en el pasado y de los cuales se tiene información es limitado, y estos accidentes no son representativos de todos los que pueden ocurrir.
- III. La información obtenida de las fuentes puede ser incompleta y, en muchas ocasiones inexacta, errónea o de uso restringido.

- IV. No da información sobre todos los accidentes posibles sino únicamente sobre los que han sucedido y se han documentado hasta la fecha.
- V. El acceso a los bancos de información de datos implica un cierto costo.

RESULTADOS Y APLICABILIDAD

Sus resultados son muy simples y concretos, siendo básicamente, la experiencia y enseñanzas de sucesos de alto impacto, la identificación de riesgos representativos de la instalación y su consiguiente concientización. Adicionalmente, permite dar una idea real del riesgo potencial de la instalación y por consiguiente la implementación de medidas de seguridad básicas, apego a normas correspondientes o de un análisis más detallado con otra técnica, así como, verificar los modelos de predicción de efectos y consecuencias con datos reales. Sin embargo su aplicación está limitada para instalaciones con procesos nuevos o innovadores de los cuales no existe ninguna experiencia previa.

3.2.- ANÁLISIS ¿QUÉ PASA SI ...? (WHAT-IF)

El estudio WHAT-IF (por sus siglas en inglés) es una de las técnicas más simples para llevar a cabo una identificación de riesgos (entre ellas pueden citarse las Listas de Verificación de Cumplimiento "Check List", y los Análisis Preliminar de Riesgos) y aun cuando es mucho menos estructurado que los Estudios de Riesgo y Operabilidad (HAZOP), su aplicación presenta algunas analogías evidentes.

El método tiene un ámbito de aplicación muy amplio ya que depende del planteamiento de las preguntas que pueden ser relativas a cualquiera de las áreas del proceso o instalación que se proponga la investigación. Las preguntas se formulan en función de la experiencia previa y se aplican, tanto a proyectos de instalación, como a plantas en operación, siendo muy común su aplicación ante cambios propuestos en procesos existentes. Debido a ésta falta de estructuración requiere mayor experiencia por parte de los componentes del grupo que lo lleva a cabo, de lo contrario son más que probables omisiones importantes.

DESCRIPCIÓN GENERAL

El método no requiere desarrollos cuantitativos especiales o una planeación extensiva. Utiliza sólo la información específica de un proceso para generar un especie de preguntas de tipo lista de verificación. Un equipo especial prepara una lista de preguntas llamadas “¿Qué pasa si...?” aplicada a desviaciones en diseño, construcción, modificación y operación. Incluso sirve también para justificar las alteraciones, modificaciones y ampliaciones con fuertes costos. Las cuales son contestadas colectivamente por el grupo de trabajo y resumidas en forma tabular.

Esta técnica es ampliamente utilizada durante las etapas de diseño del proceso así como durante el tiempo de vida o de operación de la planta, incluso cuando se introducen cambios al proceso o a los procedimientos de operación. Las preguntas se realizan sobre áreas concretas, por ejemplo: seguridad eléctrica, protección contra incendios, instrumentación de un equipo determinado, almacenamiento, manejo de materiales, o el proceso en sí, por un equipo de dos o tres expertos que poseen documentación detallada de la instalación (que puede no serlo tanto), procedimientos de operación y acceso a personal de la planta para generar información complementaria. Detrás de ésta metodología, el análisis es un proceso de especulación. La lista de cuestiones de *¿qué pasa si...?* puede ser elaborada al inicio o durante el avance del estudio para fortalecerla. En esta técnica es importante primero definir los tipos de riesgos del proceso como los límites del alcance del estudio. Estos riesgos pueden incluir alguno de los siguientes: incendio, explosión, liberación de gases tóxicos, reacciones involuntarias, etc.

Por lo general, de la aplicación de la palabra ¿Qué pasas si...? se obtienen sugerencias de sucesos iniciadores y fallos posibles, a partir de los cuales puede producirse una desviación peligrosa. De la cual posteriormente se determinaran las propuestas o recomendaciones para su solución y esto en un momento pueda servir de justificación en cambios o alternativas.

OBJETIVO

De acuerdo a lo descrito, los objetivos básicamente pueden ser:

- I. Identificar los problemas en diseño y operación que puedan ocasionar accidentes. Incluso previo a la ejecución de cambios y modificaciones durante la vida útil de la empresa.
- II. Cuestionar el resultado de la presencia de sucesos indeseados que puedan provocar consecuencias adversas.
- III. Sin analizar el porqué se generan las fallas, establecer los métodos o recomendaciones para la solución de los problemas detectados.

REQUERIMIENTOS Y/O INFORMACIÓN NECESARIA

Al igual que en los estudios HAZOP se requiere personal con amplio entendimiento del proceso volviéndose sumamente dependiente de la experiencia y conocimiento de quienes participan, pues el análisis solamente generará resultados apropiados si el grupo que lo realiza es experimentado. Así, para la conformación del equipo es recomendable contar con:

- Un ingeniero de Procesos y/o Proyectos*
- Un ingeniero de Instrumentación*
- Un ingeniero de Seguridad*
- Un líder del equipo que es personal con experiencia en la técnica (que incluso puede ser alguno de los miembros anteriores)*
- Un secretario*

Los miembros del equipo pueden ser sustituidos o ingresar otros especialistas de otras áreas en función del desarrollo del estudio.

En cuanto a la información requerida es necesario que se encuentre disponible al inicio del trabajo para poderlo desarrollar sin interrupciones. La información comúnmente requerida se muestra a continuación.

TABLA III. 3	
Información Mínima Requerida	
I. Diagramas de Flujo de Proceso:	
1. -Condiciones de operación:	
<input type="checkbox"/> Sustancias utilizadas con propiedades físicas y químicas (HDSS)	
<input type="checkbox"/> Presión, temperatura, flujos Balances de materia y energía	
2. Descripción del proceso y los equipos	

II. Plano de distribución de equipos e instalaciones (<i>Plot Plan</i>)
III. Diagramas de Tuberías e Instrumentación (P&ID): 1. Controles: <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Sistemas de control<input type="checkbox"/> Alarmas y sus funciones 2. Instrumentación: <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Cuadros (Tipo de instrumentación neumática o eléctrica)<input type="checkbox"/> Indicadores<input type="checkbox"/> Monitores
IV. Operaciones: 1. Responsabilidades y obligaciones del personal. 2. Sistemas de comunicación. 3. Procedimientos: <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Mantenimiento.<input type="checkbox"/> Permisos de trabajo peligrosos.<input type="checkbox"/> Operaciones normales.<input type="checkbox"/> Emergencia.

La última parte de la recopilación de la información es la preparación de las preguntas. En este aspecto, otros métodos como las Listas de Inspección o *Check List* o el HAZOP pueden sugerir ideas para el desarrollo de las preguntas, además de la experiencia y creatividad del equipo.

METODOLOGÍA

La revisión empieza con una explicación básica del proceso, utilizando la información disponible, por parte de quien mejor conozca el sistema. En el equipo es conveniente que intercambien cuestiones para asegurar el buen camino de la técnica. En ocasiones es posible que se formen varios equipos para el desarrollo del estudio WHAT-IF en la instalación, sin embargo, al inicio no se recomienda que trabajen de forma aislada.

a) Para iniciar el estudio, es necesario decidir qué categorías de consecuencias serán consideradas. Las alternativas son el riesgo externo (población y ambiental), el riesgo ocupacional y el riesgo económico. En algunos casos la selección puede ser referida a una área específica mayor, como el riesgo hacia otras secciones de la planta, una población o instalaciones vecinas.

b) El segundo paso es definir los límites fijos para el estudio, por ejemplo: decidir que secciones de las instalaciones pueden producir consecuencias indeseables, en las que se está interesado en considerar y dejar fuera del estudio, naturalmente, las secciones donde no se encuentran materiales peligrosos.

Paralelamente se definirá a los miembros del equipo que deberán participar, evidentemente, requiere un conocimiento básico del sistema y la disposición para combinar o sintetizar las desviaciones posibles ya comentadas, por lo que normalmente es necesaria la presencia de personal con amplia experiencia para poder llevarlo a cabo; incluso este puede ser rotado dependiendo de su nivel de conocimiento en la sección de estudio analizado.

c) El tercer paso es realizar una revisión completa de toda la información requerida la cual puede incluir: diagramas de tuberías e instrumentación, diagramas de flujos de proceso, planos generales de localización de equipos, descripción del proceso, etc. La mayoría de éstas revisiones pueden hacerse en escritorio, si así se prefiere, pero si no están suficientemente esquematizados, detallados o actualizados será necesario revisarlos en campo para determinar la instalación real.

d) A continuación se deberán de preparar el juego de preguntas ¿Qué pasa si..? sobre los elementos que componen el sistema analizado. Este juego de preguntas puede ser modificado conforme avance la revisión. Normalmente las cuestiones se formulan por un equipo de dos o tres personas especialistas en las áreas, los cuales necesitan documentación detallada de la planta, del proceso, de los procedimientos y posibles entrevistas con personal de operación.

Por ejemplo, considerando un tanque que es alimentado por un sistema de bombeo de un líquido peligroso (hidróxido de amonio):

¿Qué pasa si la bomba de llenado del tanque falla al paro?

¿Qué pasa si la válvula falla en el cierre?

¿Qué pasa si la alarma de alto nivel no funciona?

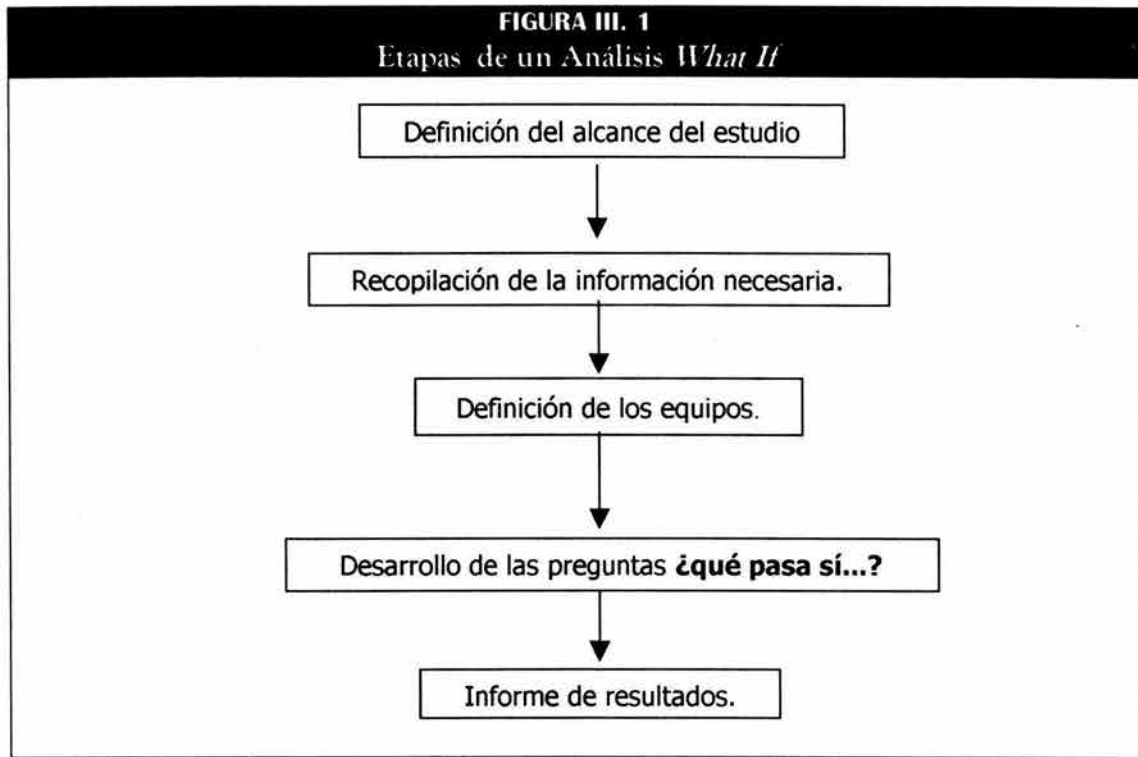
¿Qué pasa si el operador ignora o no se percata de la alarma de alto nivel?

Siendo el esquema típico de la formulación de las preguntas el siguiente:

“¿Qué pasa si (uno de los elementos del sistema puede ocasionar un accidente o simplemente falla, o no tiene la respuesta que se espera)?”

El equipo de trabajo empieza sus preguntas al iniciar el proceso y las prosigue a lo largo del mismo. En ocasiones el método puede centrarse en determinadas

consecuencias específicas (seguridad personal, por ejemplo), como se indicó al inicio.



El método no analiza la situación de cómo ocurre el suceso iniciador, es decir, se asume que la alarma de alto nivel puede fallar, pero el modo en que falla no es importante en éste análisis. Sin embargo, las personas deben ser muy cuidadosas en la selección del escenario para no “caer en subjetividades inoperantes o ilógicas”... de ahí la importancia del líder del equipo y la experiencia de quienes participan.

e) El grupo de revisión, a continuación, toma la información que ha sido reunida junto con la lista de preguntas y comienza la revisión real. Ellos ubicaran cada pregunta contestándola e identificando las condiciones inseguras de operación, así mismo, sugiriendo posibles soluciones a dichos problemas. Es común que el grupo de trabajo requiera más información o recomiende estudiar más escenarios conforme avanza su revisión.

f) Los resultados del análisis pueden ser presentados en forma de tabla que incluya:

- La pregunta ¿Qué pasa si (elemento del proceso)?

- La descripción de la correspondencia entre riesgo-consecuencia y su recomendación
- Evaluación crítica basado el la potencialidad del suceso.

TABLA III. 4 FORMATO DE LA TABLA DE INFORMACIÓN DE WHAT IF			
Empresa: Área o Depto: Sección o equipo analizado:		Proceso:	Fecha: Revisión Plano: Hoja:
Pregunta "¿Qué pasa si?"	Respuesta (Riesgo-Consecuencia)	Criticidad* (Cualitativa)	Recomendaciones

* NOTA: PUEDE CONSIDERARSE (NULO, BAJO, MEDIO, ALTO) O NO DENTRO DEL ESTUDIO.

Algunos criterios que pueden ser utilizados para establecer la evaluación crítica son: Valoración de riesgo estimado. Esta asignación puede ser expresado cualitativamente en términos, como son: **Nulo, Bajo, Medio y Alto**. La relación de éstos términos puede designarse por la cercanía de los valores umbrales límites de las sustancias tóxicas o límites de explosividad o condiciones extremas del proceso. El posible número de trabajadores afectados en el área. Este numero puede ser expresado como evacuación general de planta, **Alto**; aproximadamente el 50% de los empleados son afectados o requiere evacuación parcial o ser albergados, Local Menor: **Medio**; referido exclusivamente al área de estudio, es decir, menos o igual al 10% de los empleados son afectados, **Bajo y Nulo** naturalmente cuando no hay daños.

Pérdida de equipo. Esto puede ser expresado en términos económicos con valores de (nulo, bajo, medio, alto), también usando valores apropiados o relacionados a tiempos muertos o paros (nulo, minutos, hora, días, meses).

Estos valores servirán para establecer prioridades en la tabla de resultados, incluso para ordenar los mismos por importancia. Sin olvidar que en un momento dado son arbitrarios y subjetivos.

VENTAJAS Y LIMITACIONES

Las ventajas que representa ésta metodología son las siguientes:

1. Es fácil de aplicación y por lo tanto relativamente rápida y de bajo costo.
2. Método creativo con una visión de trabajo en equipo.

3. La técnica es flexible; puede ser aplicada a todas las secciones de la planta, proceso y en cualquier momento de vida de la instalación (diseño, operación, modificaciones, etc)
4. Puede utilizarse en procesos por lote (batch)

En cuanto a las desventajas que representa la técnica son:

1. Fácilmente puede pasar por alto los riesgos potenciales ya que:
 - Carece de estructura y sólo se basa en una revisión conceptual.
 - Su efectividad depende de la experiencia del equipo de trabajo, de ahí la importancia de la selección y para no “gastar” tiempo en vanalidades.
 - Requiere de un entendimiento básico de las operaciones de proceso y de los procedimientos.
 - Requiere que la información como DFP’s, DTI’s, etc. estén actualizados.
 - Su exhaustividad depende más del conocimiento y experiencia del personal que lo aplica que de la técnica en sí.
2. Los resultados sólo son cualitativos; la valoración crítica asignada es a nivel general, relativa a la objetividad del estudio, que sólo establece una prioridad representativa y no numérica.
3. No identifica las posibles causas de las desviaciones, por lo que las recomendaciones pueden no aplicar en su totalidad a su corrección (causa-efecto-recomendación enfocada a la causa).

RESULTADOS Y APLICABILIDAD

El resultado de la aplicación de la técnica será un listado de posibles escenarios incidentales o áreas problema que, bajo ciertas circunstancias podrían llevar a accidentes desde menores a catastróficos, sus consecuencias y las posibles soluciones o métodos recomendados para prevenir, reducir o mitigar los riesgos. Estos son tan reales o aplicables tanto como la participación del personal directamente involucrado en las actividades de la planta y en la solución de las mismas. Por otro lado, si se aplica la columna de valores cualitativos de criticidad se pueden priorizar las soluciones y de esta forma justificar los cambios, modificaciones, extensiones o inclusive clausuras de áreas.

Como en otros estudios, la presentación de los resultados es básica para garantizar una aplicación correcta de las conclusiones. Estas deberán ser revisadas por el director de planta para garantizar que las conclusiones son transmitidas a cada uno de los responsables para las diferentes actuaciones.

3.3.- ANÁLISIS DE RIESGOS Y OPERABILIDAD (HAZOP)

El Análisis de Riesgos y Operabilidad (HAZard and Operability Análisis, HAZOP¹) es un método que fue diseñado en Inglaterra en la década de los 60's (1963) por Imperial Chemical Industries (ICI) para aplicarlo al diseño de plantas de fabricación de pesticidas; en una época en que se aplicaban en otras áreas las técnicas de análisis crítico. Estas técnicas consistían en un análisis sistematizado de un problema a través del planteamiento y respuestas a una serie de preguntas (¿cómo?, ¿cuándo?, ¿por qué? ¿quién?, etc.). La aplicación de estas técnicas al diseño de una planta química nueva puso de manifiesto una serie de puntos débiles en la identificación de los riesgos.

La definición dada por Chemical Industry Association (CIA) es:

La aplicación de un análisis crítico, formal y sistemático a un proceso o proyecto de ingeniería de nueva instalación para evaluar el riesgo potencial de la operación o funcionamiento incorrecto de los componentes individuales de los equipos, y los consiguientes efectos sobre la instalación como conjunto.

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

DESCRIPCIÓN

¹ Conocido también como Análisis de Riesgo y Operabilidad, traducción estricta del inglés, o Análisis Funcional de Operabilidad (AFO) o Análisis Operacional (AO), sin embargo, se utilizará el acrónimo HAZOP por ser el más utilizado.

La técnica de peligros y operabilidad, que fue desarrollada por la industria química, tiene un amplio uso para identificar y evaluar la seguridad del proceso de planta, peligros ambientales y procesar problemas que podrían afectar la eficiencia operativa (por ejemplo: la productividad, calidad del producto, o costo operativo) o para la seguridad. El uso del HAZOP, que ha crecido considerablemente en años recientes, se ha difundido aún más con la promulgación del estándar OSHA PSM en Estados Unidos.

El propósito es descubrir paulatinamente todas las desviaciones creíbles de un proceso, sistema o subsistema y determinar las consecuencias específicas que podrían surgir de cada una. Un HAZOP involucra un examen metódico y sistemático de los documentos de diseño que describen las instalaciones por un grupo multidisciplinario, que identifica los problemas de riesgo en el proceso que pueden causar un accidente. Las desviaciones del valor de diseño o los parámetros clave son estudiados utilizando palabras guía, las cuales guían el análisis. Esto supone que los valores de diseño de las variables de proceso como son: flujos, presión, temperatura, concentración, etc, son inherentemente seguras y operables.

La técnica se basa en el hecho de que las desviaciones en el funcionamiento de las condiciones normales de operación y diseño suelen conducir a un fallo del sistema. La identificación de éstas desviaciones se realiza mediante una metodología rigurosa y objetiva, que es recabada en un formato que facilita su sistematización, lo cual hace que disminuya la probabilidad de omitir aspectos importantes del análisis. El fallo del sistema puede provocar desde un paro de poca importancia del proceso hasta un accidente mayor de graves consecuencias.

El equipo de estudio HAZOP (como normalmente se le llama) examina cada segmento de un proceso para identificar todas las desviaciones significativas de condiciones operativas normales, describir cómo podrían ocurrir y contabilizar los medios disponibles para detectar y corregir las desviaciones. El equipo multidisciplinario utiliza un enfoque estructurado de **lluvia de ideas** para identificar y

analizar peligros y problemas de operabilidad resultantes de las desviaciones del diseño normal y las operaciones.

Los estudios HAZOP pueden ser utilizados con efectividad para revisar operaciones continuas o por lote y han demostrado ser útiles en revisiones de procedimientos de operación y como una herramienta para identificar fuentes potenciales de error humano. Además, su capacidad de atender fallos múltiples (la causa más común de los incidentes) es invaluable. Por último, proporciona un beneficio importante para las compañías al reunir a profesionales del proceso y seguridad de la organización y su interacción.

OBJETIVO

Como objetivos se describen los siguientes:

- I. El HAZOP es una técnica deductiva para la identificación, evaluación cualitativa y prevención de riesgos potenciales y de los problemas de operación derivados del funcionamiento incorrecto de un sistema o proceso. El análisis pretende mediante un protocolo relativamente sencillo, estimular la creatividad de un equipo de expertos con diferente formación para encontrar los posibles problemas operativos.
- II. Esta técnica es empleada durante el diseño de un proyecto, establecimiento de una instalación industrial; cuando se realizan cambios mayores o significativos en los procesos o simplemente a una ya existente.

REQUERIMIENTOS Y/O INFORMACIÓN NECESARIA

El desarrollo de un análisis HAZOP requiere como paso preliminar la formación de un equipo de trabajo multidisciplinario con distintas funciones, conocido como equipo HAZOP. Es importante que haya personal de las siguientes áreas:

Ingeniero de Proyectos: habitualmente la persona encargada de mantener los costos del proyecto dentro del presupuesto, su participación puede ser al final de la técnica.

Ingeniero de Procesos: su función es básicamente el conocimiento del diseño del proceso y del entendimiento en forma integral.

Ingeniero de Instrumentación y Control: su función es el determinar el modo y la forma de respuestas de los diferentes elementos de control que existen, así como las alternativas y/o la especificación de nuevos requerimientos.

Ingeniero de Producción: proporciona conocimientos y experiencia en la operación.

Personal del departamento de Investigación o Químico: su participación es especialmente importante cuando pueden presentarse reacciones poco habituales, así como por el conocimiento de la estabilidad química de los materiales.

Ingeniero de Seguridad: aporta el conocimiento de las regulaciones, códigos o prácticas en seguridad que deben considerarse y de que forma pueden aplicarse o implantarse, aportando su visión y la obligatoriedad de las medidas a adoptar.

Asesor en el Análisis e Identificación de Riesgos: su función primordial es la dirigir y/o coordinar del estudio, por lo que debe tener amplia experiencia es su aplicación, que no tiene porque conocer la planta en cuestión. Su misión consiste en actuar de "facilitador" asegurándose de que se sigue el procedimiento correcto y no se descuida ningún detalle, estimulando la discusión y la definición de conclusiones.

Secretario: su función es la llevar las notas de la lluvia de ideas y las conclusiones preliminares a las que llega el equipo por cada estudio.

La técnica requiere para ser desarrollada, que por lo menos si es durante el diseño, el sistema o proceso en sí sea completo en las partes más esenciales (que serán las estudiadas) y para instalaciones en funcionamiento la información esté actualizada. El grado de detalle de la información disponible condiciona en cierta medida el nivel de profundidad del análisis y la correcciones del mismo, volviéndose así fundamental para su aplicación. En la siguiente tabla se establece la información que puede ser necesaria para la realización del estudio, aún cuando ésta puede variar dependiendo de la fase del proyecto:

TABLA III. 5	
Información mínima requerida en la realización de un HAZOP	
AREA	INFORMACIÓN REQUERIDA
Ingeniería. del Proceso	Estudios previos realizados o de investigación. Descripción del proceso Diagramas de flujo de proceso DFP´s, de tubería e instrumentación DTI´s Isométricos, arreglos generales de equipo Descripción detallada de los servicios Química del proceso

	Inventario de materias primas, insumos, productos y/o productos secundarios y residuos. Normas y estándares de operación, prácticas recomendadas. Legislación en seguridad y protección ambiental aplicable.
Substancias	Hojas de datos de seguridad; descripción de la peligrosidad, propiedades fisicoquímicas. Toxicidad: dosis de exposición, efectos sobre la salud y el ambiente, etc.
Equipos	Características: materiales de construcción, normas y estándares de diseño. (Hojas de datos) Condiciones de trabajo y límites de operación (temperaturas y presión máximas de operación)

La información de proceso, como en cualquier técnica, es necesaria para entender el funcionamiento del mismo, pero para el HAZOP que su desarrollo descansa en gran medida en ella, depende de tal forma que si no se cuenta con la mínima necesaria, disponible y actualizada será casi imposible efectuar la técnica y/o sus resultados serán insuficientes para el propósito del estudio. Lo cual se aprecia más adelante.

METODOLOGÍA

La primera fase del estudio HAZOP consiste en delimitar las áreas a las cuales se aplicará la técnica. En una instalación de proceso, considerada como el sistema objeto de estudio se definirán para mayor comodidad una serie de subsistemas o unidades que corresponden a entidades funcionales propias, como por ejemplo: preparación de materias primas, sistemas de reacción, separación de disolventes, plantas de fuerza o secciones específicas del proceso

a) Inicialmente para el desarrollo del análisis se establece la definición del objetivo del estudio y el alcance del mismo, los límites físicos de la instalación o el proceso que se quiere estudiar y de la información requerida. Además debe estudiarse el sistema o proceso ya definido para conocer la información disponible, prepararla y organizar el equipo de estudio; posteriormente planear la secuencia del estudio así como las sesiones de trabajo. Ello será labor del líder del equipo. En cuanto al tiempo dedicado a las sesiones es recomendable un tiempo de 2 horas las cuales pueden variar en función de cómo se va desarrollando la labor y lo fructífera de la misma.

b) Después del estudio previo se puede comenzar la técnica propiamente dicha, siendo necesario definir o seleccionar los elementos críticos que deben estudiarse; como son: reactores, separadores, mezcladores, tanques intermedios, etc. A continuación, sobre cada *nodo de estudio*, que corresponde a cada línea de flujo de

proceso de cada elemento seleccionado, y de forma secuencial y repetitiva, se aplican las palabras guía a cada una de las condiciones de operación del proceso, las sustancias y las variables que intervienen (flujo, presión, temperatura, nivel, tiempos, concentración, etc.).

Es aquí es donde la información del proceso disponible y actualizada nos permitirá reconocer y entender de forma inicial el proceso de estudio, su interacción con otros componentes y sus sistemas de alarma y respuesta, siendo así fundamental para su desarrollo. El que no éste disponible dejará muchas cosas a la imaginación e interrumpirá las sesiones para su comprobación o no podrá realizarse el estudios si estamos en la fase previa de construcción; el que no esté actualizada en procesos ya instalados o construidos implicará un trabajo que no este apegado a la realidad.

TABLA III. 6 Resumen de Palabras Guía y Variables de Procesos Comúnmente utilizadas en el Hazop			
PALABRA GUIA	SIGNIFICADO - INTENCIÓN	PARAMETRO DE PROCESO	EJEMPLO DE DESVIACIONES
No	No se consiguen las intenciones previstas en el diseño o suministros.	Temperatura Presión	No hay flujo en una línea
Más Menos	Aumentos o disminuciones cuantitativas sobre la intención del diseño o suministros	Nivel Reacción Composición	Menos agua, mayor velocidad de reacción, mayor viscosidad.
Además de	Aumento cualitativo. Se consiguen las intenciones de diseño y ocurre algo más.	Caudal Velocidad Tiempo	El vapor consigue calentar el reactor, pero además ocurre un aumento de temperatura en otros elementos
Parte de	Disminución cualitativa. Solo parte de los hechos transcurren según lo previsto.	Viscosidad Mezcla	La composición del sistema es diferente de la prevista.
En vez de u Otro	No se obtiene el efecto deseado. En su lugar ocurre algo completamente distinto. Sustitución parcial o total de los planeado.	Voltaje Adición Separación pH Material	Cambio de catalizador, fallo en el modo de operación de una unidad, parada imprevista.
Inversión	Se obtiene el efecto contrario al deseado.	Sustancia Servicio	El flujo transcurre en sentido inverso, tiene lugar la reacción inversa.

c) La aplicación de las palabras guía a cada nodo puede plantearse en los siguientes pasos:

I.- Como paso previo a cada una de las líneas de proceso suele especificarse la **intención**, es decir, el propósito que cumple en la planta en condiciones normales de operación, por ejemplo:

...proveer de vapor de calefacción al reactor R-12, con una presión, temperatura y flujo determinados.

II.- A partir de aquí la aplicación de las palabras guía permite **identificar desviaciones**, es decir, circunstancias en las cuales la intención definida no se cumple; por ejemplo:

... la presión en la línea es demasiado alta (mas), existen variaciones en el caudal (mas, menos, no), interrupciones en el suministro de vapor (no), etc...

III.- Las desviaciones producen **consecuencias** al sistema presentándose así el riesgo potencial que podría manifestarse en daños generalizados, por ejemplo:

... un calentamiento excesivo del reactor R-12, que produce una explosión...

IV.- Y a su vez tienen **causas** que dan origen a dichas consecuencias; estos problemas derivados del funcionamiento:

... errores humanos, fallo en una válvula de control, falta de instrumentación o un sistema de alarma,...

Para considerar una desviación en el análisis debe de tener consecuencias significativas y causas razonables.

V.- Una vez identificada una desviación con estas características, el paso siguiente consiste en **proponer soluciones correctivas** y evaluar su costo. En algunos casos se requerirá un análisis mas profundo, incluyendo por ejemplo, una simulación por computadora del accidente para estimar sus consecuencias y/o estudio de la probabilidad del suceso, con otra técnica.

En este caso el grupo HAZOP puede recomendar un estudio con mayor profundidad antes de sugerir la implementación de medidas concretas. Sin embargo, en la mayoría de las circunstancias el análisis HAZOP es suficiente para decidir la aplicación de medidas correctoras o incluso cambios mayores en el proceso.

VI.- Por último, es necesario garantizar un **registro sistemático de los resultados** del análisis HAZOP, que puede vaciarse en un formato característico en columnas como se muestra más adelante, que puede ser llenado a mano o en programas de computación que existen en el mercado con funciones que permiten un rápido examen de los registros anteriores.

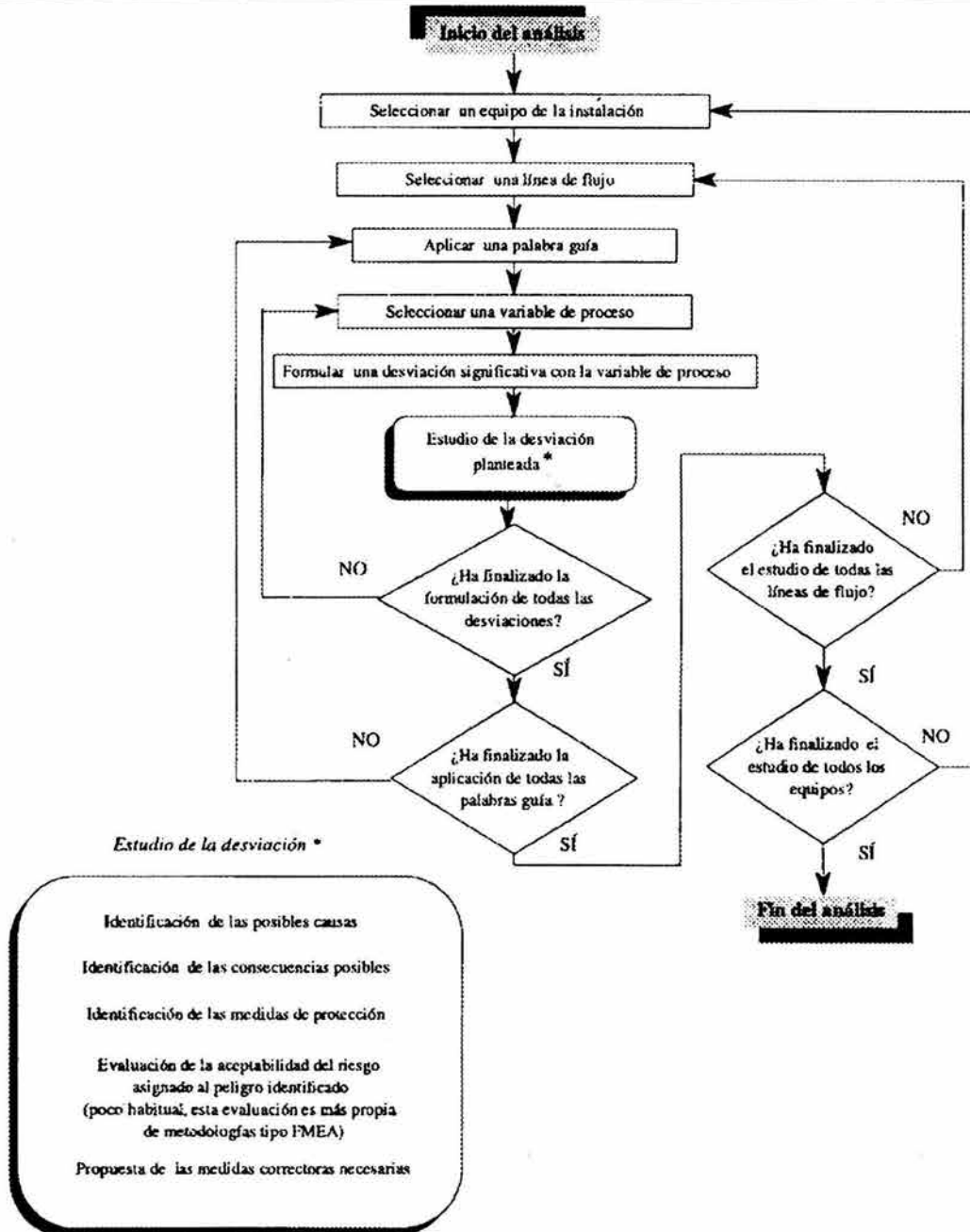
Un registro bien organizado también simplifica notablemente la elaboración de resúmenes o notas que pueden circularse a los miembros del equipo antes de la siguiente reunión, el listado de las cuestiones pendientes, e incluso, un archivo bien organizado, ayuda a realizar análisis nuevos con mayor eficacia, puesto que las ideas, desviaciones y soluciones propuestas incluso por otros equipos, pueden orientar para otras instalaciones de estudio. De ahí la importancia que el Secretario centre toda su atención en copiar las notas y comentarios que indique el líder del equipo.

TABLA III. 7
FORMATO DE LA TABLA DE INFORMACIÓN DE HAZOP

Empresa:		Área o Depto:		Fecha:	
Proceso:		Número de nodo:		Revisión	
Sección o equipo analizado:				Plano: Hoja:	
Intención de la línea analizada: (Explicación)					
PALABRA GUÍA	VARIABLE	DESVIACIÓN	CAUSA POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE CORRECCIÓN

d) Operando de ésta manera se generan las desviaciones significativas de las condiciones normales de operación. Finalmente, debe realizarse un repaso exhaustivo de los posibles funcionamientos anómalos para cada línea y posteriormente, para cada equipo seleccionado o proceso seleccionado.

FIGURA III. 2
Diagrama de esquematización de la técnica HAZOP



Una vez que minuciosamente se han identificado los riesgos, el propósito o meta y el alcance del Hazop han sido fijados. Entonces la cuestión es la asignación de grados de frecuencia y criticidad que se pueden asignar a dichas anomalías. Esta clasificación y asignación de valores de criticidad (o índice de gravedad) y frecuencia

que establecen los miembros del equipo, tiene por objeto el asignar la prioridad para la atención que debe prestar la Dirección sobre las soluciones y sistemas de protección a los riesgos identificados. La clasificación de parámetros de la matriz son fijados por el equipo HAZOP para la subsecuente protección de los riesgos identificados por su potencialidad como juzguen apropiado.

El ejemplo común para la asignación básica de los valores son los siguientes:

TABLA III. 8.1 Asignación de valores de Criticidad (Índice de Gravedad)		
NIVEL	DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTOS PARA SU MITIGACIÓN
I	CATASTRÓFICO	Efectos: <ul style="list-style-type: none"> • Causa muertes dentro o fuera de la instalación • Daños y grandes pérdidas en la producción cuantificadas en \$1,000,000.00 dls.
II	SEVERO	Efectos: <ul style="list-style-type: none"> • Múltiples daños • Daños y grandes pérdidas en la producción cuantificadas entre \$100,000.00 y \$1,000,000.00 dls.
III	MODERADO	Efectos: <ul style="list-style-type: none"> • Daños menores o simples • Daños y grandes pérdidas en la producción cuantificadas entre \$10,000.00 y \$100,000.00 dls.
IV	LIGERO	Efectos: <ul style="list-style-type: none"> • No causa daños • Daños y pérdidas en la producción menores a \$10,000.00 dls.

De forma similar, los valores de frecuencia son asignados por el equipo respecto a una base generalizada, siendo el siguiente:

TABLA III. 8.2 Asignación de Valores de Frecuencia	
NIVEL	DESCRIPCIÓN
A	Su ocurrencia es más de una vez por año
B	Su ocurrencia es entre 1 y 10 años
C	Su ocurrencia es entre 10 y 100 años
D	Su ocurrencia es entre 100 y 1000 años
E	Su ocurrencia con frecuencia es menor a 1 vez por 10, 000 años.

NOTA: LAS FRECUENCIAS SON SEPARADAS POR ORDENES DE MAGNITUD PARA ASISTIR EN LA INTERPRETACIÓN SI EL ANÁLISIS DE ÁRBOLES DE FALLA U OTRA TÉCNICA CUANTITATIVA ES REALIZADA DESPUÉS.

Los valores de riesgo serán asignados con la matriz de riesgos que proporciona una rápida y simple metodología para ordenar por prioridades. Los valores, entonces, definen una jerarquización que se describe a continuación.

FIGURA III. 3
Matriz de Riesgo

CRITICIDAD	- FRECUENCIA				
	A	B	C	D	E
I	1	1	1	2	4
II	1	2	3	3	4
III	2	3	4	4	4
IV	4	4	4	4	4

La matriz de riesgos es elaborada para proporcionar un grado de jerarquización de riesgos con bases de aceptabilidad o de minimización; es decir, esto proporciona con más facilidad valores para priorizar y ordenar acciones correctivas por parte de la Dirección.

TABLA III. 8.3
Asignación de Valores de Grado de Riesgo

RANKING	DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTOS PARA SU MITIGACIÓN
1	INACEPTABLE	Puede ser mitigado con controles administrativos o de ingeniería dentro de un periodo de tiempo de menor a 3 meses; suspender actividades o incluso paro total de la planta.
2	INDESEABLE	Puede ser mitigado con controles administrativos o de ingeniería; para valores de riesgos de 3 o menos, dentro de un periodo de tiempo de 12 meses.
3	ACEPTABLE CON CONTROLES	Puede ser verificado con controles y procedimientos desarrollados en el área.
4	ACEPTABLE	No requiere acciones para su mitigación

Esta calificación es utilizada para aprobar o alertar de forma preliminar sobre riesgos que representa para el centro de trabajo, riesgos para la sociedad y ambiente; y que por consiguiente son de interés primario. Sin embargo, cuando se obtienen valores de criticidad II y I, y especialmente esos con altos valores de frecuencia deben ser revisados estrechamente para determinar los efectos y los pasos para mitigarlo, también son los que más a menudo producen gastos o pagos tangibles cuando se manifiestan, por lo tanto justifican su financiamiento.

Finalmente, si se aplican los criterios mencionados, el formato de estudio Hazop quedaría de la siguiente forma:

TABLA III. 9
FORMATO DE LA TABLA DE INFORMACIÓN DE HAZOP

Empresa:		Área o Depto:			Fecha:			
Proceso:		Número de nodo:			Revisión		Hoja:	
Sección o equipo analizado:					Plano:			
Intención de la línea analizada: (Explicación)								
PALABRA GUÍA	VARIABLE	DESVIACIÓN	CAUSA POSIBLES	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE CORRECCIÓN	INDICE DE RIESGO		
						C	F	R

e) El informe final de un HAZOP deberá incluir la siguiente información o documentación:

- Esquemas simplificados con la situación y numeración de los nodos de cada subsistema.
- Formatos de recopilación de información de las sesiones con indicación de las fechas de realización e integrantes del equipo de trabajo.
- Análisis de los resultados obtenidos con la clasificación cualitativa de las consecuencias identificadas.
- Lista de las medidas, cambios, recomendaciones y su prioridad. Ello constituye una relación de puntos que deberán ser debidamente estudiados en función de otros criterios (impacto sobre el resto de la instalación, opciones técnicas, costo, etc.) y, si es posible, incluir información cuando se disponga de más elementos de decisión (frecuencia del suceso y sus consecuencias) .
- Lista de los sucesos iniciadores identificados.

VENTAJAS Y LIMITACIONES

Además de cubrir los objetivos para los cuales se utiliza la técnica, se pueden destacar, entre otras, las siguientes ventajas:

- I. Buena ocasión para contrastar distintos puntos de vista de una planta.
- II. Es una técnica sistemática que puede crear desde el punto de vista de seguridad hábitos metodológicos útiles. Su misma sistematización reduce la posibilidad de omitir causas de accidentes.

- III. Desglosa de forma muy detalla el origen de los problemas, correlaciona todas las consecuencias posibles de un mismo suceso y proporciona las mejoras necesarias al proceso.
- IV. Su desarrollo obliga a una disponibilidad y actualización de toda la información relacionada al proceso.

Como limitaciones:

- I. Es una técnica cualitativa. No hay una valoración real de la frecuencia de las causas que producen una consecuencia grave ni tampoco del alcance de la misma.
- II. Las modificaciones a la planta surgidas del HAZOP deben analizarse con mayor detalle y otros criterios (económicos, etc.).
- III. Los resultados obtenidos son muy dependientes de la calidad del equipo.
- IV. Es muy dependiente de la información disponible. Puede omitirse un riesgo si los datos de partida son erróneos o incompletos.

RESULTADOS Y APLICABILIDAD

El resultado principal de los análisis HAZOP es un conjunto de situaciones peligrosas, problemas operativos y una serie de medidas orientadas a la reducción del riesgo existente o a la mitigación de consecuencias de los problemas operativos. Las medidas pueden darse en forma de cambios físicos en las instalaciones, modificaciones a los procedimientos de operación o recomendaciones de estudios posteriores para evaluar con más detalle los problemas identificados o la conveniencia de las modificaciones propuestas y cambio en la secuencia de operación. Incluso si el proceso lo permite, puede haber cambios en los materiales y condiciones de operación.

El análisis Hazop es un instrumento de estudio muy indicado para procesos en fase de diseño y construcción, donde la documentación es totalmente actualizada y las recomendaciones del análisis no supone modificaciones costosas ni paros en la planta. Por otro lado, a causa de la laboriosidad de la técnica y del grado de detalle

que el estudio proporciona, el análisis HAZOP sólo es indicado para instalaciones específicas con procesos y no como método general de análisis.

3.4.- ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS Y SUS EFECTOS (Failure Modes and Effects Analysis, FMEA)

La técnica de Análisis de Modos de Fallas y sus Efectos (*Failure Mode and Effects Analysis*. FMEA; una descripción de una aplicación completa del método se incluye en el artículo de King y Rudd publicado en el AIChE J. *American Institute of Chemical Engineers Journal* en 1971 por primera vez); es un análisis sistemático, a menudo de duración considerable, que se realiza poniendo habitualmente énfasis en fallos de funcionamiento de componentes, siendo utilizada con mayor frecuencia en la industria nuclear.

DESCRIPCIÓN GENERAL

El Análisis de Modalidades de Fallo y sus Efectos (FMEA), es una técnica inductiva y cualitativa, que es directa en el análisis y consiste en un examen de componentes individuales con el objetivo de evaluar el efecto que un fallo de los mismos puede tener en el comportamiento del sistema. Este método se desarrolla con la tabulación de los equipos y sistemas de una planta o proceso, estableciendo las diferentes posibilidades de *fallo* y las diversas influencias (efectos) de cada uno de ellos en el conjunto del sistema o de la planta.

Los fallos que se consideran son, típicamente situaciones de anormalidad tales como:

- Abierto cuando normalmente debe estar cerrado.
- Cerrado cuando normalmente debe estar abierto.
- En marcha cuando normalmente debe estar parado.
- Paro cuando normalmente debe estar en marcha.
- Fugas cuando normalmente deba ser hermético, etc

En el contexto de éste análisis, una modalidad de fallo es un síntoma, una condición o un modo de operación asociado a la desviación funcional de un componente; el cual puede identificarse como:

- Una pérdida de función del componente: deja de funcionar
- Función prematura: actúa antes de que se produzca la demanda
- Función fuera de tolerancia (fallo o característica física indeseada): una fuga pequeña, observada durante una revisión (modo de fallo incipiente)

En el análisis FMEA todos los modos conocidos de fallo de los componentes se consideran por turnos (o por separado), y las consecuencias de fallo son analizadas y registradas.

Los efectos son el resultado de la consideración de cada uno de los fallos identificados individualmente sobre el conjunto de los sistemas o del proceso (el efecto es el accidente o respuesta del sistema a la falla). El método FMEA establece finalmente, qué fallos individuales pueden afectar directamente o contribuir de una forma destacada al desarrollo de accidentes de una cierta importancia en la planta. Éstos pueden ser los siguientes

- ❑ Fugas o escapes de materiales tóxicos
- ❑ Incendios (charcos, dardos, borbollones)
- ❑ Explosiones (confinadas y no confinadas)
- ❑ Daños a equipos y accidentes a los trabajadores

Es documentado típicamente en un formato tabular en el cual, en las columnas se muestra su desarrollo progresivo. Algunas veces, columnas son adicionadas para reflejar la importancia del modo de falla identificado con su inmediata consecuencia sobre el sistema, a través de una estimación cualitativa su criticidad (o índice de gravedad, que se analiza más adelante). Por su sistematización puede aplicarse para cambios en el diseño, operación y modificaciones del proceso existente y sea relativamente de fácil uso.

Este método no considera los errores humanos directamente, sino su consecuencia inmediata de una mala operación sobre el componente o sistema. Tampoco establece las *diferentes combinaciones de fallos de equipos o secuencias de los mismos* que pueden llegar a provocar un accidente final de mayores consecuencias.

OBJETIVO

El análisis FMEA tiene los siguientes objetivos.

- I. Como objetivo principal la examinación de componentes individuales haciendo la evaluación de los efectos de sus fallas en subsistemas o sistemas con especial énfasis en los mecanismos de fallos.
- II. En la etapa de diseño es útil para la identificación de protecciones adicionales, que puedan ser fácilmente incorporados para la mejora de equipos y sistemas.
- III. En la etapa de construcción puede ser utilizado para una evaluación de modificaciones que puedan surgir por cambios inducidos en campo.
- IV. En período de operación el FMEA es útil para la evaluación de fallos individuales que puedan inducir a accidentes potenciales.

REQUERIMIENTOS Y/O INFORMACIÓN NECESARIA

La técnica puede llevarse a cabo por un equipo de dos analistas que conozcan perfectamente las funciones de cada equipo o sistema, así como la influencia de estas funciones en el resto de la línea o proceso. Para sistemas complejos, el número de analistas deberá ser incrementado en función de la complejidad y especialidades a ser cubiertas.

Para una efectiva aplicación, debe disponerse de información que describa adecuadamente al proceso, la cual puede incluir:

- a) Diagramas de flujo de proceso y tuberías e instrumentación
- b) Diagramas eléctricos
- c) Procedimientos de operación
- d) Diagramas lógicos de instrumentación
- e) Información sobre controles e interdependencia; esto puede también incluir manuales del proveedor del equipo

El equipo que lleva a cabo el análisis debe tener la información suficiente como para comprender el diseño y la operación de un componente y su interacción del sistema del que forma parte.

Como personal participante es recomendable la participación de:

Un coordinador del análisis (conocedor de la técnica): debe tener experiencia en el FMEA y además experiencia sobre fallos de equipos y operación en estado transitorio.

El resto del equipo debe incluir experiencias complementarias, el cual puede ser:

Un ingeniero de control e instrumentación: que provea de los conocimientos de ingeniería de sistemas, incluyendo control

Un ingeniero de procesos familiarizado con el diseño de la instalación, funciones de los equipos y diseño mecánico

Un ingeniero de producción: que conozca el comportamiento del proceso y operación de la instalación del estudio o planta.

Es esencial que el equipo esté capacitado para analizar no sólo los efectos directos de un modo de fallo, sino una influencia en los parámetros de operación del sistema y las respuestas del controlador durante el estado transitorio. El tiempo dedicado es proporcional a la complejidad del proceso a estudiar, y es muy poco significativo intentar establecer un promedio de dedicación.

METODOLOGÍA

Inicialmente, al igual que en las técnicas anteriores, conocer el proceso de forma general para identificar los componentes individuales que serán analizados así como su interacción en el proceso completo, de tal forma, que el análisis puede desarrollarse a nivel de sistemas o de componentes, y ello debe definirse claramente al inicio de la técnica.

a) Definición del nivel de detalle; un ejemplo puede aclararlo mejor: si se estudia un proceso, se puede definir como sistemas de fallo: el sistema de alimentación, el sistema de mezcla, el de oxidación, el de separación de producto y los sistemas auxiliares. Para cada uno de estos grandes conjuntos, por ejemplo el de oxidación,

se podría estudiar los fallos en las bombas de alimentación, la bomba de refrigeración, la válvula de control del circuito de agua de refrigeración, el sensor de temperatura del reactor, el controlador de temperatura, la alarma de temperatura máxima, el transmisor, etc. ello es en forma general:

- Identificación de la planta y/o sistemas a analizar.
- Establecer los límites físicos del sistema de análisis. Ello implica definir los límites con otros sistemas. Un buen método es dibujar estos límites en un diagrama de flujo.

b) Los miembros del equipo deben aclarar definición del problema y condiciones de su entorno, es decir, deben recopilar la información necesaria para identificar tanto los equipos como su relación con el sistema o proceso, sus condiciones de operación, el funcionamiento de sus sistemas de control y alarma y su modo de respuesta en caso de presentarse alguna desviación.

c) Posteriormente es importante definir y conocer el formato de trabajo donde se vaciará la información; el tipo de tabla que es utilizado debe tener en cuenta, inicialmente, el nivel de detalle definido anteriormente, siendo recomendable un formato para cada sistema analizado. El formato para la recopilación de información puede ser el siguiente:

TABLA III. 10 FORMATO DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN FMEA				
Empresa:		Área o Depto:		Fecha:
Proceso:				Hoja:
Sistema:			Plano:	Referencia:
Equipo/ identificación	Designación / Función	Causas de Modo de Fallo	Posibles Efectos	Posibles acciones y/o recomendaciones

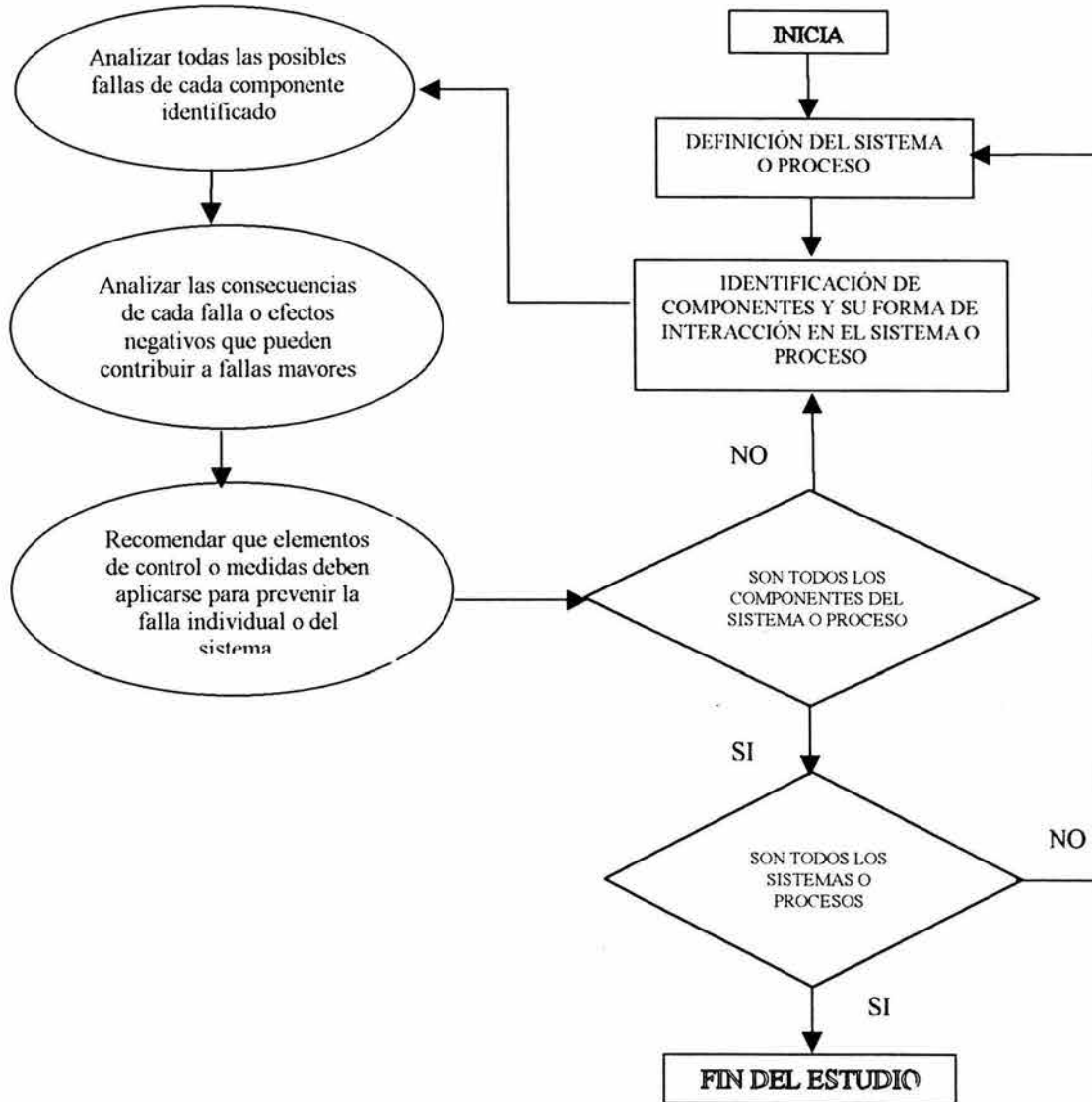
d) El llenado del formato debe ser completado de forma sistemática, reduciendo la posibilidad de omisiones. Un diagrama de flujo puede ser un buen auxiliar para este fin, es decir, a medida que se colocan los equipos en la lista se van tachando en el diagrama original de forma visible. En el desarrollo del estudio no debe dejarse

ningún equipo por completar antes de pasar al siguiente. Por lo que se sugiere tenerse en cuenta lo siguiente:

- Es recomendable identificación de equipos de forma biunívoca, utilizando, si es necesario, códigos o denominaciones particulares.
- Descripción de los equipos de forma que se incluya en la misma la función y posibles características básicas, como por ejemplo: *válvula accionada automáticamente, normalmente cerrada, en la línea de DN50 de sosa cáustica*
- Deben establecerse todos los modos de fallos para cada equipo en relación a sus condiciones normales de operación. Así, por ejemplo, *los fallos de una válvula de control normalmente abierta pueden ser:*

- Fallo en apertura*
- Cambio a posición cerrada*
- Fugas*
- Ruptura del cuerpo*

FIGURA III. 4
Etapas sistemáticas de un Análisis FMEA



En cualquier caso, deben limitarse las consideraciones a aquellas situaciones que puedan provocar consecuencias importantes.

Para cada fallo identificado, deben determinarse los efectos en otros equipos o en el sistema. Por ejemplo, una pérdida de líquido por el sello de una bomba tiene como efecto inmediato un derrame en la zona de la bomba. Si el fluido es inflamable,

puede preverse un incendio que pueda afectar los equipos vecinos. El analista puede introducir comentarios adicionales sobre los equipos afectados.

e) El resultado de un FMEA será una tabla de los efectos de los fallos de cada componente sobre el proceso o sistema. Los fallos identificados que provoquen consecuencias inaceptables deberán ser corregidos hasta niveles de aceptabilidad.

VENTAJAS Y LIMITACIONES

Como ventajas pueden mencionarse las siguientes:

1. Los resultados de un FMEA pueden ser utilizados como primer paso de análisis más detallados de partes especialmente críticas (HAZOP o Árboles de Fallos).
2. Los resultados que proporciona el método son cualitativos. Revelando la totalidad de las causas de forma singular que generan los fallos.
3. Sólo se analiza un equipo a la vez, enfocando toda su atención a éste, reduciendo así las omisiones. En todo caso, supone un análisis metódico y ordenado de todos los fallos que pueden presentarse en un equipo, sistema, proceso de una planta; y que puede evaluar las fallas posibles en futuras modificaciones en los componentes.
4. Ayuda a identificar las necesidades de adicionar sistemas protectores o redundantes y verifica la funcionalidad de los ya existentes.

En cuanto a sus limitaciones:

1. No analiza combinaciones de fallos, sólo analiza un componente a la vez y puede no revelar interacciones entre componentes y otros componentes del sistema.
2. Para obtener resultados apropiados se requiere un alto grado de experiencia por quienes realizan el estudio y naturalmente el conocimiento a detalle de los componentes.
3. No analiza el factor humano como elemento de genere desviaciones al sistema o proceso

RESULTADOS Y APLICABILIDAD

El análisis FMEA es, por tanto, una herramienta más, complementaria de las que ya se han descrito de identificación y análisis de riesgos. Al igual que en casos anteriores, el análisis no termina cuando se completa el formulario. Quedan por discutir todos aquellos casos que requieren un estudio posterior. Por otro lado, los modos de fallos identificados que dan lugar a efectos relevantes llevan consigo acciones correctoras, que el equipo propone o recomienda e incluso para su estudio por otros expertos. Normalmente tras un cierto período de tiempo suelen realizarse nuevas reuniones del equipo o de un grupo de seguimiento, con el objeto de evaluar el estado de la implementación de las recomendaciones realizadas.

Lo que obtiene es una colección de hojas de trabajo que muestran los resultados de las fallas de los componentes simples del sistema. Sin algunas indicaciones de la severidad de los efectos y como ocurren estos, todas las fallas que resultan en pérdidas del sistema son consideradas de igual forma.

Su uso puede ser, con limitaciones, alternativo a un HAZOP, aunque encuentre su mayor aplicación como fase previa a la elaboración de árboles de fallos, ya que permite un buen conocimiento de los sistemas

3.5.-ANÁLISIS DEL MODO, EFECTO Y CRITICIDAD DE LOS FALLOS (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis, FMEAC)

La técnica FMEA puede convertirse a una forma semi-cuantitativa si es que la importancia del modo de falla identificado y su inmediata consecuencia sobre el sistema es acompañada de una estimación de la gravedad y/o la expresión numérica de la probabilidad de ocurrencia. Cuando se incluyen estas columnas (principalmente el índice de criticidad), el análisis suele denominarse Análisis del Modo de fallo, Efecto y Criticidad de los fallos, FMECA por sus siglas en inglés.

DESCRIPCIÓN

La técnica es idéntica a la descrita anteriormente, la diferencia fundamental en relación con el FMEA, es que el FMEAC establece una relación entre los diferentes modos de fallo de un equipo o sistema y las consecuencias de cada uno de ellos sugiriendo o estableciendo una criticidad de cada uno de estos fallos. Es decir, establece un orden relativo de importancia de los fallos con la finalidad de priorizar los en función de las consecuencias o efectos en que derivan.

Como consideraciones generales de la metodología, se relacionarán todas las características indicadas en el FMEA, con los siguientes aspectos adicionales.

a) En la Tabla del Formato FMEA de Trabajo se adiciona una columna con el concepto de criticidad y otra para la probabilidad de la falla (si se cuenta con los datos de esta última).

TABLA III. 8 FORMATO DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN FMEA						
Empresa: Proceso:				Área o Depto:		Fecha: Hoja:
Sistema:				Plano:		Referencia:
Equipo / identificación	Designación / Función	Causas de Modo de Fallo	Posibles Efectos	Posibles acciones y/o recomendaciones	Probabilidad	Ind. De Gravedad

b) En cuanto a la definición del problema y las condiciones de entorno, se incluyen condiciones que pueden reflejar la criticidad de las consecuencias derivadas de los fallas analizados. Se ha sugerido, por parte del Centro para la Seguridad de los Proceso Químicos del AIChE/CCPS, la siguiente asignación de valores críticos o índice de gravedad:

TABLA III. 8.9 ASIGNACIÓN DE CRITICIDAD O INDICES DE GRAVEDAD (FMEAC)		
No.	EFFECTOS	Criticidad
1	Ninguno (sin efectos adversos)	1
2	Peligro menor para las personas y las instalaciones. No se requiere parada de proceso (riesgos bajos sin requerir parada)	2
3	Peligros para las personas y las instalaciones. Se requiere parada programada del proceso (riesgos altos que requiere parada normal)	3
4	Peligro inmediato para las personas y las instalaciones. Se requiere parada de emergencia. (peligro inmediato para el personal e instalaciones, requiere parada de emergencia)	4

c) La columna relaciona la probabilidad, puede ser opcional su consideración, si no se cuentan con los datos de tasas de fallos de equipos, accesorios e instrumentos; lo cual hace al método cuantitativo, pues aún con los valores de criticidad (índice de gravedad) no dejan de ser subjetivos, pues son asignados a juicio, criterio o experiencia de los miembros del estudio.

d) Cada uno de los fallos y sus efectos son comparados bajo los conceptos básicos definidos en el apartado criticidad, y se ordenan en función de ésta, jerarquizándolos.

e) En el informe final, se destacan los fallos que pueden provocar efectos de criticidad absolutamente inaceptables. Las actuaciones prioritarias irán dirigidas a aportar soluciones frente a estos fallos.

Con estas consideraciones adicionales, el resto del método FMEAC es absolutamente igual al FMEA.

RESULTADOS Y APLICABILIDAD

Alternativamente, al incluir la estimación de la criticidad de las fallas permite priorizar los riesgos y consecuentemente las recomendaciones justificando así la inversión realizada, apoyando al proceso de toma de decisiones primarias.

3.6.-ANÁLISIS DE ARBOL DE FALLOS (Fault Tree Analysis, FTA)

El método de análisis del "Árbol de Fallos" (FTA: Fault Tree Analysis²) fue desarrollado y utilizado por vez primera en 1962 por H. A. Watson, de Bell Telephone Laboratories, en relación con un contrato de Air Force para evaluar las condiciones de seguridad de los sistemas de tiro de los misiles ICBM Minuteman. A partir de ese momento, esta técnica ha sido profusamente utilizada y perfeccionada por parte de instalaciones nucleares, aeronáuticas y espaciales, extendiéndose después su empleo para la identificación y evaluación de riesgos a la industrias electrónica y química. Los árboles de fallos constituyen una técnica ampliamente utilizada en los Análisis de Riesgos debido a que proporcionan resultados tanto cualitativos como

² También conocido como "Árbol de fallos y errores" para permitir diferenciar los fallos de los componentes de las instalaciones y de los errores en el comportamiento humano

cuantitativos. En este apartado se describe únicamente la técnica en su aplicación cualitativa.

Si para la identificación y evaluación cualitativa de riesgos en procesos químicos es el Hazop, el procedimiento más utilizado, para su cuantificación el método de Árbol de Fallos, es un método clave, ya que, es el único que proporciona la lógica de la secuencia y desencadenamiento de sucesos o eventos intermedios para que ocurra el evento tope, que es el accidente.

DESCRIPCIÓN GENERAL

Esta técnica consiste en un proceso deductivo basado en las leyes del Álgebra de Boole, que permite determinar la expresión de eventos o sucesos complejos estudiados en función de los fallos básicos de los elementos que intervienen en él. De esta manera, se puede apreciar de forma cualitativa, qué sucesos son menos probables porque requieren la ocurrencia simultánea de numerosas causas.

Cuando, como resultado de la aplicación de otra técnica de identificación de riesgos como el HAZOP, WHAT IF, o Listas de verificación un sistema o proceso se detectan situaciones que llevan a graves consecuencias y que dada su importancia o trascendencia requiere de ser analizada con mas detalle, de cómo ocurre o los factores que la generan, es recomendada ésta técnica. En algunos casos es posible saltarse las etapas previas ya que el evento es tan perceptible que no requiere el desarrollo del análisis para su identificación.

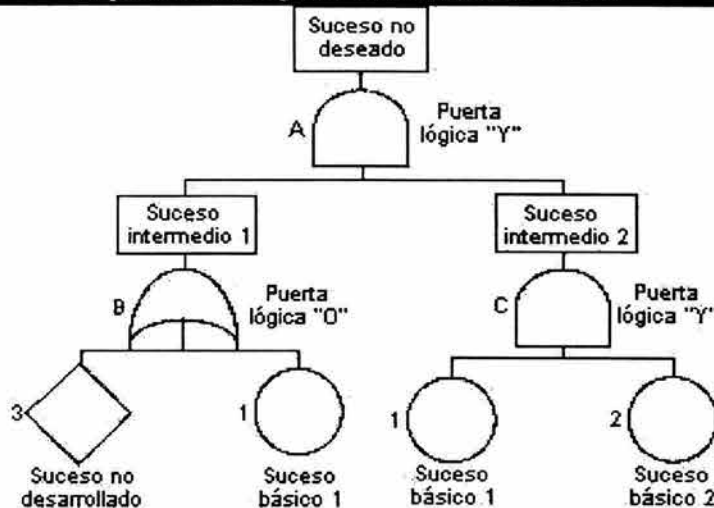
El análisis parte de la previa selección de un *suceso no deseado o evento tope que se pretende evitar*, sea éste un accidente de gran magnitud (explosión, fuga, derrame, etc.) o sea un suceso de menores consecuencia, pero de importancia o interés para la organización (fallo de un sistema de cierre, etc.) con la finalidad de averiguar en ambos casos los orígenes de los mismos. Seguidamente, de manera sistemática y lógica se representan las combinaciones de las situaciones que pueden dar lugar a la producción del evento tope de interés, que se quiere prevenir,

conformando niveles sucesivos de tal manera que cada suceso esté generado a partir de sucesos del nivel inferior, siendo el nexo de unión entre niveles la existencia de "operadores o puertas lógicas".

El árbol se desarrolla en sus distintas ramas hasta alcanzar una serie de "sucesos básicos", denominados así porque no precisan de otros anteriores a ellos para ser explicados. También alguna rama puede terminar por alcanzar un "suceso no desarrollado" en otros, sea por falta de información o por la poca utilidad de analizar las causas que lo producen.

Estos "sucesos básicos o no desarrollados" que se encuentran en la parte inferior de las ramas del árbol se caracterizan por los siguientes aspectos:

FIGURA III. 4
Representación gráfica del Árbol de Fallos



- Son independientes entre ellos.
- Las probabilidades de que acontezcan pueden ser calculadas o estimadas con mayor facilidad.

Los nudos de las diferentes puertas y los "sucesos básicos o no desarrollados" deben estar claramente identificados por una simbología.

La ventaja principal de esta técnica es su representación gráfica, que facilita la comprensión de la causalidad; de hecho, la técnica de Árbol de Fallos como tal es un

modelo gráfico en forma de *árbol* que ilustra la combinación lógica de fallos parciales que conducen a un fallo del sistema. La relación lógica entre los sucesos es representada por los operadores Y, O, INH (el operador condicional) utilizando álgebra booleana.

OBJETIVO

Como objetivos se pueden establecer los siguientes:

- I. Determinar la causalidad de un accidente al establecer las correlaciones de fallas iniciales e intermedias así como su conjunto de las mismas para que se produzca un accidente, como fallo global. Conjuntamente verificar los sistemas de control y/o de protección para un proceso específico de la instalación.
- II. Analizar los efectos de cambios o adición de componentes a un sistema, ya sea para su protección o por requerimiento del proceso.
- III. Identificar los patrones de falla, tanto mecánicos como humanos que puedan causar un accidente

REQUERIMIENTOS Y/O INFORMACIÓN NECESARIA

La información necesaria para su desarrollo se enlista a continuación:

- Diagramas de tuberías e Instrumentación DTI's
- Índice de líneas
- Dibujos y especificaciones de los equipos
- Procedimientos de operación
- Base de datos de la probabilidad de las formas de falla (esto es por si se requiere un desarrollo cuantitativo)

Para ser eficaz, un análisis por árbol de fallos debe ser elaborado por personas profundamente conocedoras de la instalación o proceso a analizar, y que a su vez conozcan el método y tengan experiencia en su aplicación; por lo que es preciso, el constituir equipos de trabajo multidisciplinarios, los cuales pueden ser:

- Ingeniero de seguridad (o Asesor Externo de experiencia en la técnica)

- Ingeniero del proyecto
- Ingeniero de proceso o de producción
- Ingeniero de Control e Instrumentación

Ello es con la finalidad para proceder a la reflexión conjunta que el método propicia. Sus funciones son básicamente las mismas que se han descrito en las técnicas anteriores.

METODOLOGÍA

Antes de iniciar el desarrollo de la técnica es importante tener en cuenta algunas definiciones que establece la misma para el establecimiento de los sucesos y consideraciones que ayudaran al entendimiento del mismo, así como los operadores.

Accidente o fallo del sistema, es denominado *suceso no deseado* o *evento tope* y son situaciones excepcionales objeto de estudio (causas de accidentes mayores). Es posible que estos accidentes hayan sido analizados mediante las demás técnicas de identificación descritas, pero se requiere un mejor conocimiento de sus causas.

Los fallos que se dan en sistemas o proceso pueden ser básicamente de dos tipos:

- Fallos primarios: aquellos atribuibles a defectos de los componentes y no a la interacción con el exterior (por ejemplo, una soldadura mal hecha, etc)

- Fallos secundarios: aquellos atribuibles a la interacción del exterior con los componentes (por ejemplo, la rotura de un motor eléctrico por giro inverso al conectar las fases al revés, etc.). Éstos siempre son el resultado de condiciones anómalas de funcionamiento y tienen una causa bien definida.

La distinción de los conceptos: sucesos o eventos iniciadores, protecciones del sistema e intervención operativa, ayudan en la elaboración y comprensión del árbol:

- Los suceso iniciadores, también denominados eventos o fallos primarios, son los responsables iniciales de una variación no deseada en el proceso.

- Las protecciones del sistema son aquellas que permiten frenar la propagación de la desviación de las condiciones normales de operación y se representan mediante las puertas lógicas INH.

- La intervención operativa es la última intervención del operador para evitar que se produzca el suceso no deseado.

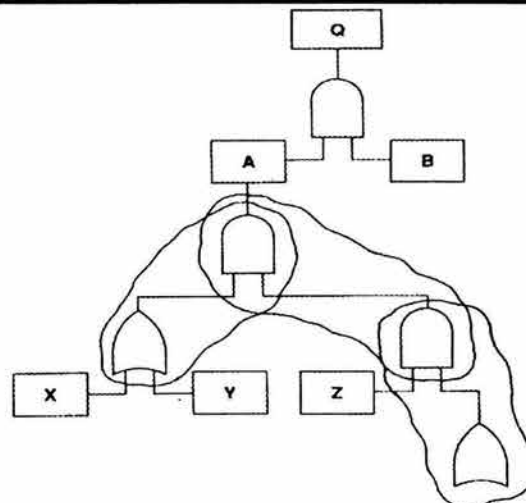
En la zonas intermedias del árbol que sirven para conectar los sucesos con el evento tope se encuentran:

- Sucesos intermedios, son los sucesos intermedios que son encontrados en el proceso de descomposición y que a su vez pueden ser de nuevo descompuestos. Se representan en el árbol de fallos en rectángulos.





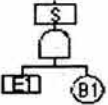

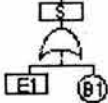

- Sucesos no desarrollados. existen sucesos en el proceso de descomposición del árbol de fallos cuyo proceso de descomposición no se prosigue, bien por falta de información, o porque no se considera necesario. Se representan mediante un rombo y se tratan como sucesos básicos.

Los conjuntos mínimos de corte o conjuntos minimales (minimal cut sets) son los diferentes conjuntos de fallos críticos que al producirse provocan la anomalía global del sistema. El conocimientos de éstos conjuntos de fallos primarios permite detectar los puntos débiles de la instalación analizada con la metodología.

FIGURA III.5
Conjuntos Mínimos de Corte de un Árbol de Fallos



Para la representación gráfica de los Árboles de Fallos y con el fin de normalizar la representación se han elegido ciertos símbolos que se representan en la siguiente tabla. (fuente: *Fault Tree Handbook*, 1987)

TABLA III. 9 Símbolos utilizados para la representación del Árbol de Fallos	
SÍMBOLOS	SIGNIFICADO DEL SÍMBOLO
	SUCESO BÁSICO. No requiere de posterior desarrollo al considerarse un suceso de fallo básico.
	SUCESO NO DESARROLLADO. No puede ser considerado como básico, pero sus causas no se desarrollan, sea por falta de información o por su poco interés.
	SUCESO INTERMEDIO. Resultante de la combinación de sucesos más elementales por medio de puertas lógicas. Asimismo se representa en un rectángulo el "suceso no deseado" del que parte todo el árbol.
	<p>PUERTA "Y"</p>  <p>El suceso de salida (S) ocurrirá si, y sólo si ocurren todos los sucesos de entrada (E1 B1).</p>
	<p>PUERTA "O"</p>  <p>El suceso de salida (S) ocurrirá si ocurren uno o más de los sucesos de entrada (E1 B1).</p>
	SÍMBOLO DE TRANSFERENCIA. Indica que el árbol sigue en otro lugar.

El primer paso para la elaboración del árbol de fallos es determinar los accidentes que se quieren desarrollar, deben establecerse los límites de la instalación; límites físicos, nivel de detalle de la resolución, condiciones iniciales del funcionamiento y otros sistemas de respuesta que actúan en el proceso.

El proceso finaliza cuando todos los fallos identificados son primarios y no es posible determinar sus causas, no interesa desarrollarlos o su explicación es implícita. En la técnica del árbol de fallos cabe destacar dos fases bien diferenciadas: la primera consiste en la elaboración del árbol y la segunda en el análisis de los resultados y en su tratamiento

a) Elaboración del árbol de fallos, en esta fase se integran todos los conocimientos sobre el funcionamiento y operación de la instalación con respecto del suceso estudiado.

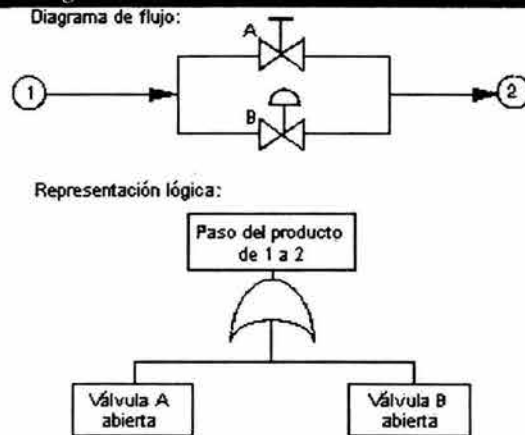
I.- El primer paso consiste en identificar el suceso "no deseado" o evento tope que ocupará la cúspide de la estructura gráfica representativa del árbol. De la definición clara y precisa del evento tope depende todo el desarrollo del árbol.

Con éste se establecen de forma sistemática todas las causas inmediatas que contribuyen a su ocurrencia definiendo así los sucesos intermedios unidos a través de las puertas lógicas. El proceso de descomposición de un suceso intermedio se repite sucesivas veces hasta llegar a los sucesos básicos o sucesos no desarrollados o componentes del árbol. Ello consiste en:

II.- Si alguna de las causas inmediatas contribuye directamente por sí sola en la aparición de un suceso anterior se conecta con él mediante una puerta lógica del tipo "O". Por ejemplo:

En el diagrama de flujo, el producto pasará del punto 1 al punto 2 si está abierta la válvula manual A o si está abierta la válvula neumática B, y su representación lógica es la especificada en la figura.

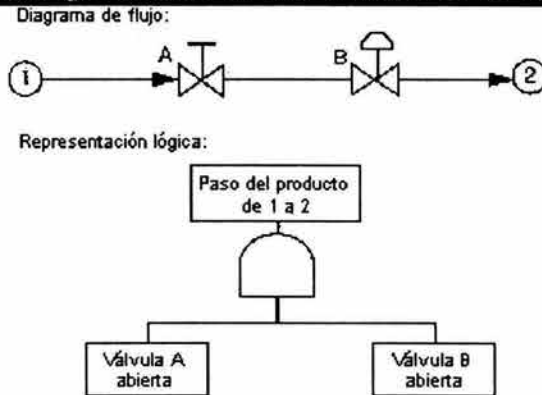
FIGURA III. 6
Representación gráfica del Árbol de Fallos. Puerta Lógica "O"



III.- Si son necesarias simultáneamente todas las causas inmediatas para que ocurra un suceso, entonces éstas se conectan con él mediante una puerta lógica del tipo "Y". Por ejemplo:

En el diagrama de flujo representado, tienen que estar abiertas simultáneamente las válvulas A y B para que pase el fluido del punto 1 al 2, y su representación lógica es la especificada en la figura.

FIGURA III. 7
Representación gráfica del Árbol de Fallos. Puerta Lógica "Y"



b) Tratamiento cualitativo del árbol de fallos

Para ello se reduce la lógica del árbol hasta obtener las combinaciones mínimas de sucesos primarios cuya ocurrencia simultánea garantiza la ocurrencia del evento tope. Cada una de estas combinaciones, también llamadas conjunto mínimo de fallo, corresponde a la intersección lógica (en Algebra de Boole) de varios sucesos elementales. Se obtendrá, por tanto, una lista de los conjuntos mínimos de fallos del siguiente tipo:

TABLA III. 10
CONJUNTOS MÍNIMOS DE FALLO O CORTE

Empresa:		Fecha:
Proceso:		Hoja:
Área o Depto:	Plano:	
Sistema:	Evento Tope:	
Conjunto mínimo fallos número	Orden	Composición

En la primera columna se indicará el número de conjuntos mínimos de un orden determinado. Se define como orden de un componente el número de elementos que en él figuran. Por último, la tercera columna describirá la composición de los conjuntos mínimos.

Del estudio y análisis de esta tabla se podrán sacar las conclusiones cualitativas sobre la importancia de cada suceso. En un estudio cualitativo también se puede llevar a cabo un análisis de importancia que consiste en determinar los elementos más relevantes en la estructura, en este caso independientemente de la probabilidad que pudieran tener. Así, el análisis consiste en asignar a todos los componentes una tasa constante igual para todos de 0,5 y calcular la medida de importancia de Fusell Vesely definida como:

Medida de importancia de Fusell-Vesely. Se define el factor de importancia de Fusell-Vesely respecto de un componente C como el cociente entre la suma de las probabilidades de todos los conjuntos mínimos que contienen a este componente y la probabilidad total (o suma de las probabilidades de todos los conjuntos mínimos). Su expresión es:

$$\frac{\sum_{i=1}^N p(C_i) \text{ } C \in C_i}{\sum_{i=1}^N p(C_i)}$$

donde:

C es el componente respecto del cual se calcula la medida de importancia

C_i es uno de los N conjuntos mínimos de fallos del sistema

p(C_i) es su probabilidad

C ∈ C_i representa que el componente C es uno de los componentes del conjunto mínimo de fallos C_i.

Este factor tiene en cuenta el número de conjuntos mínimos de fallos en que aparece un componente (frecuencia de aparición en el árbol) y los componentes a los cuales va asociado.

VENTAJAS Y LIMITACIONES

El análisis efectuado por la técnica de Árbol de Fallas es justamente una herramienta

compleja de aplicar, la cual requiere tiempo y es muy sistemática para su desarrollo.

A continuación se enlistan una serie de situaciones en las cuales puede ser utilizada la técnica:

- I. Es aplicable a sistemas en el cual al producirse un evento indeseado se sospecha que fue causado por más de un efecto, secuencia o un componente simple, es decir, una cadena de eventos.
- II. Aplicable cuando un evento indeseado puede ser parado por más de un sistema o función y se desea conocer su efectividad en la respuesta.
- III. Aplicable cuando existe una fuerte interacción entre sistemas
- IV. Es aplicable cuando existe varios sistemas de apoyo y se desea conocer su eficiencia
- V. Es aplicable cuando la frecuencia de un evento indeseado es necesario conocerla. (Esto naturalmente si se cuentan con los datos de fallas)

En cuanto a sus limitaciones se enlistan las siguientes:

- I. No es recomendado cuando eventos indeseados pueden ser causados por sucesos externos.
- II. No es aplicable cuando eventos indeseados no pueden ser detenidos, atenuados o mitigados por las características con que se diseñó el proceso.
- III. Generalmente no es aplicable cuando los sistemas o funciones estando consideradas no son apoyadas o soportadas por otros sistemas de relevo o seguridad.
- IV. Si no existe concatenación de componentes que permita determinar el camino de la falla y por tanto no puedan ser parados, no puede ser aplicado. Es decir, no se puede desarrollar en sistemas simples o sencillos.
- V. La elaboración de un análisis de Árbol de Fallos puede requerir mucho tiempo para instalaciones de gran tamaño o procesos grandes, incluso volver complejo en su entendimiento y concatenación de fallos, por lo que se sugiere sean descompuestos los eventos en sistemas más pequeños o sencillos. Podría no ser aplicado a todos los eventos con facilidad.

RESULTADOS Y APLICABILIDAD

Típicamente el análisis de árbol de fallas es aplicado solo a los riesgos críticos mayores, identificados en la planta después de la aplicación de otras técnicas generalizadas de identificación y análisis de riesgos potenciales.

El resultado final, es un juego de diagramas lógicos que ilustran como ciertas combinaciones de fallas y/o errores pueden resultar en accidentes específicos. Los resultados pueden ser cualitativos si el diagrama se limita a la lógica de los eventos; o cuantitativos si se cuenta con la base de datos de tasas de fallo. Es decir, como una herramienta cuantitativa, éste análisis es muy usado porque: (1) reduce la posibilidad del evento tope al determinar las falla y errores que pudieran causarlo; (2) establece como interactúan dichas fallas; (3) y cómo la probabilidad de cada uno de ellos determina la probabilidad global de ocurrencia del suceso de interés. Esto debe ir acompañado de una serie de prácticas o recomendaciones para la eliminación, reducción, control o mitigación de los fallos básicos e intermedios, para evitar el evento tope. De igual forma que otros métodos anteriores, sus resultados puede ayudar a motivar o incentivar a la aplicaciones de controles administrativos o de ingeniería justificando su inversión y priorizando el orden de los cambios necesarios.

Puede ser de especial utilidad en el análisis de procesos nuevos o desconocidos de los cuales no existe historia, incluso apoyarse en una base de datos confiable de otras instalaciones similares.

3.7.-ANÁLISIS DE ÁRBOL DE EVENTOS O SUCESOS (Event Tree Analysis, ETA)

El Árbol de Eventos o Sucesos es comparable en su forma con los árboles de decisiones, originalmente desarrollado para ayudar a los ejecutivos de negocios para elegir entre alternativas de planes de acciones que se encuentran bajo incertidumbre de eventos futuros. Esta técnica es utilizada para representar todo el espectro de posibles acontecimientos finales, de secuencias de eventos para una misma falla y que cada uno de los cuales tiene efectos en función de las acciones posteriores a

éste. El Árbol de Eventos o análisis de secuencias de sucesos es un método inductivo que describe la evolución de un suceso iniciador sobre la base de la respuesta de distintos sistemas tecnológicos o condiciones externas. Partiendo del suceso iniciador y considerando los factores condicionantes involucrados, el árbol describe las secuencias accidentales que conducen a distintos eventos.

DESCRIPCIÓN GENERAL

En la mayoría de los incidentes, un evento de inicio específico viene seguido de fallas o eventos adicionales antes de que el resultado final del evento sea comprendido (accidente: explosión, incendio, fuga de materias tóxico, etc). Un Árbol de Eventos muestra todos los resultados posibles, empezando por un evento de inicio y procede, a través de las capas de características protectoras que pueden presentarse o fallar conforme los efectos del accidente se propagan.

El Análisis de Árbol de Eventos se utiliza por lo común para analizar procesos complejos en los que varias capas de sistemas de seguridad o procedimientos de emergencia han sido instalados para responder a eventos de inicio específicos.

El Análisis de Árbol de Fallos, que se ha expuesto anteriormente, parte de un suceso determinado e investiga mecanismos razonables mediante los cuales éste puede tener lugar. A diferencia del procedimiento seguido en el AAF; el Análisis de Árbol de Eventos evalúa las consecuencias que pueden tener lugar a partir de un suceso determinado. No interesa tanto en éste caso estudiar como puede originarse el suceso iniciador sino cuales son sus posibles resultados. Por tanto, en la técnica de ETA se hace énfasis en un suceso inicial que se supone que ya ha ocurrido, y se construye un árbol lógico que conecta dicho suceso inicial con los efectos finales, donde cada rama del árbol representa una línea de evolución que conduce a un efecto final; o a la ausencia de éste si una secuencia de circunstancias favorables es capaz de anular sus consecuencias (éxito: funciona el sistema de seguridad; o fallo: se presenta el accidente).

Para completar exitosamente un ETA, los analistas deben conocer apropiadamente los eventos de inicio y las funciones del sistema de seguridad o los procedimientos de emergencia instalados para mitigar los efectos de cada evento de inicio.

OBJETIVO

El Análisis de Árbol de Sucesos es especialmente adecuado para:

- I. Estudiar las posibles secuencias de evolución de los acontecimientos tras un accidente y verificar los sistemas de alarma y mitigación.
- II. Esto permite analizar los escenarios posibles y establecer entre ellos una jerarquía en cuanto a su gravedad y verosimilitud, seleccionar situaciones de emergencia para su evaluación y,
- III. Preparar sistemas de control o respuestas a las mismas.

REQUERIMIENTOS Y/O INFORMACIÓN NECESARIA

Dado su similitud con el Análisis por Árbol de Fallas, esta técnica requiere en forma similar algunos de los mismos documentos, sólo que con menos detalle o a partir de que se identifica el suceso iniciador. La información necesaria se muestra a continuación:

- a) Diagrama de Flujo de Proceso DFP (o Nodo del proceso donde se identificó el suceso iniciador)
- b) Diagramas de tuberías e Instrumentación DTI's
- c) Sistemas de control, mitigación, alarmas o de seguridad.
- d) Dibujos y especificaciones de los equipos
- e) Procedimientos de operación
- f) Base de datos de la probabilidad de las formas de falla (si se pretende un desarrollo cuantitativo)

De forma análoga, para ser eficaz, un análisis por árbol de eventos debe ser desarrollado por personas con conocimiento de los eventos iniciales (fallas de equipo y errores humanos), los procedimientos y equipos de mitigación. La participación por parte del Asesor o Ingeniero de Seguridad es la de establecer que tipo de

consecuencias pueden presentarse si el evento tiene un desencadenamiento catastrófico; inclusive si es necesario y se dispone del método, estimar las consecuencias. Los miembros pueden ser los siguientes::

- Ingeniero de seguridad (o Asesor Externo de experiencia)
- Ingeniero del proyecto
- Ingeniero de proceso o de producción
- Ingeniero de Control e Instrumentación

Al igual que en la técnica anterior es con la finalidad para proceder a la reflexión conjunta que el método propicia.

METODOLOGÍA

Al igual que en las técnicas anteriores, es necesario conocer el proceso que va a ser analizado. Sin embargo, una vez determinada una posible falla no es tan importante conocer a detalle sus componentes de ella hacia atrás, más bien debe conocerse como interactuará esta con otros sistemas, una vez que ocurre como evento no deseado.

Para que la aplicación del Análisis de Árbol de Eventos tenga sentido, el suceso iniciador no debe estar demasiado cerca de los efectos finales, es decir, no resultaría adecuado definir como suceso iniciador la explosión de un reactor e investigar a partir de aquí sus posibles efectos como la magnitud de la onda expansiva, la formación de proyectiles, efectos dominó, etc. sino debe seleccionarse una desviación que no implique directamente el accidente final. Por ejemplo:

...el sistema de refrigeración resulta insuficiente, o la dosificación de alimentación al reactor es incorrecta...

y a partir de aquí analizar la respuesta del sistema.

Teniendo esto en consideración, el análisis de árbol de eventos se desarrolla de acuerdo con el siguiente esquema:

a) Identificación de los sucesos iniciadores relevantes. El suceso iniciador puede ser cualquier desviación importante, provocada por un fallo de equipo o por un error humano. Este suceso inicial puede tener consecuencias muy diferentes dependiendo

de los sistemas o mecanismos de seguridad. Por lo tanto el suceso iniciador puede dar origen a distintas secuencias de acontecimientos.

b) Posteriormente es la identificación de las funciones de seguridad diseñadas para responder al suceso iniciador, o en su defecto las consecuencias que puede llegar a generarse. Es aquí donde inicia el análisis inductivo, el cual está basado en el conocimiento de sistema para estimar sus posibles efectos, determina como responderán los sistemas concatenados a éste; es decir, como actuarán los sistemas de relevo o de seguridad, todo ello en función del sistema lógico de instrumentación, alarma o detección con que cuente el proceso estudiado. En esta fase es donde se muestra la habilidad y experiencia de los miembros que realizan el estudio, así como el líder del grupo para generar resultados lógicos y factibles.

Ejemplo:

Así, en el caso antes mencionado de que la dosificación de la alimentación sea incorrecta los eventos que podrían producirse serían los siguientes:

I.- Aumento en la velocidad de una reacción exotérmica, con pérdida de control de la misma;

II.- Mezcla que reacciona dentro de los límites de explosividad

En otros casos, el sistema será capaz de autorregularse, o simplemente la desviación no dará origen a un aumento del riesgo, e incluso ni siquiera a que éste se presente, aunque suponga una pérdida de eficacia en la operación. Así por ejemplo, una dosificación incorrecta de la alimentación conducirá en muchos casos a una extinción de la reacción por defecto de uno de los reactantes (relación estequiométrica modificada). Por otro lado, cualquier equipo industrial debe estar diseñado bajo elementos o estándares de seguridad capaces de hacer frente a la mayor parte de las desviaciones comunes (o más lógicas o esperadas).

Esto quiere decir que, aún en el caso de que la desviación origine un aumento importante en el riesgo de la operación, posiblemente el sistema tenga elementos de control (parada de alimentación, inyección de supresores de explosión, actuación de

sistemas de alivio de presión, etc.) capaces de corregir la desviación antes de que se produzcan consecuencias catastróficas. En caso contrario se deberán indicar el tipo de riesgo manifestado: fuga de material tóxico, incendio, explosión, atmósfera inflamable. Esto es en lo que consiste la técnica.

c) Una vez realizadas las dos primeras etapas (identificación de sucesos iniciadores y de las funciones de seguridad o más bien, de forma general, los eventos resultantes), se está en condiciones de efectuar la construcción de árbol de sucesos hasta los efectos finales.

La forma de representación típica del árbol de eventos es como se muestra a continuación, la cual puede incluir: valores de probabilidad de dichos eventos, lo cual, le da un carácter cuantitativo; o simplemente mencionarse los eventos sin éste dato, de forma cualitativa.

FIGURA III. 8
Representación gráfica del Árbol de Eventos, Cuantitativo.

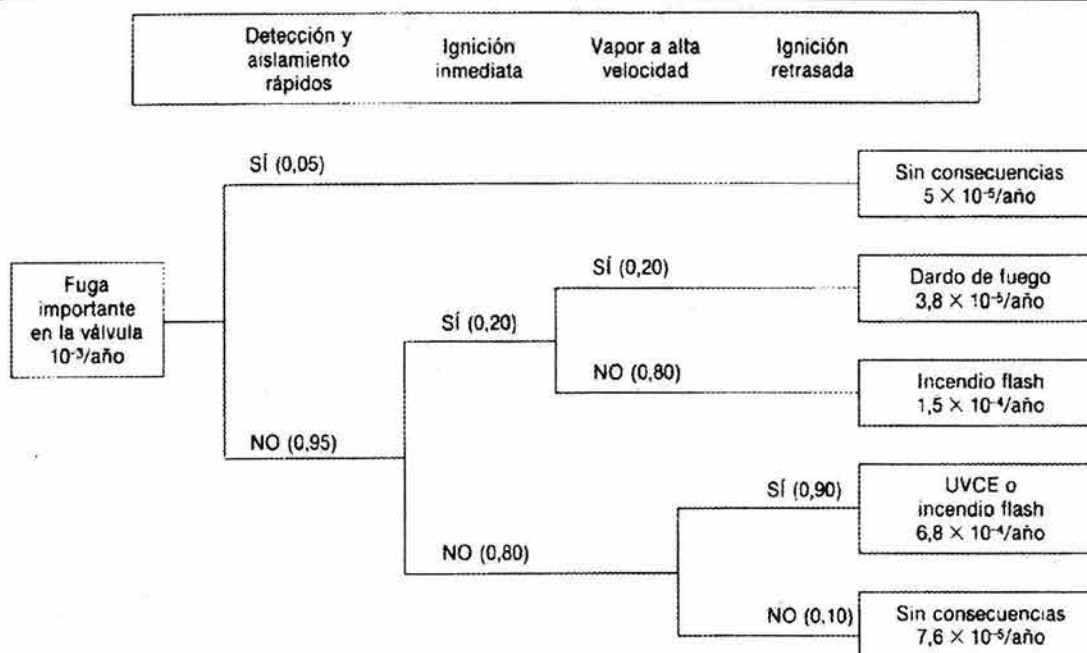
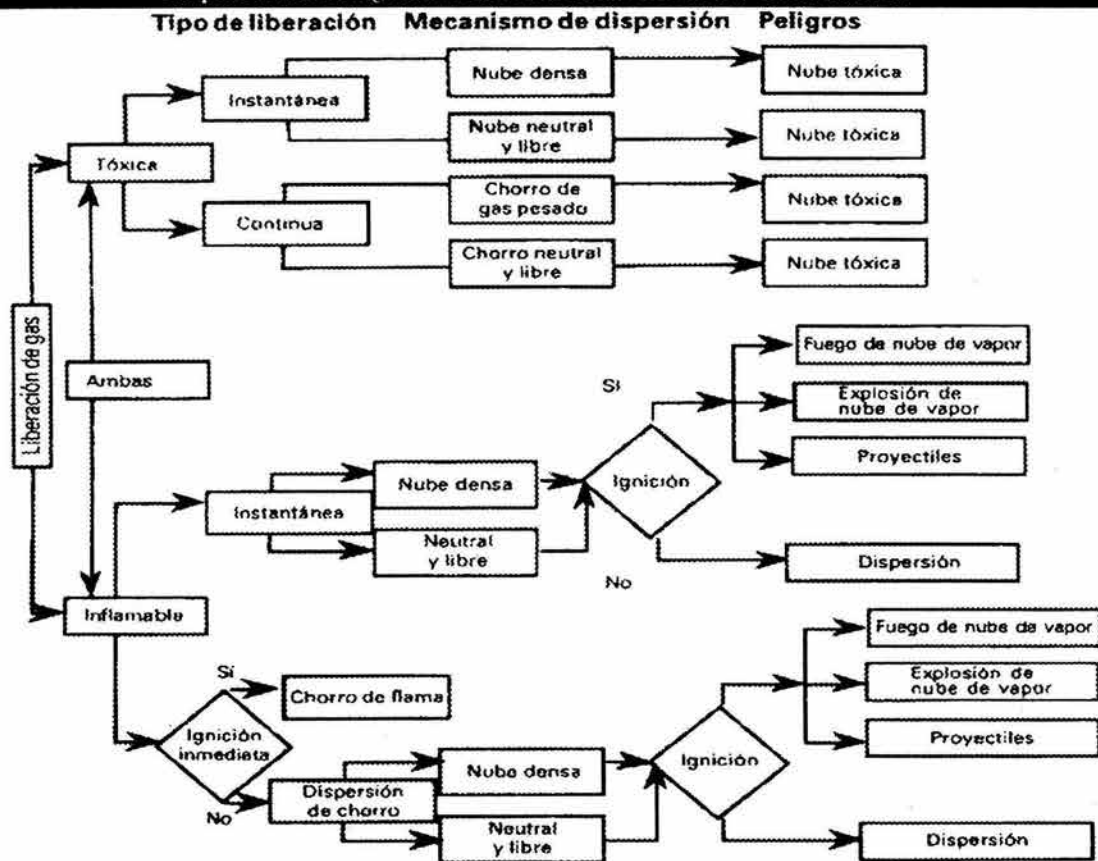


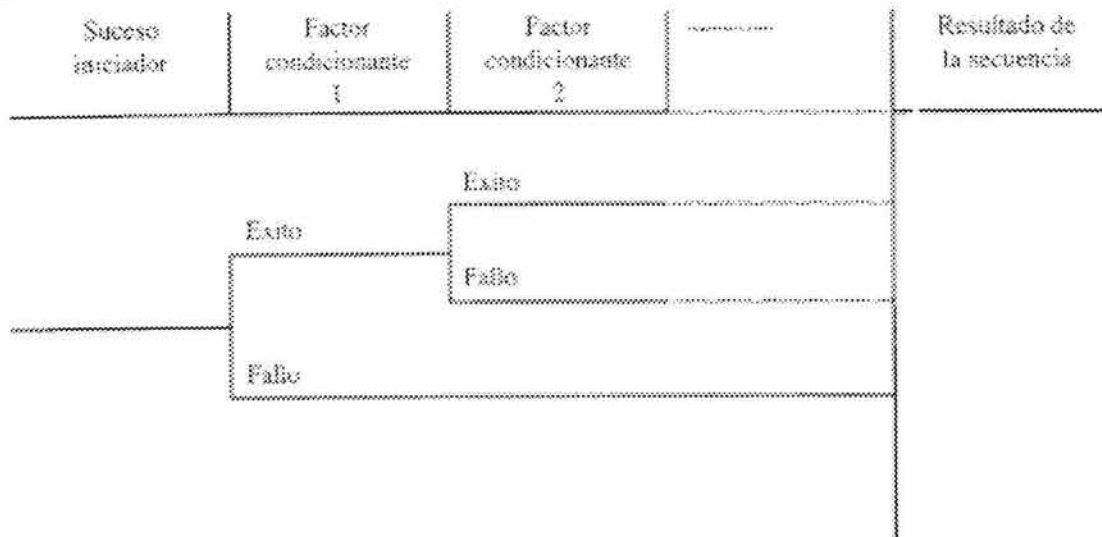
FIGURA III. 9
Representación gráfica del Árbol de Eventos, Cualitativo.



La construcción del árbol comienza por la identificación de los **factores condicionantes** de la evolución del suceso iniciador. A continuación se colocan éstos como cabezales de la estructura gráfica. Partiendo del iniciador, se plantean sistemáticamente dos bifurcaciones: en la parte superior se refleja el éxito o la ocurrencia del suceso condicionante y en la parte inferior se representa el fallo o no ocurrencia del mismo.

Se obtienen así 2^N combinaciones o secuencias teóricas. Sin embargo, las dependencias entre los sucesos hacen que la ocurrencia o éxito de uno de ellos pueda eliminar la posibilidad de otros reduciéndose así el número total de secuencias. La disposición horizontal de los cabezales se suele hacer por orden cronológico de evolución del accidente, aún cuando este criterio puede ser difícil de aplicar, es aquí donde la experiencia y conocimiento del proceso por parte de los miembros proporciona dicho orden en la secuencia de acontecimientos.

FIGURA III. 10
Representación gráfica del Árbol de Eventos. Forma genérica



d) Finalmente se deben describir las cadenas de acontecimientos resultantes, o la secuencia de eventos del accidente. La secuencia es el resultado de los caminos que pueden ocurrir a partir del evento inicial. Algunas de las secuencias pueden representar éxitos, por ejemplo, un retorno a la normalidad o a un paro ordenado. Es recomendable que aquellas que resulten en fallas sean analizadas para determinar cómo mejorar la respuesta al evento a fin de minimizar la probabilidad de falla. Ello deberá presentarse en un reporte escrito acompañado por su diagrama correspondiente de cada sistema o proceso estudiado. La técnica así aplicada proporciona la lista de las secuencias accidentales posibles, número de elementos que la constituyen y su tipo respuesta (éxito/fallo). De su análisis se podrán incluir las correspondencia entre las fallas y su posibles recomendaciones o conclusiones

VENTAJAS Y LIMITACIONES

Ventajas

1. Permite un estudio sistemático y exhaustivo de la evolución de un suceso.
2. Retroalimenta sobre el funcionamiento y la respuesta de los sistemas de control y seguridad, además su aplicación es muy sencilla.
3. Ayuda a detectar que sistemas son necesarios para prevenir, controlar o mitigar situaciones accidentales y deban ser adicionados al proceso.

Inconvenientes

1. Si el árbol es grande su tratamiento puede hacerse laborioso y perder la lógica secuencias u omitir aspectos importantes.
2. No analiza las causas que motivan el evento
3. No es aplicable si no se puede establecer un evento o fallo intermedio importante y no existen sistemas o mecanismos que proporcionen una respuesta ya sea para prevenirlo o atenuarlo, es decir, si inmediatamente se genera el accidente.

RESULTADOS Y APLICABILIDAD

Producir una serie de árboles de eventos ilustren la secuencia de eventos que den como resultado accidentes partiendo de la ocurrencia de un evento intermedio inicial. Los resultados son cualitativos, pero pueden ser cuantitativos si las probabilidades de los eventos son conocidas. Esta técnica normalmente es utilizada cuando se desea conocer más a profundidad los riesgos detectados previamente con otra técnica de las ya mencionadas. También puede ir acompañado con una serie de recomendaciones para su control o mitigación basada en controles de ingeniería o administrativos.

El Análisis por Árbol de Eventos puede ser usado durante las fases de diseño, modificación u operación de una instalación. Es una herramienta particularmente útil para demostrar la eficiencia de las técnicas de prevención y mitigación de un accidente.

3.8.-LISTAS DE VERIFICACIÓN EN SEGURIDAD (SAFETY CHECK LIST)

“*Check lists* o listas de comprobación, son utilizadas usualmente para determinar la adecuación a un determinado procedimiento o reglamento. Una de las primeras referencias bibliográficas al método es de 1971, artículo publicado por Millar and Howard en la revista inglesa *Major Loss Prevention in Process Industries (London Institution of Chemical Engineers)*. También son conocidas como Listas de

Inspección, Guías de Verificación, Listas de Chequeo, de Revisión, Listas de Comprobación; o términos similares que reflejan el mismo concepto, determinar si se cuenta con una serie de elementos de interés, en éste caso en seguridad y/o identificación de riesgos. Así, como apoyo para determinar las acciones inmediatas a seguir para la solución de los problemas o deficiencias encontradas.

DESCRIPCIÓN GENERAL

Una Lista de Verificación es una lista de preguntas acerca de la organización de la planta, la operación, mantenimiento y/o otras áreas de interés. Históricamente, el propósito general de utilizar Listas de Verificación ha sido el mejorar la confiabilidad y el desempeño humano durante varias etapas del proyecto o bien asegurar la concordancia con las regulaciones o estándares nacionales e internacionales.

Esta metodología puede ser utilizada durante el diseño preliminar de algún proyecto, durante la construcción y operación de una planta o durante la realización de paros y arranques de la misma, es decir, en cualquier fase de un proyecto o modificación de una planta y poseen, además, la doble vertiente de comunicación entre miembros del proyecto y control del mismo.

Una característica fundamental de ésta técnica, la cual la hace muy recurrente en su uso, es que normalmente son de fácil aplicación y pueden ser utilizadas, en un momento dado por personal que no tenga grandes conocimientos sobre la identificación de riesgos o diferentes aspectos de seguridad, operación, mantenimiento, etc. y aún así obtener resultados adecuados.

TABLA III. 11
Aspectos donde usualmente se emplean Listas o Guías de Verificación

Rubros	Áreas de Aplicación	Elementos de Apoyo
<ul style="list-style-type: none"> - Diseño y Construcción - Paros y Arranques - Operación y Mantenimiento <ul style="list-style-type: none"> • Procedimientos generales y específicos • Materiales y Substancias (Condiciones de manejo, transporte y almacenamiento) • Equipos e instalaciones 	<ul style="list-style-type: none"> - PERSONAL DE LA COMPAÑÍA Y CONTRATISTAS - CONTROLES ADMINISTRATIVOS (Permisos, Procedimientos, Planes de Acción, ETC.) - RECURSOS TECNOLÓGICOS (Equipos para el combate de emergencias, EEP, sistemas de alarma o de relevo, instalaciones eléctricas) 	<ul style="list-style-type: none"> - Códigos (ASME, API, NFPA, TEMA, NEC, ASTM, etc) - Normas y Reglamentos (NOM, OSHA, EPA) - Practicas Recomendadas (CMA, ANIQ-Responsabilidad Integral, AICHe-CCPS, Asociaciones Industriales, etc)

Es un método considerado exclusivamente como de identificación de riesgos, en el que se hace uso de la experiencia acumulada por una organización, personal especializado en una tema específico, de lo establecido por códigos y normas o requerimientos legales. Las Listas de Verificación en Seguridad también son un recordatorio útil, que, por lo general se ha elaborado a través de los años por distintas personas y que permite comparar el estado de un sistema con una referencia externa (Códigos, Normas, Reglamentos, Practicas Recomendadas, Procedimientos, etc.), identificando directamente riesgos potenciales, carencias en seguridad, o determinar las áreas que requieren un estudio de mayor profundidad; dirigidas sobre factores humanos, controles administrativos y aspectos tecnológicos.

Pueden considerarse como un elemento preliminar de identificación de riesgos, por lo que, generalmente son utilizadas para justificar la aplicación de otra técnica de mayor análisis o para la estimación de consecuencias. Por otro lado la Lista proporciona una serie de puntos de reflexión y preguntas que llaman la atención sobre los aspectos que pueden haber pasado desapercibidos. Como se mencionó anteriormente, las Listas de Verificación pueden aplicarse a la evaluación de equipos, materiales o procedimientos, y el grado de detalle varía considerablemente, desde las generales enfocadas a condiciones de seguridad a las muy específicas que se elaboran para equipos, procesos o procedimientos en particular. Aunque su finalidad es simplemente la de señalar si se cuenta (cumple, esta dentro de...,) o no con el requerimiento de interés.

OBJETIVO

Esta técnica de forma fundamental tiene como objetivos los siguientes:

- I. Es una manera adecuada de evaluar el nivel mínimo aceptable de riesgo de un determinado proyecto; evaluación necesaria en cualquier trabajo independientemente de sus características.
- II. Muchas organizaciones utilizan las listas de inspección estandarizadas para verificación, seguimiento y control de las diferentes fases de un proyecto.

En ambos casos puede aplicarse a elementos administrativos, humanos y tecnológicos.

REQUERIMIENTOS Y/O INFORMACIÓN NECESARIA

En cuanto a la información necesaria para poder desarrollar la técnica estará en función del objetivo que se pretende alcanzar, es decir, hacia donde se enfocará la técnica, así como al tipo de proceso de estudio. Así, típicamente puede utilizarse la siguiente información para generar una lista:

- a) Procedimientos de operación y/o mantenimiento
- b) Diagramas de Flujo de Proceso y de tuberías e instrumentación.
- c) Planos de arreglo general de planta
- d) Sistemas de control, mitigación, alarmas o de seguridad.
- e) Dibujos y especificaciones de los equipos
- f) Normas y reglamentos legales
- g) Códigos, estándares y prácticas recomendadas para el tipo de proceso

Las listas de inspección deben ser preparadas por personal de gran experiencia. Es necesario disponer de las normas o estándares de referencia, así como de un conocimiento del sistema, proceso o planta a analizar.

Pueden ser puestas en práctica por personal sin gran experiencia, aunque los resultados deben ser supervisados por alguien experimentado en el proceso, o proyecto, o en seguridad. Sin embargo para un desempeño óptimo es recomendable formar un pequeño grupo de especialistas el cual puede ir variando con forme se va aplicando a diferentes áreas del proceso (producción, servicios, mantenimiento, etc.) resultando así necesaria la participación de:

- *Un Ingeniero de Proceso (o Proyecto, o de Mantenimiento, o de Instrumentación, o Eléctrico, según sea el área donde se aplica la verificación).*
- *Un Ingeniero de Seguridad o Asesor Externo especialista en la técnica y con conocimientos en la materia.*

En conclusión, para el hecho de desarrollar la Lista de Verificación, es decir, formular los cuestionamientos sobre los requerimientos necesarios para la identificación de riesgos, se requerirá éste equipo multidisciplinario u otros especialistas para decidir que preguntas deben de incluirse y en que sección. En lo que corresponde a la aplicación de la Lista de Verificación puede ser por éste mismo grupo de especialistas, o por otro equipo con conocimientos del área o incluso, es posible que participe personal ajeno a la realización de la lista. Sin embargo, esto puede no conducir a los resultados esperados.

Generalmente cuando es necesario aplicar esta técnica de forma reiterada, es usual que las empresas, corporativos, asociaciones o compañías consultoras de seguridad tengan desarrollados formatos que cubran determinados procedimientos o reglamentos.

METODOLOGÍA

Es importante, invariablemente como en las técnicas anteriores, para desarrollar una lista de verificación cierto conocimiento del tipo de proceso, esto es con la finalidad de incluir aspectos importantes de riesgos, referenciando a códigos o normas, así como toda la información posible que influye o puede aplicar al proceso.

a) El primer paso es definir el proceso o sistema donde se aplicará la técnica y, por lo tanto, los elementos que deben ser verificados. Agruparlos en cada rubro de acuerdo a su área. A continuación, se indica una serie de rubros que pueden incluirse y que deben ser desarrollados en forma de preguntas para que proporcionen una respuesta del status (nivel de cumplimiento o aceptación) en el que se encuentra el requerimiento. Cada uno de éstos elementos pueden incluirse o no, y variar en su profundidad o detalle, lo cual depende del interés de la organización en algún proceso, procedimiento o aptitudes del personal. Siendo los siguientes:

- Hojas de datos de seguridad (información sobre toxicidad, inflamabilidad, estabilidad química, corrosividad y otras propiedades peligrosas, que este disponible, difundida, actualizada y entendible)

- Etiquetados de materiales peligrosos (adecuadas y disponibles)
- Equipo de protección personal (administración y capacitación en su uso)
- Equipos y sistemas de detección y alarma por desviaciones en el valor de operación o determinado de presión, temperatura, flujo, nivel, etc.
- Condiciones de los medidores y equipos de detección de uso manual
- Válvulas de relevo y/o discos de ruptura o sistemas de relevo hacia quemadores
- Sistemas de paros automáticos o de emergencia
- Equipos y sistemas para el combate de incendios, fugas o derrames de materiales peligrosos.
- Planes y procedimientos de emergencias para cualquier tipo de evento, así como medios de comunicación y alarma. Y que incluyan también emergencias naturales, efectos dominó por otras instalaciones (Planes de Ayuda Industrial)
- Procedimientos de paro, arranque, operación, paro de emergencia y de mantenimiento (adecuados, disponibles y actualizados)
- Procedimiento de Seguridad y Trabajos Peligrosos (espacios confinados, intervención de líneas, purgas, uso de brida ciega, barrido con inertes, entrada a tanques, corte y soldadura, etc.)
- Servicios Auxiliares (fallos en vapor, agua de enfriamiento, aire de instrumentos, electricidad, inertes), procedimientos de caso de falla.
- Capacitación en seguridad, materiales peligrosos, respuesta a emergencia.
- Capacitación y adiestramiento de operación.
- Controles Administrativos (inspecciones y auditorías, registros y calendarios de capacitación, inducción a personal nuevo o por cambio de puesto, cumplimiento legal, Comisión de Seguridad e Higiene, revisión y actualización de procedimientos, paros con tarjeta, administración del cambio, Análisis de Riesgos, etc)
- Controles de Ingeniería (diseño conforme a códigos, recomendaciones de diseño por expansiones térmicas o variaciones e presión, tipos de válvulas, *by pass*, cabezales y quemadores, factores de seguridad en variables de diseño

de equipo, sustitución de piezas adecuadas y su disponibilidad) Revisar el diagrama de flujo y las listas de equipos para identificar los riesgos asociados a cada componente

- Bitácoras de mantenimiento de equipos e instrumentos
- Pruebas periódicas a los equipos de proceso y sistemas de seguridad indicados por códigos de diseño
- o por la legislación. Integridad mecánica
- Descargas y emisiones de contaminantes conforme a reglamentación.
- Sistemas de tratamientos de residuos peligrosos y emisiones contaminantes
- Gestión de materiales y residuos peligrosos.
- Condiciones de seguridad en almacenamientos, transporte y distribución de materiales y residuos peligrosos dentro de planta y su compatibilidad
- Condiciones físicas y distribución de planta.
- Aterrizaje de maquinaria, equipo y naves. Medición de tierras

b) La formulación de los cuestionamientos y recopilación de la información. De cada uno de los rubros mencionados, se genera una cuestión o pregunta por cada requerimiento, por ejemplo:

SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS

- 1. ¿Se han practicado las pruebas de funcionamiento a las válvulas de seguridad de los recipientes sujetos a presión con la periodicidad establecida en la legislación?***
- 2. ¿Se ha entrenado al personal en los procedimientos de comunicación de peligros químicos?***

En la recopilación de la información, no existe un formato muy elaborado, sencillamente las cuestiones o requerimientos se colocan en forma de un listado agrupado por temas o rubros. Donde sí se presentan algunas diferencias, son en el tipo de respuesta a obtener, que está en función del interés de la organización o de quien realiza la verificación. Sin embargo, no hay una regla obligada a seguirse,

pues, depende totalmente del objetivo que se persigue. A continuación se presenta un ejemplo de Lista de Verificación con tres tipos de respuestas en función del status que se pretende mostrar.

TABLA III. 12			
LISTA DE VERIFICACIÓN (CHECK LIST)			
Empresa:	Responsable:	Fecha:	
Área o Depto:	(Documento de Interés o Referencia):	Hoja:	
Rubro	CATEGORÍA		
"SISTEMAS CONTRA INCENDIO"	SI/NO	A-B-C	NA-EV-DP-PA-PI
" INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL "	SI/NO	A-B-C	NA-EV-DP-PA-PI
Si / NO; se cuenta o no se cuenta con el requerimiento A: Ya se ha tenido en cuenta, B: No es aplicable, C: Requiere un estudio con mayor profundidad. NA: No se ha tomado ninguna acción. Si no es aplicable favor de explica, EV: Evaluación de las prácticas existente contra la referencia, DP: Desarrollo del plan de acción para implantar la práctica, PA: Plan de acción en operación, Reportar avance, PI: Práctica implantada. Nota: Sólo se elige una categoría.			

c) La presentación de los resultados.

Existen dos opciones, una es presentar las listas de verificación tal cual como fueron aplicadas o, elaborar un informe donde se resalten las anomalías más importantes a juicio del equipo de trabajo o responsable de aplicar la técnica, sus recomendaciones y anexar las Listas de Verificación aplicadas.

En cuanto a sus recomendaciones generadas, éstas en cierta medida son muy simples en la mayoría de los casos, pues, solo revierte el incumplimiento o la deficiencia para que se aplique.

VENTAJAS Y LIMITACIONES

Las ventajas que representa esta técnica son las siguientes:

- I. Especifica los requerimientos mínimos de un sistema o proceso.
- II. Es útil para personal de poca experiencia en identificación de riesgos.
- III. Proporciona uniformidad en la información.
- IV. Es muy rápida en su desarrollo y aplicación.

Las desventajas que representa esta metodología son las siguientes:

- I. Es limitada a la experiencia de la persona que desarrollo la lista, debido a su rigidez y poca creatividad; además, una vez desarrollada la lista cualquier aspecto no incluido estará sin analizar.
- II. Necesita actualización constante.
- III. No es efectiva para riesgos complejos en nuevas instalaciones o procesos.
- IV. Es un método enfocado únicamente a la identificación de los riesgos y no al análisis, siendo además únicamente cualitativo.

RESULTADOS Y APLICABILIDAD

Es un método que permite comprobar con detalle la adecuación de las instalaciones, constituyéndose así en una buena base de partida en el proceso de identificación y análisis de riesgos, para complementarlo con otros métodos de identificación que tienen un alcance superior, detallado y analítico.

Este método examina la instalación solamente desde el punto de vista de cumplimiento de un reglamento o procedimiento determinado, por lo que no genera soluciones o recomendaciones muy complicadas o elaboradas. Su principal resultado de la aplicación de estas listas, es la identificación de riesgos comunes y la adecuación a los procedimientos de referencia, proporcionando de forma genérica el status que guarda y de alguna forma, el camino a seguir para cubrir la deficiencia. Los resultados son siempre cualitativos y suelen limitarse al grado de cumplimiento de las normas de referencia, lo cual le da cierta rigidez o poco margen de imaginación en las soluciones.

Por otro lado, es un técnica que puede ser aplicada después de efectuar los cambios y medidas dictadas por las otras metodologías de identificación de riesgos, con la finalidad de verificar que dichos cambios se hayan efectuado de forma correcta o eficiente (esperada). Quizás esta característica sea la que hace diferente con otras técnicas, al igual que las auditorias de seguridad y los índices de riesgos, pues proporciona una doble ventaja o versatilidad de utilizarse en primera instancia como

de **identificación** y posteriormente de implementación y **comprobación**, es decir, en tres tiempos: *antes* (etapa de identificación), *durante* (la etapa de implementación) y *después* (durante su aplicación).

3.9.- AUDITORIAS DE SEGURIDAD

Originalmente, las Auditorías de Seguridad son un control administrativo que pretende reflejar el estado de la compañía sobre un tema en cuestión, convirtiéndose en una revisión sistemática, que dado su desarrollo permite indagar y aproximarse al conocimiento de los orígenes de las fallas.

El Centro para la Seguridad de los Procesos Químicos, el término **Auditoría** lo define de la siguiente manera:

Una Auditoria es una revisión independiente y sistemática para verificar la conformidad con los estándares o lineamientos establecidos. Ésta es empleada en revisiones bien definidas de los procesos para asegurar la consistencia y para permitirle al auditor obtener conclusiones defendibles sobre el sistema.

La norma NMX-SASST-001-IMNC-2000 "Sistemas de Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo - Especificación" emitida por el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, define a la Auditoría como:

Análisis sistemático e independiente para determinar si las actividades de SST (seguridad y salud en el trabajo) y sus resultados cumplen las disposiciones establecidas y si estas son implementadas eficazmente y son apropiadas para alcanzar los objetivos de la organización.

Así, una Auditoría de Seguridad es una evaluación detallada del programa total de seguridad de una instalación. Esto incluye inspección del equipo, administración de la seguridad, permisos de trabajos peligrosos, capacitación en seguridad, etc.

DESCRIPCIÓN GENERAL

La Auditoria de Seguridad es un procedimiento por el cual una planta o proceso es inspeccionado. El auditor o equipo auditor revisa los aspectos críticos de la planta

para verificar la apropiada implementación y efectividad de los criterios de diseño, procedimientos y condiciones de operación, medidas de seguridad y lo relacionado a los programas de administración de riesgos. También incluye entrevistas con personal de importancia (por su puesto, actividades o acciones en el proceso) que incluye a supervisores, operadores, personal de mantenimiento y seguridad.

Las Auditorías pueden desarrollarse periódicamente como una medida de **certificación** del programa de seguridad de la planta en la efectividad de su implementación; su aplicación en la planta y finalmente como una herramienta clave de la administración para alcanzar los objetivos establecidos, así como colaborar a mejorar de forma continua. Periódicamente, las revisiones también reflejan el desarrollo del programa desde la última revisión; e identifican las áreas donde posiblemente se ha presentado un lapso importante sin revisión en los procedimientos. Una Auditoría de Seguridad puede o no incluir la revisión y observación de todas las tareas/trabajos que se realizan en la planta, dependiendo de los deseos de la Dirección. Típicamente son desarrolladas en conjunto con otras técnicas de identificación de riesgos como son WHAT IF, FMEA, HAZOP, etc.

Una Auditoría de Seguridad completa debería incluir los siguientes aspectos:

- Inspección de seguridad sistemática de la planta de proceso.
- Inspección sistemática de todos los equipos de protección contra incendio y medidas de respuesta y mitigación para emergencias.
- Revisión de los procedimientos de operación, mantenimiento, paros, etc.
- Revisión de los Planes de Emergencia Internos y Externos, de Coordinación con las Autoridades y la Comunidad en Caso de Desastre.
- Revisión de los programas de capacitación en seguridad.
- Revisión del aspecto documental del cumplimiento de las legislaciones aplicables.
- Entrevistas y encuestas a los empleados de la compañía.

Normalmente se efectúan por un grupo de personas externas o independiente a la instalación, apoyados por personal interno involucrado en el proceso. Para mayor objetividad es recomendable que el personal externo sea de otra compañía, principalmente de especialistas en seguridad, aunque en algunas ocasiones se pueden emplear personas de otras instalaciones de la misma compañía. El Centro para la Seguridad de los Procesos Químicos ha desarrollado una serie de lineamientos para Administrar Auditorías de Seguridad de Procesos, que incluso, se constituye como un de los 12 Elementos fundamentales para la seguridad de los procesos químicos (mencionados en el Capítulo 2) y cobra gran importancia ya que éste es utilizado como herramienta para evaluar el buen funcionamiento de los once restantes, pues su contribución es la de controlarlos.

Aparentemente las Listas de Verificación y la Auditoría de Seguridad son técnicas análogas de identificación de riesgos. Sin embargo, la Auditoría debido a su forma de desarrollo y ejecución, a diferencia de las Listas, son más versátiles en su aplicación, de mayor alcance y de gran importancia por reflejar objetivamente la situación de la empresa, gracias a su forma interactiva de desarrollo. Por otro lado, también es utilizada para corregir y mejorar el Programa de Seguridad al proponer recomendaciones o soluciones, pues, se permite mayor creatividad al grupo auditor y no sólo se limita a indicar si se cuenta o no con el requerimiento de seguridad; una característica de rigidez que tienen las Listas de Verificación. Incluso las Listas de Verificación son utilizadas por la Auditoría de Seguridad.

OBJETIVO

Los objetivos de la aplicación de una Auditoría de Seguridad son:

- I. Identificar condiciones o procedimientos inseguros, o que pueden ocasionar accidentes (en este caso también accidentes mayores).
- II. Determinar si los objetivos de seguridad, o si el plan total de seguridad establecido por la administración está siendo seguido en la planta, o si se ha implementado apropiadamente. Así como proponer mejoras al mismo.

- III. Revisar si la planta cumple con los códigos o normas de seguridad aplicables.

REQUERIMIENTOS Y/O INFORMACIÓN NECESARIA

En esta técnica es necesario recopilar toda la información referente no solo al proceso, sino también a aspectos regulatorios, organizativos, de emergencia y aquella información que el equipo auditor considere necesaria, que le permita determinar la situación en seguridad en la planta. Incluso el no encontrar, o no localizar la información solicitada, es parte del proceso de la Auditoría; así como, el que se encuentre disponible y actualizada es invariablemente una de las conclusiones de las que constará el informe. A continuación se presenta la información típica necesaria para desarrollarla:

- a) DFP's y DTI's.
- b) PGLE's y Planos de Segregación de Drenajes
- c) Planos de Instalaciones Eléctricas y Planos de Clasificación de Áreas,
- d) Manuales de procedimientos de operación, mantenimiento y emergencia
- e) Manuales de Capacitación.

En cuanto al personal que es necesario para desarrollar la técnica, se debe formar un grupo de 3 a 5 personas con amplio conocimiento de los empleados, puestos de trabajo y de la planta o proceso, que pueden ser:

- *Un Ingeniero de operación o de proceso*
- *Un Ingeniero de Proyecto*
- *Un Ingeniero de Seguridad*
- *Un o dos especialistas en Seguridad, preferentemente externos y conocedores de la técnica.*

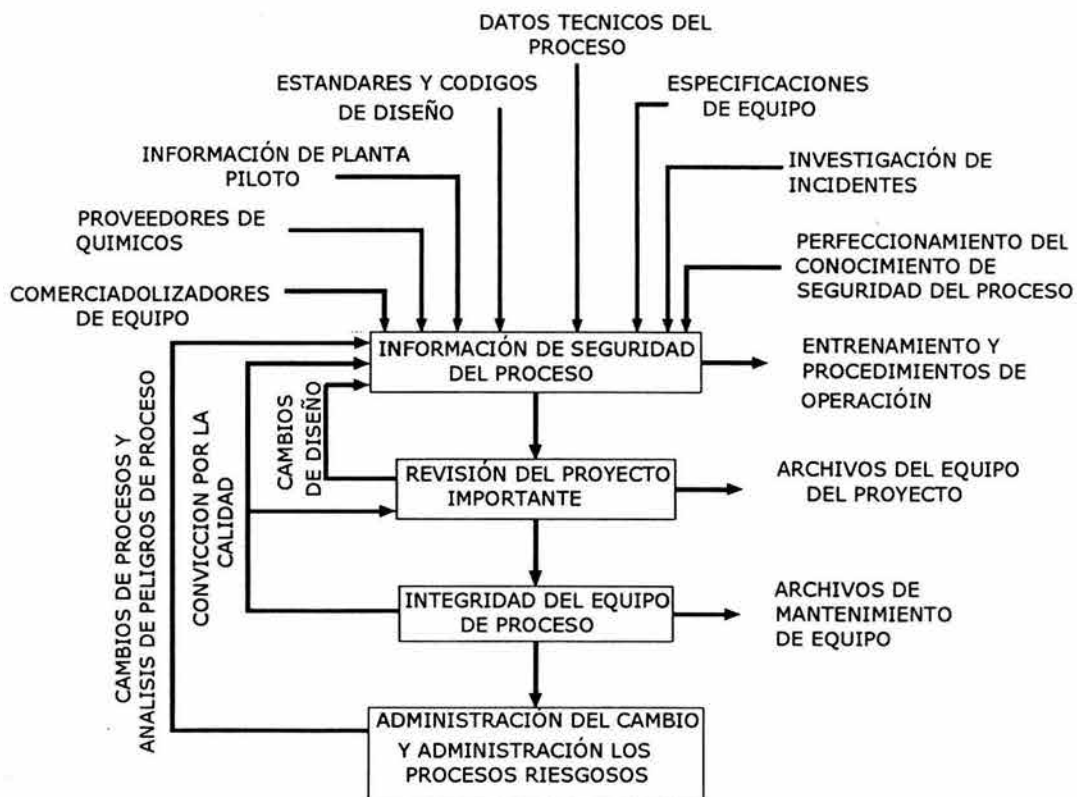
Existe tanto en la literatura como por parte de compañías consultarías rubros o guías para desarrollar Auditorías de Seguridad, sin embargo, a diferencia de las listas de verificación los auditores deben tener gran experiencia en la técnica, capacidad de juicio, habilidad para percibir situaciones anómalas o que puedan ocasionar riesgos, de una manera fidedigna; actuar en forma ética, ser inquisitorios y principalmente

entender el papel de las unidades individuales dentro de todo organismo, ello para obtener un buen reflejo de la seguridad en la planta o proceso, cualidades principales que normalmente recae en los auditores externos.

METODOLOGÍA

Esta técnica a diferencia de las anteriores, normalmente se realiza a todos los niveles y áreas de la compañía, naturalmente las que estén involucradas con la seguridad, y no se concentra a un proceso o sistema en específico sino que acomete a la compañía de forma global. Esta característica hace que la identificación de riesgos no sea tan detallada sino sólo puntual y por tanto cualitativa.

FIGURA III. 11
Etapas Lógicas sobre el conocimiento de la Seguridad de los Procesos. Propuesto por CCPS



El desarrollo de la Auditoria de Seguridad se efectúa bajo un esquema de mayor formalidad, pues, se suele notificar previamente la ejecución de la misma. No se requiere, como en el caso de otras técnicas, de un conocimiento profundo en algún

sistema o proceso en específico de la planta ya que se realiza de manera global en todas la zona que impliquen peligros y por consiguiente la búsqueda de riesgos. La ejecución inicia por:

a) La inspección física de la planta, incluyendo todos los equipos e instalaciones relacionadas con el proceso, equipo de protección contra incendio, etc., comienza con la revisión de los DFP's, DTI's, PGL's, Planos de Drenajes, la documentación legal, así como, cualquier otro documento que el grupo juzgue necesarios para determinar que aspectos específicos deberán ser inspeccionados, cuántos hay, dónde están localizados, etc

b) A continuación, el grupo debe de preparar "listas de revisión" (check lists) de cada equipo que vaya a ser inspeccionado. Por ejemplo: Una lista para válvulas de relevo, una lista para equipo portátil contra incendio, una lista para detectores de atmósferas peligrosas, una lista para tanques de almacenamiento, etc. Más aspectos a incluir son los descritos en el apartado anterior relacionado a las Listas de Verificación.

c) Posteriormente, el grupo, deberá elaborar un formato de Auditoría específico para cada equipo a revisar conteniendo todos los puntos a revisar para cada uno de ellos. La inspección física deberá ser llevada de manera sistemática.

A continuación se presenta un ejemplo del formato de recopilación de datos o evidencias que pueden utilizar los auditores. Un aspecto importante, es la columna referida a observaciones, ya que es en ella donde se describe la percepción del auditor, ésta debe ser lo más objetiva posible para reflejar la conformidad del rubro.

TABLA III. 13 AUDITORIA DE SEGURIDAD		
Empresa:	Responsable:	Fecha:
Área o Depto:	(Documento de Interés o Referencia):	Hoja:
Rubro		
PREPARACIÓN Y RESPUESTA A EMERGENCIAS	SI/NO	OBSERVACIONES
CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD	SI/NO	OBSERVACIONES

d) La revisión de los Manuales de Procedimientos de operación, de mantenimiento y de emergencia; puede efectuarse antes, durante o después de la inspección física. Las evidencias recabadas de su apropiada implementación y aplicación también son recabadas en el formato anterior.

e) Generalmente las entrevistas y encuestas a los empleados se hacen al final. Al efectuarlas al personal es importante manifestarles el objetivo de ellas, que no son calificaciones directas sobre su comportamiento y evitar así actitudes defensivas y poco abiertas.

f) Un reporte con todo lo encontrado, conclusiones y recomendaciones se enviará a la Alta Dirección.

El informe de Auditoría debe reflejar con fidelidad tanto la forma como el contenido de la Auditoría. Debe estar fechado y firmado por el líder del equipo. Debe contener los siguientes puntos, en tanto apliquen:

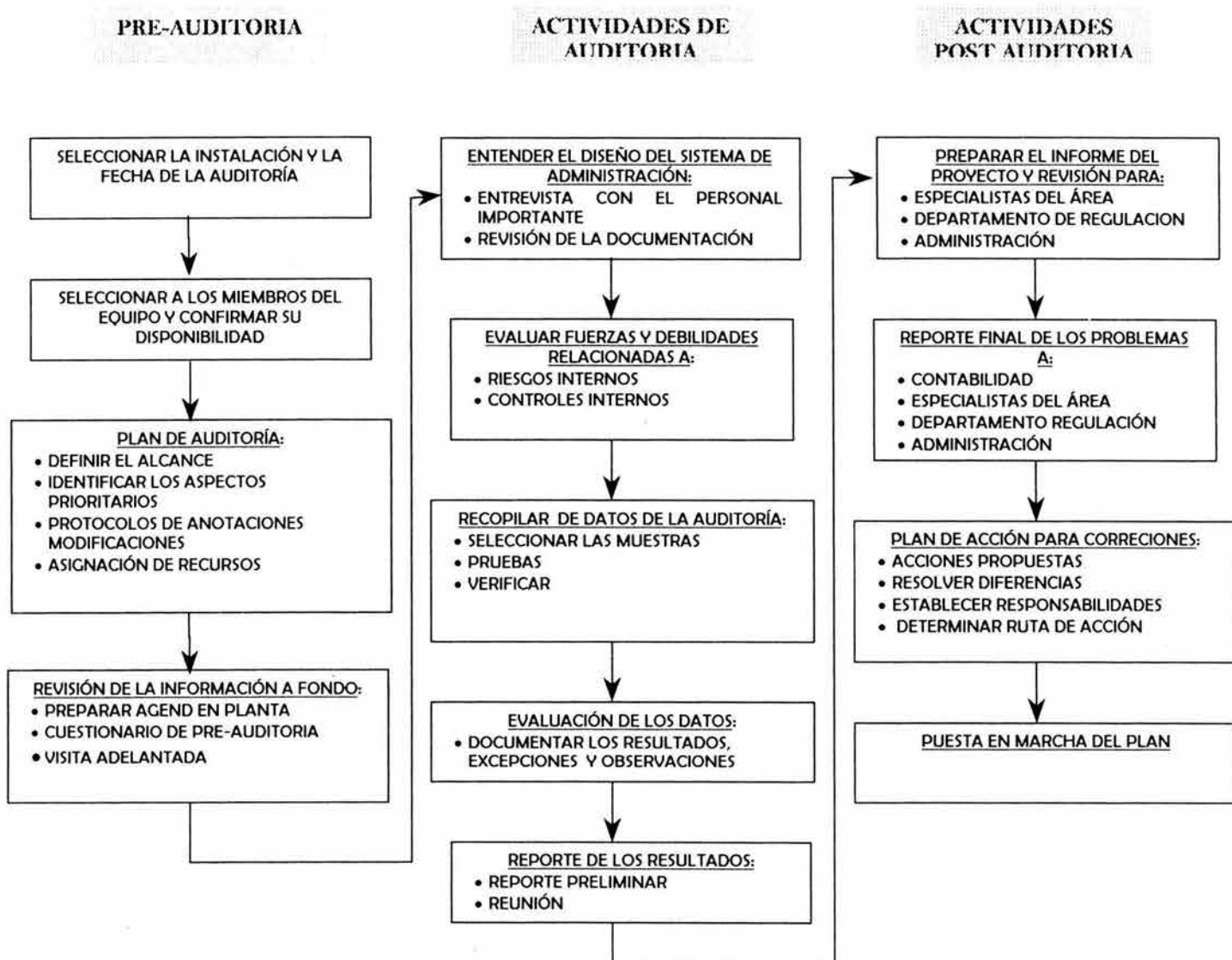
- Alcances y objetivos de la Auditoría
- Detalles del plan de Auditoría, identificación de los miembros del equipo auditor y de los representantes del auditado, fechas de la Auditoría e identificación de la organización específica auditada.
- Identificación de los documentos de referencia contra los cuales se efectuó la Auditoría.
- Observaciones de las desviaciones, conclusiones y sus recomendaciones
- Apreciación del equipo auditor sobre la extensión del cumplimiento del auditado con las estándares de referencia y documentos aplicables
- La capacidad del sistema para alcanzar los objetivos en la materia.

- Quienes proporcionaron la información y los miembros del grupo auditor.

VENTAJAS Y LIMITACIONES

Las Auditorías de Seguridad proporcionan las siguientes ventajas:

FIGURA III. 12
Pasos Típicos en los Procesos de Auditoria para la Administración de la Seguridad de los Procesos. Propuesto por CCPS



- I. Las Auditorías concientizan a todo el personal de la compañía, principalmente al de operación, sobre la necesidad de mejorar las actividades para la prevención de accidentes.
- II. Pueden detectar el envejecimiento de equipos o sistemas de control obsoletos que pueden volverse un factor negativo en la continuidad de la producción y/o generar accidentes mayores.
- III. Determinan desviaciones y deficiencias existentes en los procedimientos de operación, mantenimiento, seguridad, etc. y puedan conducir a accidentes.
- IV. Ayudan a determinar si la introducción de nuevos equipos, sustancias o modificaciones a los procedimientos han creado nuevos riesgos.
- V. Promueven a generar información necesaria para la seguridad del proceso o instalación, mantenerla disponible, actualizada y principalmente a difundirla.
- VI. Detectan desviaciones sobre el sistema de seguridad y, en un momento dado, puede corregir la implementación del Programa de Seguridad de la Compañía, o establece los requisitos para la creación de uno a la medida de la instalación. Promoviendo la Mejora Continua.
- VII. Pueden servir como herramienta de certificación para obtener reconocimientos legales, internacionales o del gremio. Así como, actualizar el cumplimiento normativo.

Como desventajas pueden mencionarse:

- I. Las auditorías sólo proporcionan resultados cualitativos.
- II. Es un poco más profundo en la detección de posibles accidentes, sin embargo, no llega a nivel de detalle para la identificación de las causas.
- III. Por su generalidad puede omitir situaciones por las cuales se desarrolle una desviación, o no analiza todas las posibles desviaciones de un proceso.

RESULTADOS Y APLICABILIDAD

La tarea final de cualquier Auditoría es el reporte con toda la documentación encontrada, así como, las impresiones percibidas sobre la seguridad de la compañía. En ocasiones, pueden incluirse comentarios positivos proporcionados por los trabajadores; e invariablemente, las recomendaciones orientadas a condiciones

riesgosas acompañadas de justificaciones o referencias técnicas apropiadas proporcionando a la Dirección un visión completa de la seguridad en la planta. Se genera así, un reporte detallado de las áreas donde la seguridad está por debajo de las normas deseadas y se incluyen recomendaciones para mejorar la seguridad de la instalación.

Las Auditorías de Seguridad ayudan a determinar el nivel de actuación de diferentes aspectos de operación que influyan en la seguridad del proceso o instalación; y pueden identificar donde existen áreas peligrosas (focos de alerta) donde podrían aplicarse futuras inspecciones o auditorias y que requieran cambios para aumentar su nivel de aceptación de riesgo. Comprensivamente, también examinan estrechamente aspectos prioritarios de interés para la seguridad, así como, justificar la aplicación de otras técnicas más detalladas

Proveen evidencias objetivas concernientes a la necesidad de reducir, eliminar y, especialmente prevenir las desviaciones importantes que podrían ocasionar un accidente. Sus resultados, pueden ser usados por la gerencia para mejorar el desempeño de la organización en la materia, estableciéndose así la mejora continua. Esta técnica se puede aplicar a instalaciones en operación o de reciente construcción. Es de gran utilidad como una revisión final antes de arrancar una instalación nueva o modificada.

3.10.- INDICES DE RIESGO SEMICUANTITATIVOS (INDICE DOW E INDICE MOND)

Se entiende por métodos de evaluación de riesgo semicuantitativos (*y que al mismo tiempo dado su desarrollo, son técnicas de Identificación de Riesgos*), aquellos que, no llegando al detalle y rigor de una evaluación cuantitativa del riesgo, suponen un avance hacia ello desde los métodos cualitativos, en el sentido de que proporcionan como resultado una clasificación relativa del riesgo asociado a una planta química o a partes de la misma.

Las técnicas desarrollados en este sentido y que son de mayor difusión y conocimiento general son los denominados Índice de DOW de fuego y explosión y el Índice de Mond de fuego, explosión y toxicidad. El primero de ellos fue desarrollado por la compañía Dow Chemical y el segundo por el grupo ICI-*Imperial Chemical Industries PLC*. Ambos métodos se basan en la asignación de penalizaciones y/o bonificaciones a las instalaciones de una planta, bajo el siguiente enfoque:

- *Las penalizaciones son asignadas en función de las sustancias presentes y las condiciones de proceso.*
- *Las bonificaciones tienen en cuenta las instalaciones de seguridad que pueden mitigar o prevenir los efectos accidentales.*
- *La combinación de ambas lleva a la determinación del índice con el que se afecta una determinada parte de la instalación, pudiendo examinar, a la vista de estos índices, la importancia relativa de las partes estudiadas en función del riesgo asociado.*

DESCRIPCIÓN GENERAL

Bajo este calificativo se agrupan un conjunto de métodos específicamente diseñados para evaluar el riesgo asociado a instalaciones químicas, tanto de proceso como de almacenamiento. Una parte importante del índice está orientada a identificar y valorar mediante factores, las condiciones que pueden determinar el que se produzca una liberación importante de energía en un corto período de tiempo (proceso de identificación, al evaluarlo, de alguna manera se llega al punto de identificación o pasa por él necesariamente). En la mayoría de los casos este factor energético viene definido por dos parámetros:

Un Factor Material, proporcional a la peligrosidad intrínseca del producto, Es un factor multiplicador que afecta en proporción lineal al valor del índice; si se duplica, el índice dobla su valor.

Un factor de cantidad de energía proporcional al producto:

$$(\text{cantidad de sustancia, kg}) \times (\text{calor de combustión, kj/kg})$$

Las condiciones que pueden determinar la liberación de la energía son identificadas y valoradas como factores, atendiendo a diferentes situaciones: posibilidad de reacción química indeseable (inestabilidad química) posibilidad de derrame o fuga, posibilidad de atmósfera inflamable, operación a una temperatura que supere la de auto-ignición o ebullición de la sustancia, etc. Así al basarse en la peligrosidad de los productos y en el carácter crítico de los procesos, en función de sus antecedentes de operación en instalaciones similares; generándose índices numéricos de riesgos para cada sección de la planta, en función de las características de las sustancias manejadas, de su cantidad, del tipo de proceso y de las condiciones específicas de operación.

CALIFICACIÓN RELATIVA

Los Índices Dow y Mond están diseñados para proporcionar una "Calificación Relativa", con relación a una escala determinada, para una instalación de proceso. Las técnicas se basan en el uso de una guía para asignar puntos de penalización o bonificación para distintas partes de las instalaciones. Los puntos de penalización, como ya se indicó, son asignados por los materiales potencialmente peligrosos, tipo de procesos o condiciones de éstos que pudieran contribuir en un accidente, denominado *Factor de Riesgo*. Los puntos de bonificación se obtienen por las medidas de seguridad que ayuden a mitigar los riesgos inherentes en un accidente/incidente, denominado *Factor de Bonificación*. Por la combinación de las penalizaciones y acreditaciones se llega a un número, el cual es multiplicado por el *Factor Material* que representa una medida de la intensidad de la energía liberada, obteniéndose así un valor del índice, que puede ser usado para **calificar** la instalación en una **escala relativa** de riesgos.

OBJETIVO

Como objetivos pueden citarse los siguientes:

- I. Proporcionar una medida relativa del riesgo para una instalación de proceso en general a un proceso específico.

- II. Puede utilizarse para justificar una identificación más detallada de la instalación o proceso con una calificación alta de riesgo.
- III. Puede ser usada durante el diseño, modificaciones u operación de la planta para mejorar los niveles de seguridad.

REQUERIMIENTOS Y/O INFORMACIÓN NECESARIA

Para poder desarrollarse, el elemento más importante es contar con las guías en sí, pues sin ellas no se podrá iniciar con el estudio. Cada guía contiene una explicación completa para la evaluación y asignación de penalizaciones y bonificación con sus respectivos criterios; las formulas para obtener los factores y los gráficos y valores del Factor Material.

Una vez teniendo las guías será necesario contar con lo siguiente:

- a. Plano de Localización de Equipos actualizado, o del proceso particular a analizar.
- b. Descripción completa del proceso y los equipos que incluye.
- c. Descripción detallada del funcionamiento de las medidas de mitigación de riesgos y sus técnicas de aplicación.
- d. Los formatos especiales donde se vacía los valores de aplicación de los Índices sobre la unidad de proceso.

En cuanto al personal necesario para aplicar la técnica debe participar:

- *Un ingeniero de proceso* el cual tenga completo conocimiento del mismo sobre el cual se aplicará el índice. Esta característica puede hacer necesario la participación de otros ingenieros en función como va caminando el estudio.
- *Un ingeniero de seguridad* es necesaria en esta evaluación, sobre todo, en lo relacionado con las medidas de mitigación.
- *Un ingeniero con amplia experiencia* en aplicación de la técnica para una apropiada asignación de bonificaciones y penalizaciones.

METODOLOGÍA

Tanto el Índice DOW como el MOND establece un riesgo relativo para las unidades de proceso industrial. El Índice DOW considera la inflamabilidad y reactividad en la

determinación del “Factor del Material”. El Índice MOND va un paso mas adelante, al también condicionar la toxicidad, pero ambas son muy similares, por esta razón serán descritas de manera general en su aplicación, con la limitante de tener que referirse a las guías y contienen los detalles para la aplicación de los métodos. Por tanto se presenta a continuación en forma breve como se aplica el Índice DOW.

a) En un Plano General de Localización de Equipo se debe localizar la unidad de mayor riesgo. Una unidad de proceso es cualquier equipo de proceso, como pueden ser: un tanque de almacenamiento, un compresor, un cambiador de calor, una bomba, un reactor, etc.

b) Determinar el “**Factor del Material**” (calificación del riesgo) por cada unidad con base en el material que está siendo procesado. La Guía Dow enlista los “Factores del Material” que varían de 1 a 40 para 300 materiales y explica como determinar el “Factor Material” para los materiales no listados.

c) Evaluar los factores que contribuyen al riesgo. Los riesgos generales del proceso (designados como F_1) incluyen reacciones endoergónicas y exoergónicas, manejo de materiales y transferencia, drenaje, dificultad de acceso, etc. Los riesgos especiales del proceso (designados por F_2), incluyen temperaturas inferiores a la ambiente, operaciones en (o cerca del) rango de inflamabilidad, temperaturas criogénicas, calentadores a fuego directo, equipo rotatorio, etc. Las penalizaciones por cada categoría son adicionadas o restadas juntas a un factor de 1.0 que es el que se emplea para determinar su contribución al factor de riesgo.

d) Calcular el factor de riesgo de la unidad. El factor de riesgo de la unidad (designado F_3) es el producto de F_1 y F_2 , el producto de los riesgos generales y especiales.

e) Determinación del Índice Dow de Fuego y Explosión. El Índice de Fuego y Explosión es una medida del daño que puede sufrir una unidad de proceso en caso de un accidente. Es el producto del factor de riesgo de la unidad (F_3) y el Factor del Material. El Índice de Fuego y Explosión puede, también, ser empleado para medir el grado relativo de riesgo de la unidad de proceso.

Índice de Fuego y Explosión Dow	Grado de Riesgo
1 - 60	Ligero
61 - 96	Moderado
97 - 127	Intermedio
128 - 158	Fuerte
Más de 159	Severo

f) Determinar el área de exposición. El área de exposición es el área circular alrededor de la unidad de proceso que pudiera verse afectada por un accidente o emergencia en la unidad estudiada. Está relacionada con el Índice de Fuego y Explosión Dow y se determina en gráficas que proporciona la Guía Dow.

g) Cálculo del daño máximo probable a las instalaciones. Esta determinación se realiza con base al valor del equipo e inventarios dentro del área de exposición. Se emplea como unidad monetaria los U.S. Dólares para la contabilización de las pérdidas, que pueden ser modificadas por factores como paredes a prueba de incendio, sistema de paro de emergencia, drenajes, detección de fugas y derrames, sistemas de rociadores o aspersores, etc.

h) Estimar los costos por el máximo tiempo fuera de operación. Este paso usa una gráfica editada en la Guía Dow para estimar el costo de la reparación o reemplazo del equipo e instalaciones dañadas y el costo de la producción perdida. Esta gráfica está basada en el estudio de 137 incidentes.

VENTAJAS Y LIMITACIONES

Las ventajas que representa esta metodología son las siguientes:

- Amplia gama de matrices a considerar y un amplio rango de procesos.
- Rápido y relativamente fácil de usar.
- Estima el valor de las pérdidas en el área de estudio.
- Identifica las secciones de mayor riesgo y por tanto, busca medidas de seguridad.

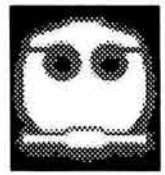
Las limitaciones que representa esta metodología son las siguientes:

- Se debe seccionar con base a los materiales presentes, cantidad, condiciones de operación y tipo de proceso.

- Si no se cuentan con las guías no se podrá aplicar la técnica.
- No considera la causa de las fallas o de las penalizaciones.

RESULTADOS Y APLICABILIDAD

Esta técnica es utilizada durante las etapas de diseño de instalaciones, así como durante el tiempo de vida o de operación de una instalación y realización de cambios mayores al proceso. En los métodos de Calificación Relativa de unidades de proceso, están basados en el riesgo que enfrentan. Aun cuando la Calificación Relativa es un número el resultado es cualitativo.



CAPITULO 4

Aspectos finales de consideración sobre la identificación de riesgos

CAPITULO 4

ASPECTOS FINALES DE CONSIDERACIÓN SOBRE LAS TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.

4.1.- Siguiendo paso a la Identificación de Riesgos.

Al concluir la aplicación de cualquiera de las técnicas de **Identificación de Riesgos** apenas se ha llegado a la segunda etapa de las 3 o 4 (dependiendo el autor) que implica un **Análisis de Riesgos**, lo cual, requiere posteriores tratamientos para su conclusión y entonces tomar las decisiones que la Dirección considere más apropiadas para la compañía. Es importante señalar que, aún cuando no hemos terminado con el proceso el Análisis de Riesgos, si se ha dado quizá, el paso más importante del proceso en sí, sin restar importancia a los pasos siguientes pues, se ha proveído de una gran cantidad de información y conocimiento del proceso.

El objetivo o los objetivos *(que se pueden redondear con todo el trabajo que se requiere desempeñar)* de un Análisis de Riesgos es, determinar el nivel de seguridad de una instalación, a través de la confiabilidad de sus procesos o instalaciones, la probabilidad de que se presente un accidente mayor; el establecimiento de los diferentes escenarios de dichos accidentes si se manifiesta el riesgo, sus consecuencias y grados de afectación, los efectos sobre su entorno (seres humanos, medio ambiente e instalaciones) y la toma de decisiones para el tratamiento de dichos riesgos. Además, de ser un factor en la continuidad de las operaciones y la reducción de costos por daños y accidentes.

Ello debe motivar a la Dirección a continuar firmemente con la evaluación de riesgos, pues la identificación de peligros es el detonador junto con el impulso que brinda la obligatoriedad de la legislación, la imagen y productividad de la compañía; y la historia ya conocida de eventos de este tipo.

4.2.- Recomendaciones para selectividad de las técnicas y sus desviaciones generales.

Es importante señalar que, en cualquier decisión que se toma acerca de las características que ha de tener una instalación determinada, se está realizando un **Análisis de Riesgos** explícita o implícitamente. Ahora bien, como es lógico, en decisiones que no son obvias se requiere un análisis formal que tome en cuenta la complejidad de las distintas opciones que se plantean para efectuar la identificación de situaciones de riesgo.

Como ya se ha expuesto, la primera etapa en los estudios de Análisis de Riesgos consiste en la identificación de los mismos. Los métodos existentes para lograr este objetivo difieren, tanto en su carácter cualitativo o cuantitativo, como en su grado de sistematización. En todo caso, las técnicas formales de identificación de riesgos se han extendido y popularizado en los últimos años, hasta convertirse en moneda corriente en gran parte de la industria química actual. En este aspecto la evolución de la mentalidad industrial ha sido muy notable, desde la aproximación tradicional a la identificación de riesgos para responder a la pregunta *¿qué es lo que puede funcionar mal?*, que consistía en construir, poner en marcha y ver lo que sucedería, hasta los métodos asistidos por computadora y numerosas bases de datos o fuentes de información. En la actualidad tales cuestionamientos resultan del todo inadecuados, sobre todo a causa de la rápida evolución tecnológica y el aumento paralelo de la magnitud de los accidentes. Para la identificación del peligro potencial de los procesos industriales, la tendencia de las últimas décadas ha sido desarrollar técnicas o métodos de análisis cada vez más racionales y sistemáticos.

De hecho, las técnicas del capítulo anterior no son las únicas que existente en el medio, pero sí las de mayor uso y por tanto, de difusión de información para su aplicación. Otras técnicas que se han desarrollado, de alguna forma han tomado elementos de las ya descritas, teniéndose también buenos resultados. Entre ellas podemos citar, el Análisis Preliminar de Riesgos (PHA), Análisis del Error

Humanos (AEH), Análisis Causa-Consecuencia, Índice USCIP, Análisis de Riesgos (HAZAN) e identificación de peligros asociado a sustancias. La importancia de utilizar uno u otro depende en gran medida de la eficacia del equipo de trabajo (nuevamente, el recurso humano) y de la información disponible.

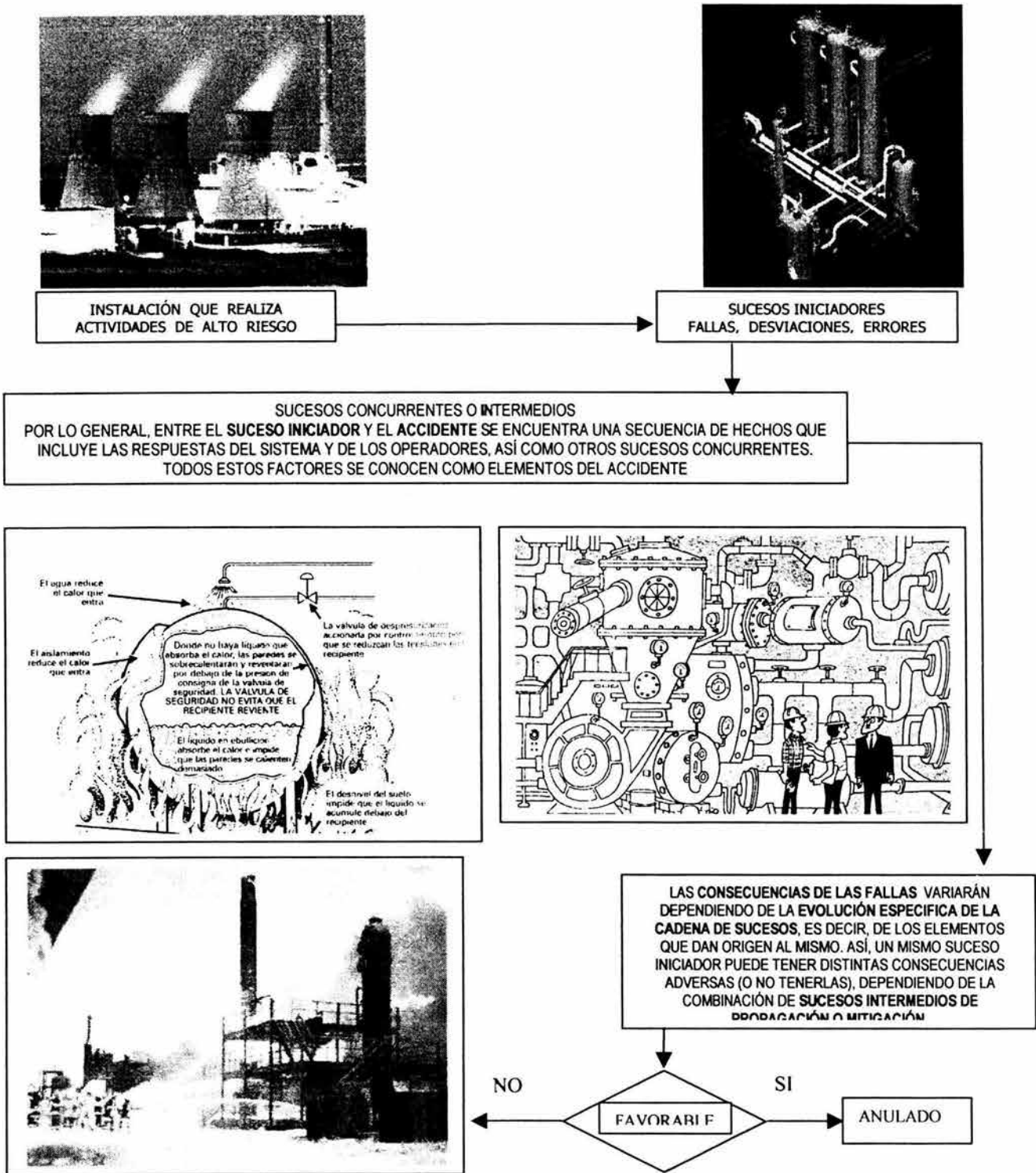
El proceso racional de identificación de riesgos se realiza en dos fases bien diferenciadas: *la primera para detectar posibles accidentes, y la segunda para la caracterización de sus causas, o sea, los sucesos o cadenas de sucesos que provocan el incidente no deseado*. La primera fase es relativamente sencilla, pero debe realizarse con mucha atención ya que define el desenlace de la segunda.

Todas las técnicas de análisis mencionadas se caracterizan porque se desarrollan en tres etapas:

1. Preparación y recopilación de la información necesaria
2. Realización del estudio propiamente dicho
3. Documentación e informe final

La preparación es una actividad muy similar en todas las técnicas de análisis e implica actividades tan diversas como la recopilación de información, la definición del objetivo y su alcance, la selección del personal implicado (en general, este tipo de estudios es realizado por equipos multidisciplinarios), la programación del estudio, etc. El conocimiento de las propiedades de las sustancias y su manipulación dentro del proceso o instalación, es un aspecto muy importante para el correcto desarrollo del análisis posterior. De la misma manera, una definición ajustada del objetivo y del alcance del estudio permitirá llevarlo a cabo eficientemente y posiblemente con los resultados esperados.

FIGURA IV. 1



La realización del estudio varía mucho según las diversas técnicas de análisis y responde al seguimiento de su propio protocolo.

La documentación no sólo hace referencia a los resultados conseguidos, sino también al propio desarrollo del estudio, pues se incluye los documentos utilizados.

Las técnicas de Identificación de Peligros tienen características distintas, lo cual las hace apropiadas para ser aplicadas a diferentes etapas de la vida de una instalación o para proporcionar un nivel de detalle del estudio diferente. La elección de una u otra técnica se debe efectuar a partir del conocimiento de las ventajas y limitaciones de cada una, y de una correcta estimación de la duración del estudio (concepto siempre ligado a los aspectos económicos). Una estimación inadecuada de cualquiera de los aspectos (complejidad del proceso, etapa del proyecto, nivel de detalle que se quiere conseguir y recursos necesarios) suele desbaratar el estudio o simplemente producir resultados inadecuados a los objetivos planteados.

En la siguiente tabla, el Centro para la Seguridad de los Procesos Químicos relaciona las técnicas de Identificación que son más utilizadas normalmente en las diferentes etapas de vida de las instalaciones del proceso.

TABLA IV. 1
Utilización de las Técnicas e Identificación de Riesgos

	Auditorías de Seguridad	Análisis Histórico de Accidentes	Listas de Verificación	Análisis Preliminar de Riesgos	¿Que pasa si...?	HAZOP	FMEA	Árbol de Fallos	Árbol de Eventos
Definición del Proceso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Experimentación en Planta Pilo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Proyecto Básico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Proyecto de Detalle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ejecución de Obra e Inicio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Operación Normal	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Modificaciones	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Estudio de Incidentes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Abandono del Proceso	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

La identificación de los accidentes potenciales en las primeras etapas de diseño mejora la eficacia de las medidas reductoras del riesgo, y al mismo tiempo disminuye los costos de su implementación. No se debe dejar de lado que la administración del riesgo se realiza de forma continua a lo largo de la vida de la instalación; por lo tanto, la identificación siempre está presente; así en las distintas etapas del proyecto como en el nivel de detalle e inclusive los objetivos de identificación variando a lo largo de éste tiempo. No obstante, los tres tipos de resultados que las técnicas pueden proporcionar son los siguientes:

- I. Un listado de situaciones peligrosas (riesgosas)
- II. La valoración de éstas situaciones
- III. Una serie de medidas dirigidas a la reducción del riesgo asociado

No todas las técnicas tienen que propiciar estos tres tipos de resultados; de hecho, muchas de ellas simplemente deben identificar el problema, mientras que otras tienen que priorizar y proponer medidas correctoras. Así como el profundizar en la forma de la falla y sus orígenes, por lo que se describe de la siguiente forma:

- a. Las Auditorías de Seguridad, el Análisis Histórico de los Accidentes, las Listas de Verificación y los Índices proporcionan una primera idea general del peligro de la instalación a estudiar.
- b. Los análisis *¿qué pasa sí...?*, HAZOP y FMEA, incluso los mismos Índices, permiten una visión más detallada del peligro intrínseco y de operación de la instalación.
- c. Los Árboles de Fallos y de Sucesos dan un elevado nivel de detalle en situaciones extrema gravedad.

El seguimiento adecuado de los estudios incrementa su efectividad y proporciona una mejora en la seguridad y fiabilidad del proceso o instalación. Otra mejora no evidente es la disminución de los costos de operación añadidos por la indisponibilidad y los accidentes de la planta. Éstos son difícilmente cuantificables

ya que no son fijos ni aparecen en la cuenta de resultados, no forman parte del precio final del producto. También, el seguimiento del estudio incluye temas tan diversos como la documentación del análisis, la comunicación del riesgo y la priorización y control de las medidas propuestas para la reducción del riesgo. Sin embargo, pueden establecerse algunas limitaciones generales inherentes a todas las técnicas de identificación, las se describen a continuación:

La exhaustividad del estudio: no hay posibilidad de verificar que todas las posibles desviaciones y fallos del sistema hayan sido identificados. Tampoco puede verificarse que todas las causas y efectos de los accidentes potenciales hayan sido considerados. Y, finalmente tampoco puede asegurarse que la valoración de los incidentes y sucesos identificados sea la más conveniente.

La reproducibilidad de los resultados; el mismo estudio llevado a cabo en idénticas condiciones por diferentes especialistas puede generar resultados distintos. La carga subjetiva de los estudios hace que éstos sean difícilmente reproducibles.

La subjetividad de las conclusiones: la cantidad de documentación generada por el estudio y la falta de detalles importantes que sólo se materializan en la comunicación verbal de las sesiones de trabajo, hacen los análisis relativamente difíciles de interpretar.

La importancia de la experiencia: todas las técnicas que se presentan están basadas en mayor o menor grado en la experiencia adquirida y creatividad del o los analistas.

El nivel de confianza generado por el estudio: la subjetividad introducida en la valoración de los sucesos identificados puede generar cierto escepticismo respecto a los resultados del estudio.

Pese a las limitaciones aparentes de las técnicas de análisis que aquí se presentan, debe señalarse su versatilidad y su amplia utilización. En realidad, la experiencia demuestra que en una **Administración del Riesgo** adecuada, basada

siempre en una identificación correcta, el número de accidentes tiende a disminuir paralelamente a la disminución de la magnitud de sus consecuencias.

TABLA IV. 2 Técnicas de Identificación y Análisis de Riesgos apropiadas para diferentes Etapas del Proyecto		
No.	ETAPA DEL PROYECTO	TÉCNICAS RECOMENDADAS
1.	Todas las etapas	Auditorias al Sistema de Administración de la Seguridad Listas de Verificación Retroalimentación por parte de personal operario
2.	Investigación y Desarrollo	Índices de Riesgo Historial de Accidentes (Análisis Histórico de Accidentes) Retroalimentación por parte de personal operario
3.	Pre-Diseño	Índices de Riesgo Historial de Accidentes Retroalimentación por parte de personal operario
4.	Diseño	Listas de Verificación Auditorias de Seguridad Hazop, FMEA y FMEAC, FTA, ETA, WHAT-IF Retroalimentación por parte de personal operario
5.	Construcción	Listas de Verificación Auditorias de Seguridad Inspecciones y Pruebas
6.	Operación	Listas de Verificación Auditorias de Seguridad Pruebas Hazop, FMEA y FMEAC, FTA, ETA, WHAT-IF Retroalimentación por parte de personal operario

4.3.- Esquematización del análisis de riesgos y sus tratamientos.

(Clasificación y asignación de actividades del análisis de riesgo)

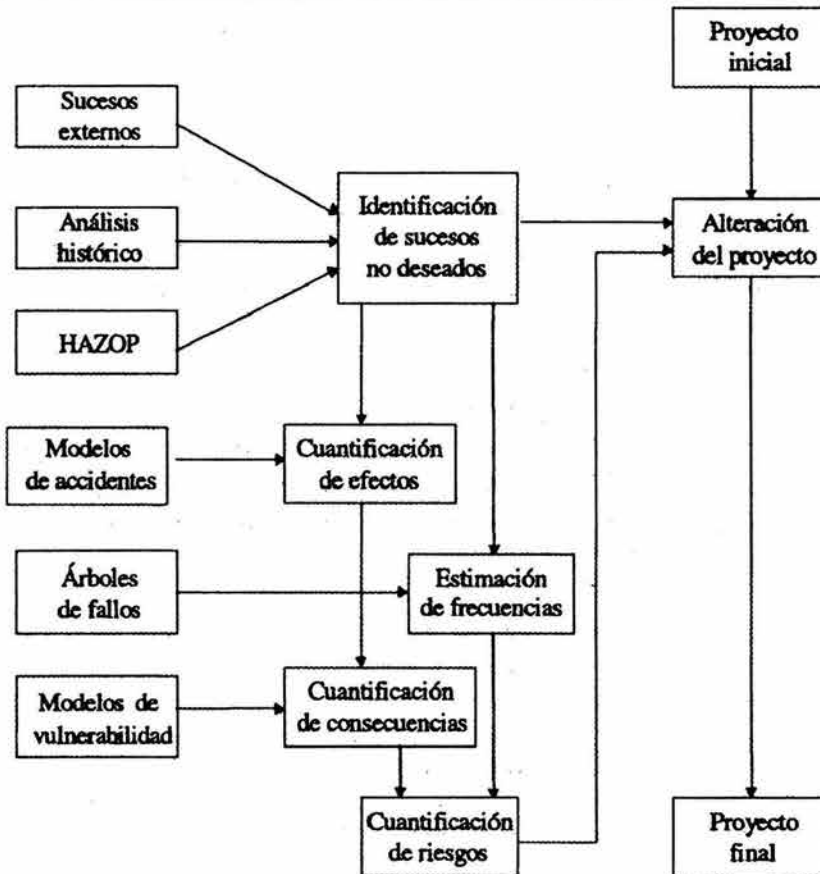
Reiteradamente se han descrito las etapas del Análisis de Riesgo, sin embargo, no se ha comentado cual es el tratamiento que requiere cada una de las etapas para su ejecución y conclusión del mismo. Incluso, el proceso de identificación de peligros tiene dos posibles tratamientos, el cual se da en función del objetivo que se persigue para un proyecto. Esto no quiere decir que cada etapa se detallará en su forma de desarrollo, sólo se pretende ubicar cada una ellas para la terminación del proceso de Análisis de Riesgos; el cual es representado de forma esquemática en la figura IV.2.

La evaluación de los diversos riesgos asociados a una instalación, proceso, o incluso, al transporte de materiales peligrosos, se lleva a cabo mediante el Análisis

de Riesgos, orientado a la determinación, con una aproximación razonable, de los aspectos siguientes:

- Accidentes que pueden ocurrir
- Frecuencia de estos accidentes
- Magnitud de sus Consecuencias

FIGURA IV.2
Proceso del Análisis de Riesgos



El primer paso es el estudio de los denominados **acontecimientos externos**, es decir, de los peligros que se generan de fuera de la instalación (por ejemplo: factores meteorológicos, efectos dominó por accidentes en otras fábricas, o accidentes durante la transportación de forma externa y que impacten a la instalación desencadenando un accidente mayor). Este estudio no supone ningún procedimiento especial, en sí mismo, se trata simplemente de analizar, con buen criterio y sentido común, todos los peligros posibles.

Referente a los propios peligros del sistema, proceso o instalación, la primera forma de analizarlos, puede ser, el **Análisis Histórico** consistente en el estudio de los accidentes ocurridos previamente en sistemas que presentaban alguna similitud con el que se está analizando. Así, el **Análisis Histórico y Listas de Verificación**, llevándolas a cabo de forma muy rápida pueden proporcionar de forma muy directa algunos puntos débiles del sistema, o pueden mostrar los peligros presumiblemente más esperados. No es, sin embargo, métodos que permitan explorar sistemáticamente los peligros de una determinada instalación o proceso. Por esta razón, deben ser complementados con otros procedimientos que implique una exploración, revisión o análisis exhaustivo de todos los orígenes posibles de accidentes. Las técnicas **HAZOP, WHAT-IF, FMEA, Auditorias de Seguridad e Índices de Riesgo**, están precisamente diseñadas para llevar a cabo esta tarea, aunque con desarrollos distintos y dependiendo también de la información disponible, se aplican con diferentes vertientes pero encaminadas hacia un mismo fin, que es el análisis de las causas y las medidas de solución. Estas técnicas también son conocidos como **Análisis Cualitativos o Semi-Cuantitativos** debido a que solo se limitan a indicar si ocurrirán o no los eventos o accidentes de los sistemas analizados.

Una vez identificados los peligros, deben cuantificarse todas sus consecuencias posteriores (aspectos que no se desarrollan en este trabajo). Para calcular sus efectos, es decir, radiación térmica en función del tiempo y la distancia, ondas de sobrepresión, distribución de concentraciones peligrosas en la atmósfera por ser tóxicas e inflamables, principalmente, se utilizan modelos matemáticos que permiten determinar dichos efectos de los accidentes. Para ello, se debe tener en cuenta que lo que se realiza son cálculos aproximados (Heurísticos) ya *estimación* resulta, pues, más apropiada que *cálculo*. A ésta etapa del proceso se le conoce como **Estimación de Consecuencias con Modelos de Efectos**, o de los **Modos de Efectos**.

Conocidos ya los valores aproximados de los efectos (efectos de dichas consecuencias sobre la población, es decir, Vulnerabilidad), debe establecerse cuáles serán las consecuencias cuando estos incidan en personas, en bienes o en el entorno; debe estimarse cual será el número de muertos y de heridos, cual será la destrucción provocada en edificios y equipos, y cual será el impacto sobre el entorno cuando un accidente determinado se produzca en un lugar. Esto se debe realizar mediante los **Modelos de Vulnerabilidad** que relacionan efectos y consecuencias (aspectos, de igual forma, no tratados en este trabajo).

Si el análisis se da por finalizado aquí, se habrá hecho simplemente un tratamiento de tipo **Cualitativo y Heurístico**, (se establece un valor razonablemente previsible de acuerdo a un grado de experiencia); es decir, el establecimiento de los peores accidentes o escenarios que pueden ocurrir y estimación de sus consecuencias. Para **estimar** de forma completa el riesgo, según la definición cuantitativa dada, debe hacerse un análisis más completo realizando, además, un tratamiento de tipo **Probabilístico**. Para llevar a cabo esto, que en definitiva equivale a estimar la **frecuencia** con que probablemente se producirá el accidente (si llegara a ocurrir, probabilidad definir curso de integridad), el instrumento más utilizado es el **Análisis Cuantitativo** de los denominados **Árboles de Falla** y en un menor caso los **Árboles de Eventos**, aún cuando son desarrollos con enfoque y objetivos diferentes. Al descomponer el accidente en los eventos más simples que lo generaron, se pueden asignar a cada uno de estos eventos o sucesos primarios su frecuencia de fallo. Esto permite mediante la combinación lógica de frecuencias o probabilidades, estimar la frecuencia con que presumiblemente sucederá el accidente. De éste modo se llega a obtener un **valor probabilístico** para **el riesgo de un accidente determinado**. Si éste valor es demasiado alto, se debe modificar el proyecto o instalación o el método de trabajo, hasta conseguir un riesgo tolerable, en el mejor de los casos. Este tipo de **toma de decisiones** es el proceso final del Análisis de Riesgos, el cual conlleva a la etapa de **Tratamiento de Riesgos y Gerencia o Administración de Riesgos**.

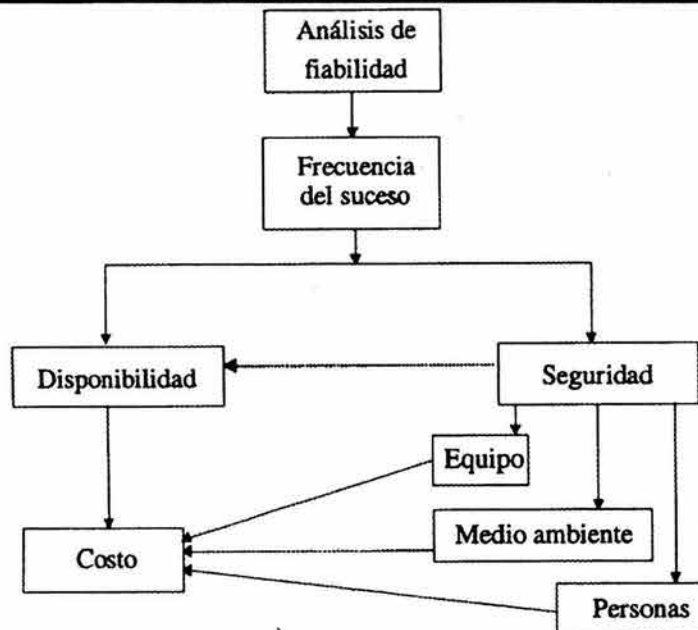
4.4.- Riesgo, fiabilidad y costo.

La frecuencia con que tendrá lugar un accidente está directamente relacionado con la probabilidad de que, en un momento dado, todos los componentes del sistema en cuestión estén en disposición de cumplir correctamente con la función para la cual se han previsto. La **frecuencia** de un accidente está estrechamente relacionada con la **disponibilidad** del sistema (*definida como la relación entre el tiempo durante el cual el sistema está en condiciones de operación correcta y el tiempo total*).

El estudio de **fiabilidad** de una instalación tiene una doble incidencia sobre el costo; por una parte, *incrementa la seguridad del sistema* y reduce o elimina el costo de un accidente (generalmente muy elevado); por otra parte, *permite aumentar la disponibilidad* del sistema, se eliminan las paradas involuntarias y como consecuencia, se incrementa la productividad.

El Análisis de Riesgo, por si mismo implica un costo, dividido en: el costo del equipo humano que realiza el estudio (*que varía en función de su extensión y variabilidad del mercado, por el tipo de firma que realice el estudio, el tamaño de la instalación, información necesaria a generar debido a que no esta actualizada o no se cuenta, la adquisición de sistemas informatizados, compañía que solicita el estudio, relaciones comerciales, comportamiento del mercado por aspectos legales o clima del entorno, rapidez del estudio, tiempo de desarrollo normal y tamaño de la instalación, personal que participa, etc.*) y el que se origina casi siempre adicional para el proyecto o instalación, debido a las modificaciones y aumento de instrumentación, elementos redundantes, sistemas de mitigación, controles administrativos, etc.

FIGURA IV.3
Interacción de la Seguridad v los Costos



Los costos asignados al desarrollo de una técnica, objetivamente deberían de estar en función del tamaño de la instalación o sistema, el objeto de estudio y el número de técnicas a aplicar; y en un momento dado la información disponible que se utilizará para su ejecución. Sin embargo, en el mercado nacional se presentan algunas variaciones entre las compañías que realizan dichos estudios, el caso es que para una empresa que pretende realizar una identificación de riesgos puede recibir tres cotizaciones con precios totalmente diferentes para un mismo proceso.

Esta es la razón principal por la cual no se realizan comparaciones económicas entre las técnicas. Pero para fines de generalización se presenta la siguiente tabla en cual, razonablemente y con base a los dos conceptos fijos invariables como son:

I.- La disponibilidad de la información para generar el estudio

II.- El tamaño del proceso

Se presenta un comparativo del costo y tiempo estimado entre las técnicas.

*Supongamos un proceso específico de cierto tamaño bien definido, para un **Compañía X** con toda la información y elementos necesarios para poder*

desarrollarlo; el tiempo requerido para su desarrollo y costo comparativamente deberían mantener la siguiente relación:

No.	TECNICA	COSTO	TIEMPO
1.	ANÁLISIS HISTÓRICO DE ACCIDENTES	1	1
2.	HAZOP	4	4
3.	WHAT-IF	3	3
4.	FMEA	3	3
5.	FMEAC	3	3
6.	AAF	4	4
7.	AAE	3	2
8.	LISTAS DE VERIFICACIÓN	1	1
9.	AUDITORIAS DE SEGURIDAD	2	3
10.	INDICES DE RIESGO	2	2

NOTA: De 1 para el menor y 4 para el mayor

Sin embargo, también puede verse afectado debido a la cantidad de personal del equipo de trabajo participante. Esto puede variar entre 1, 2 o 3 personas y aún así podrían desarrollarlo apropiadamente. Naturalmente que el tiempo tiene una relación directa con el costo, es decir, entre más rápido se solicite el trabajo el costo aumentará considerablemente, pero incluso, aún así pueden existir ciertas variaciones entre las compañías que presten el servicio.

Razones por la cual puede incrementarse o disminuir el tiempo para el desarrollo de una técnica:

- Recopilación de la información
- Generación de la información
- Un equipo de trabajo limitado
- Indisponibilidad para el trabajo en equipo
- Poca disponibilidad para desarrollar la técnica en las instalaciones o por parte del personal participante
- Tamaño del objeto de estudio

Posibles costos que pueden incidir como consecuencia de no aplicar un Análisis de Riesgos:

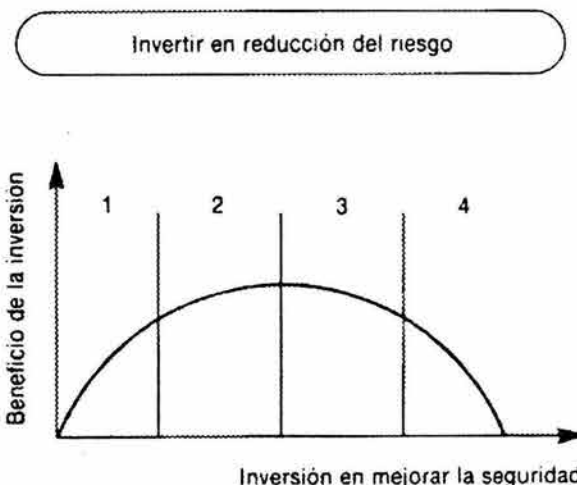
1. Pago de multas
2. Remediación a medio ambiente

3. Daños a terceros
4. Pérdida de materia prima, insumos y productos
5. Daños a instalaciones y equipo
6. Pérdida de información administrativa y de producción
7. Daño a la imagen de la compañía
8. Tiempo perdido en el mercado por recuperación
9. Adquisición de nuevo equipo e instalaciones
10. Adecuación a la normatividad
11. Clausura o cierre de instalaciones temporal o definitivamente
12. Obtención de nuevos permisos y ejecución de trámites
13. Capacitación y entrenamiento a nuevo personal
14. Pago de prima o un costo del seguro más alto

4.5.-Comparación entre la Rentabilidad y la Reducción de Riesgo (*Factor económico como elemento esencial en la Toma de Decisiones*)

Los recursos económicos en cualquier actividad son sumamente cuidados, y como se ha señalado, el **Análisis de Riesgos** es una herramienta valiosa en la **toma de decisiones** en cuanto al destino de los fondos disponibles para inversiones en seguridad. Dado el costo económico que los accidentes tienen para la industria, está claro que, incluso si no hubiese riesgo para la vida y la salud de las personas un cierto nivel de inversión se justificaría simplemente aplicando criterios de rentabilidad o productividad. Por esta razón, en la siguiente figura se analiza las diferentes zonas de una gráfica que relaciona el nivel de seguridad contra la rentabilidad de una compañía, teniéndose lo siguiente:

FIGURA IV.5
Rentabilidad de la Compañía vs. Reducción de Riesgos



Es en la **Zona 1** de la figura, en la que con una inversión pequeña se consiguen beneficios importantes, obteniendo una alta rentabilidad económica capaz de competir ventajosamente con otras inversiones posibles.

En la **Zona 2**, aunque la inversión sigue siendo provechosa, probablemente no podría justificarse como tal la inversión frente a otras de mayor rentabilidad aduciendo únicamente razones económicas. A pesar de ello, cierta parte (razonablemente grande) de las empresas invierten también en la Zona 2, generalmente son empresas de prestigio o que durante sus operaciones se han presentado situaciones de alto riesgo. Aquí, también entran en juego otras razones de difícil cuantificación (razones éticas, de imagen de la empresa, políticas del grupo, certificaciones, etc.) pero sin duda de gran importancia. Aumentan su confiabilidad, garantizan al mercado una eficiencia elevada, se preocupan por sus recursos humanos y el ambiente, convirtiendo en compañías innovadoras y de excelencia, razón más para distinguirlas de las demás.

Estas mismas razones pueden aconsejar seguir invirtiendo en seguridad, aunque la inversión deje de tener una rentabilidad aceptable, con lo que se entraría en la **Zona 3**.

Elevar el nivel de inversión hasta entrar en la **Zona 4** implicaría dejar de ser competitivos con las industrias del sector. Si el estado de una empresa en

particular es tal que las inversiones requeridas en seguridad son de esta magnitud, la opción habitual es el cese de la actividad industrial.

Así, esta figura de manera rápida y de forma muy preliminar permite conocer el papel que juega la seguridad en los costos de una compañía, lo cual merece un estudio más profundo y detallado; y es precisamente la Identificación de Riesgos del proceso de Análisis de Riesgos el motor que impulsaría a conocer el impacto económico de los accidentes de una instalación incursionando así al área de Administración de Riesgos.

A manera de referencia la justificación de la inversión debe hacerse cuando sé esta en la siguiente matriz, o es injustificable cuando se está en la siguiente zona de la misma. Aunque lo óptimo es realizar inversiones para llegar al siguiente punto que podría llamarse el justo medio.

4.6.- La Identificación de Riesgos como base de la administración de la seguridad del proceso

La identificación y caracterización de riesgos puede y debe realizarse durante toda la vida de la instalación. Sin embargo, como se ha señalado, cuanto antes comience, mayores son las ventajas que pueden esperarse en cuanto a la eficacia en la reducción de riesgo y en cuanto al costo de la seguridad instalada. Desde ese punto de vista, la identificación de riesgos en la fase de definición del proceso puede permitir eliminarlos o reducirlos mediante la selección de rutas que posean una mayor seguridad intrínseca por las condiciones del proceso en sí, por los materiales y reactivos utilizados, por los niveles de inventario requeridos, etc.

El Análisis de Riesgo comprende un grupo de actividades que incluyen análisis de peligros para la administración continua del riesgo de seguridad. En términos simples, mientras no se conozcan y comprendan los peligros, no pueden ser administrados de forma realista. En este sentido, la Identificación de Peligros para seguridad es el fundamento sobre el cual se construye la **Administración del**

Proceso de Seguridad. Si los peligros no son identificados, no pueden considerarse para poner en práctica un programa de reducción de riesgos o atenderse por planes de respuesta de mitigación o de emergencia. Un buen programa de identificación de riesgos detectará peligros potenciales importantes, rendirá descripciones precisas de los peligros de manera adecuada para evaluaciones cualitativas o cuantitativas posteriores, y permitirá un juicio de la seriedad de cada peligro que pudiera presentarse dentro de un período razonable.

Las compañías pueden considerar el Análisis de Riesgos al desarrollar un nuevo proceso, modificar un proceso existente, o responder a necesidades o presiones internas o externas. Un **motivador interno** para aplicar un Análisis podría ser, por ejemplo, una decisión administrativa después de varios incidentes o “casi ocurrencias” de situaciones de alto riesgo con la finalidad de comprender, documentar y controlar los peligros de dicho proceso que lo generó.

Los **motivadores externos** incluyen códigos industriales voluntarios, las reglamentaciones oficiales y las presiones por parte de la comunidad adyacente. Puntualizando, la Identificación de Peligros pueden aplicarse a varias situaciones como son:

- I. Cumplimiento de la Legislación, reglamentos y disposiciones oficiales
- II. Seguridad para los trabajadores y de la población
- III. Seguridad del proceso y continuidad
- IV. Transportación de materiales peligrosos
- V. Prevención de pérdidas, seguros y responsabilidades
- VI. Ubicación de instalaciones, diseño y tecnología
- VII. Condiciones del gremio, aplicación voluntaria, reconocimientos y certificaciones que mejoren la imagen en el mercado.

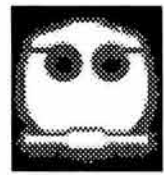
4.7.- Recomendación en cuanto a la frecuencia para la realización de la Identificación de Riesgos.

“...la identificación de riesgos debe realizarse periódicamente a lo largo de toda la vida de operación del proceso... , pero, ¿con qué frecuencia?”

La gerencia deberá determinar la frecuencia de las revisiones de peligros basada en factores como incidentes con alto potencial de pérdidas, las consecuencias potenciales de peligros residuales conocidos, desde que se revisó el proceso por última vez; el potencial de riesgos resultantes de la corrosión, posibles desviaciones durante el mantenimiento o desgaste físico, etc.. Un mecanismo de control, como la Auditoria de Seguridad (o Listas de Verificación e incluso, Índices de Riesgos) es un de los mejores sistemas para conocer el nivel de seguridad o riesgo de un proceso o instalación, por ello, al introducirse como elemento de control y documentarse, las conclusiones pueden arrojar o confirmar la necesidad de conocer más afondo una situación peligrosa y su potencial extensión a consecuencias accidentales. Así se provee de información para decidir cuando debe realizarse una identificación de riesgos, que generalmente podría ser bajo las siguientes circunstancias:

1. Modificaciones al proceso (condiciones de operación, nuevos equipos, nuevas sustancias involucradas, nuevos mecanismos de reacción, etc.)
2. Ampliaciones de la instalación, aumento de producción o de almacenamiento.
3. Adición de nuevos componentes o nuevas operaciones.
4. Cambio de proceso o inclusión de un proceso nuevo.
5. Cambio o reubicación de la instalación o proceso.
6. Cambios, modificaciones o nueva legislación de seguridad.
7. Cuando han ocurrido incidentes o situaciones que pudieron haber terminado en accidentes.
8. Cuando se ha modernizado el proceso y se van a colocar nuevas funciones.
9. Cuando ha pasado suficiente tiempo (1,2 o 3 años dependiendo de lo crítico del proceso) y verificar que todo sigue operando satisfactoriamente.
10. Cuando un código, norma o práctica lo indica dentro de sus requerimientos.
11. Para determinar si un proceso, equipo o instalación funciona de forma eficaz, o de acuerdo a lo esperado, o apropiadamente.

Estos factores dictarán las fechas o los períodos para la realización del proceso de Identificación de Riesgos.



CAPITULO 5

Conclusiones

CAPITULO 5

CONCLUSIONES.

Como resultado del presente trabajo referente a los accidentes mayores y actividades de alto riesgo en la industria química, las técnicas de identificación de riesgos como parte del proceso de análisis de riesgos y la legislación aplicable a este tema, se presentan las siguientes conclusiones:

1. Un factor determinante para que las industrias que realizan actividades altamente riesgosas, principalmente la química y del petróleo, tomen medidas para cualquier tratamiento de sus riesgos, ha sido el desarrollo de una legislación en la materia que las obligue a analizarlos. En nuestro país, el marco legal relativo a la Identificación y Análisis de Riesgos es promovido principalmente por la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, fundamentada en el Art. 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como en sus Listados de Actividades Altamente Riesgosas y Guías para el desarrollo de Estudios de Riesgo Ambiental.
2. También, el cumplimiento con la legislación referente a la Identificación y Análisis de Riesgos por la industria, es impulsado por la creación de lineamientos y sistemas de gestión por parte de asociaciones e institutos, quienes han desarrollado modelos o guías enfocadas a mejorar la seguridad de los procesos, la detección de fallas potenciales y la prevención de accidentes mayores. Aunque cabe mencionar, que dichos sistemas o lineamientos no son todos de carácter obligatorio.
3. Es posible observar que las distintas normas, lineamientos y sistemas de gestión desarrollados para la administración de la seguridad en los procesos, coinciden en establecer como etapa inicial la Identificación de Riesgos en la instalación o proceso. Esto es con la finalidad de determinar

los escenarios de mayor riesgo y así, la Dirección de la compañía pueda enfocar sus esfuerzos en mejorar la seguridad de sus procesos de acuerdo a los fallos potenciales previamente detectados.

4. Como se mencionó en el Capítulo 1, las principales causas de los accidentes considerados como mayores o industriales han sido las fallas operacionales y las fallas mecánicas de los equipos y componentes. Por esta razón, las técnicas mencionadas en el Capítulo 3 tienen por lo menos como uno de sus objetivos, el identificar una de las dos tipos de fallas preponderantes en los accidentes de estas características.
5. Las técnicas de Identificación de Riesgos no sólo determinan las fallas y las medidas para su solución en un proceso o instalación, también propician el desarrollo o actualización de la información del proceso y fomentan de alguna forma, la integración de los recursos humanos y el trabajo en equipo de las diferentes áreas de la empresa que participan para su desarrollo.
6. Aún cuando las técnicas de Identificación de Riesgos tienen el mismo objetivo de forma genérica, que es identificar fallas causantes de accidentes mayores, difieren en sus metodologías y por consiguiente en sus resultados, así que. la elección de una u otra dependerá de qué tipo de resultados se desean obtener y para que serán utilizados. Por lo que se ha elaborado la siguiente tabla que pretende ayudar a la elección de las técnicas en función de la información que analiza y los resultados que aporta:

TABLA V.1
 Información desmembrada por las Técnica

ASPECTOS	TECNICAS DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS									
	ANALISIS HISTORICO DE LOS ACCIDENTES	HAZOP	WHAAT IF	FMEA	FMEAC	ARBOL DE FALLAS	ARBOL DE EVENTOS	LISTAS DE VERIFICACIÓN	AUDITORIAS DE SEGURIDAD	INDICES DE RIESGO
1. IDENTIFICA FALLAS QUE OCASIONARÍAN ACCIDENTES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2. IDENTIFICA CAUSAS DE ESTAS FALLAS QUE OCASIONARÍAN ACCIDENTES (errores humanos por la forma o el modo de operación, fallas mecánicas)		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3. ANALIZAN EL ACCIDENTE PARA DETERMINAR										
3.1. Las causas que originan las fallas		<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	
3.2. Las Consecuencias (tipo de accidentes, estiman sus consecuencias (modelos) y sus efectos (vulnerabilidad de forma genérica, estableciendo una Gravedad)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
3.3. Analiza la interacción de la fallas múltiples que lo desencadenan		<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>
3.4. Analiza la respuesta de los sistemas existentes para la prevención o mitigación del accidente		<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.5. Por consiguiente, Jerarquiza para ubicarlos de mayor a menor importancia por su probabilidad de sus ocurrencia y/o las consecuencias que puede ocasionar.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>
3.6 Aporta recomendaciones directas para su eliminación o mitigación.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
4. DE TIPO CUALITATIVO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5. DE TIPO SEMI-CUANTITATIVO		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
6. DE TIPO CUANTITATIVO (PROBABILÍSTICO)					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
7. DE TIPO DETERMINÍSTICO										

De esta tabla se puede concluir lo siguiente:

7. Invariablemente, cualquier técnica para que sea considerada como de Identificación de Riesgos debe cumplir con el punto No. 1, es decir, debe señalar las fallas que potencialmente pueden ocasionar un accidente.

8. Si se desea conocer lo mejor posible la mayoría de los riesgos potenciales de un proceso o instalación, será necesario aplicar más de una técnica de Identificación de Riesgos. En esta razón de conocimiento, la Dirección de la compañía estará en mejor posición para tomar las decisiones que considere más convenientes sobre los fallos potenciales y riesgos detectados.

9. El HAZOP, el Análisis de Árbol de Fallas, el Análisis de Modos de Falla y Efectos y, en cierta medida, los Índices de Riesgo, dada su metodología de desarrollo son de las técnicas que combinadas en su aplicación disminuyen la posibilidad de omitir causas de accidentes o, permiten de manera más completa detectar las fallas, conocer el modo de falla y por consiguiente, las medidas de solución.

10. Sin embargo, aun cuando las técnicas mencionadas en el punto anterior podrían ser de las más completas, la selección de éstas o cualquier otra depende fundamentalmente para cumplir con su objetivo y apropiada aplicación, de la información disponible y actualizada sobre el proceso o instalación de estudio.

11. Las Auditorías de Seguridad, deben mencionarse como un punto a parte, debido a su versatilidad y gran campo de aplicación tienen la característica de no sólo identificar las posibles fallas o causas de accidentes, sino también de verificar la siguiente parte del proceso de identificación de Riesgos, que es la implementación de las medidas correctivas así como la retroalimentación a la Dirección sobre el curso que lleva el sistema de seguridad del proceso o instalación implantado.

12. Posiblemente, la limitación más importante de las técnicas es que ninguna puede pronosticar con exactitud que tipo de accidente ocurrirá y en que momento, es decir, ninguna de las técnicas es de carácter determinístico.

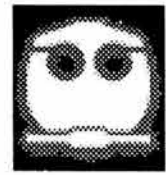
13. En todas las técnicas, tanto la información necesaria para su desarrollo como los conocimientos técnicos relacionados al proceso de quienes participan, es fundamental para obtener resultados correctos, principalmente la experiencia y conocimientos en seguridad y análisis de riesgos del coordinador del estudio, pues en él recaen muchos elementos que definen el curso del mismo, como son: la correcta ejecución de la técnica, la apropiada conformación del grupo de trabajo y la selección del

personal clave para el análisis del proceso; que cada reunión sea fructífera generando un clima apropiado y discusiones orientadas siempre a la solución de los problemas. Finalmente que los resultados sean expresados de forma tal que reflejen la problemática de la instalación o proceso y la Dirección pueda así continuar con el Análisis de Riesgos y tome las decisiones que consideren convenientes.

14. Los accidentes mayores sin duda ocasionan graves pérdidas económicas a una compañía, esta razón debe motivar a una organización a la aplicación del proceso de Identificación de Riesgos y por consiguiente un Análisis de Riesgos. Esto le permitirá a la Dirección de una compañía sensibilizarse, al conocer los escenarios accidentales, principalmente los más catastróficos, y entonces así, tomar las medidas para el tratamiento de sus riesgos (como se ha mencionado reiteradamente).
15. La clara definición de los resultados que se pretenden obtener y el saber para qué serán empleados debe ser el factor primordial para la selección de una técnica de Identificación de Riesgos y no el costo derivado de su aplicación ni el tiempo para su ejecución.
16. La etapa de Identificación de Riesgos sólo es el inicio del proceso de Análisis de Riesgos y para concluirlo, requiere de seguir evaluando los posibles escenarios al determinar sus efectos y consecuencias de accidentes que pueden suscitarse en una instalación o proceso. Sin embargo, la Identificación de Riesgos es el paso más importante para tomar las acciones concernientes que mejoren la seguridad de una instalación o proceso.
17. Lo más importante de una Análisis de Riesgos es el establecimiento de los escenarios accidentales, en especial los más catastróficos y de mayor probabilidad, esta determinación de escenarios es la base para definir la forma en que serán administrados los riesgos y es precisamente a través

de las técnicas de Identificación de Riesgos, complementada con la modelación de escenarios, quien proporciona dicha información.

18. No obstante que el presente trabajo sólo abarca los modelos de falla de un Estudio de Riesgos completo, son éstos la base para la modelación de las consecuencias, que junto con los primeros definen los posibles escenarios que se pudieran presentar en una planta química; y del estudio de severidad de dichos escenarios se tiene la base para un análisis financiero que a su vez permita mediante un estudio de administración de riesgos bajo que condiciones se pueden transferir a una compañía aseguradora, o bien cuales se pueden retener; lo cual requiere un desarrollo de trabajo aparte.



Referencias bibliográficas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acuerdo por el que la Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología con fundamento en lo dispuesto en los Artículos 5to Fracción X y 146 de la Ley General del equilibrio ecológico y la Protección al Ambiente; 27 Fracción XXXII y 37, Fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Expiden el Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas. Diario Oficial de la Federación del 28 de marzo de 1990.
2. Acuerdo por el que la Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología con fundamento en lo dispuesto en los Artículos 5to Fracción X y 146 de la Ley General del equilibrio ecológico y la Protección al Ambiente; 27 Fracción XXXII y 37, Fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Expiden el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas. Diario Oficial de la Federación del 4 de mayo de 1992.
3. Asociación Española de Normalización y Certificación. Manual de Normatividad Ambiental para Empresas. Aranzandi, España 2000.
4. Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ). Responsabilidad Integral. Código de Prácticas Administrativas de Seguridad y Salud en el Trabajo. México 1994.
5. Bassel, William D. Preliminary Chemical Engineering Plant Design. Elsevier, USA 1976.
6. Bestratén, Belloví Manuel. Análisis de Riesgos mediante el Árbol de Sucesos, Nota Técnica de Prevención NTP 328. Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales (España). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
7. Bestratén, Belloví Manuel. Los Análisis de Peligros y Operabilidad en Instalaciones de Proceso, Nota Técnica de Prevención NTP 238. Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales (España). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo-
8. Braver, Roger L. Safety and Health for Engineers. Van Nostrand Reinhold, USA 1990.
9. Casal, Joaquim, Montiel, Helena, Planas, Eulalía. Análisis del Riesgo en Instalaciones Industriales. Alfaomega y Ed. UPC (Universitat Politècnica de Catalunya), Colombia 2001.

10. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers. Guidelines for Auditing Process Safety Management Systems. USA 1993.
11. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers. Plant Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety. USA 1992.
12. Cheremisinoff, Nicholas P. and Graffia, Madelyn. Safety Management Practices for Hazardous Materials. Marcel Dekker Inc. USA 1996.
13. Colling, David A. Industrial Safety Management and Technology. Prentice Hall Inc. USA 1990.
14. Comisión de las Comunidades Europeas. Propuesta de DIRECTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, por la que se modifica la Directiva 96/82/CE, de 9 de diciembre de 1996, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. (presentada por la Comisión). COM(2001) 624 final 2001/0257(COD). Bruselas 10.12.2001 en <http://212.101.69.235/PRLCV/links.htm>
15. Comité Técnico de Normalización Nacional de Sistemas de Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo. Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C., Norma Mexicana NMX-SAST-001-IMNC-2000 Sistemas de Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo – Especificación. México 2001.
16. Comité Técnico Nacional de Normalización de Sistemas de Calidad, Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C., Asociación Mexicana de Calidad. Norma Mexicana NMX-CC-7/1-1993-SCFI Directrices para Auditar Sistemas de Calidad –Parte 1- Auditorias. México 1993.
17. Contribución de la OIT al programa Internacional PNUMA/OIT/OMS de Seguridad en las Sustancias Químicas (IPCS). Control de Riesgos de Accidentes Mayores, Manual Práctico. Alfaomega, México 1993.
18. Cortinas, de Nava Cristina. Promoción de la Prevención de Accidentes Químicos 2. Instituto Nacional de Ecología (INE), SEMARNAP. México D.F. 1999.
19. Cousins, Mary. 1994 Process Plant Safety Synposium. Engineering, Technology, and Management for the Design and Operation of Safer Process Plants. Anderson, Greenwood & Co. Volumen 1 and 2. Subsidiary of Keystone International. Sponsor AIChE.

20. De la Poza, José Ma. Seguridad e Higiene Profesional. Paraninfo, S.A. Madrid, España 1990.
21. Dennis, Pascal. Quality, Safety and Environment. Synergy in the 21st Century. ASQC Quality Press USA 1997.
22. Elvers, Barbara, Hawkins, Stephe and Russey, William. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Fifth, Completely Revised Edition. Vol. B7 Environment Protection and Industrial Safety. VCH Republic Federal of Germain 1995.
23. Eastwood, Terry W. Analyze Hazards for Existing Plants. Engineering Progress. January 1994.
24. Garrett, Jack T; Cralley, Lewis J; Cralley Lester V. Industrial Higiene Management. Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, USA 1988.
25. Garrison W.G. Major Fires and Explosions Analyzed for 30-years Period. Hydrocarbon Processing. May 1993.
26. Gloss, David S. and Gayle, Wardle Miriam. Introduction to Safety Engineering. John Wiley & Sons USA 1984.
27. Greenberg, Harris and Cramer, Joseph J. Risk Assessment and Risk Management for the Chemical Process Industry. Stone & Webster Engineering Corporation. Van Nostrand Reinhold. New York, USA 1991.
28. Grimaldi, John V. y Simonds, Rollin H. La Seguridad Industrial y su Administración. Alfaomega, México D.F. 1991.
29. Goyal R.K. FMEA, the Alternative Process Hazard Method. Hydrocarbon Processing. May 1993.
30. González, González Carlos. ISO 9000, QS 9000, ISO 14000 Normas Internaciones de Administración de la Calidad, Sistemas de Calidad y Sistemas Ambientales. McGraw-Hill, México 1998.
31. Guetsch, David L. Industrial Safety and Health. In Age of Highly Technology for technologists, Engineers, and Managers. Macmillan Publishing Company, USA 1993.
32. Hettig S.B. A Proyect Checklist of Safety Hazards. Chemical Engineering. December 1996.
33. Instituto Nacional de Ecología (INE). Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas. Guía para la Elaboración de Estudios de Riesgos (Instalaciones en Operación).

34. Instituto Nacional de Ecología (INE). Dirección General de Residuos, Materiales y Riesgo, Comité de Análisis y Aprobación de los Programas para la Prevención de Accidentes (COAAPPA). Guía para la Elaboración de los Programas para la Prevención de Accidentes, Rev. 06. 2da Impresión, México 1995.
35. Kenney, William F. Process Risk Management Systems. VCH Publishers Inc. USA 1993.
36. Kletz T.A. Organization Have No Memory When It Comes to Safety. Hydrocarbon Processing. June 1993.
37. Kletz, Trevor. ¿Qué falló?...Desastres en Plantas con Procesos Químicos ¿Cómo Evitarlos?. McGraw-Hill España 2002.
38. Kolluru, Rao; Bartell, Steven M; Pitblado, Robin; Stricoff, R. Scott. Manual de Evaluación y Administración de Riesgos. McGraw-Hill México 1998.
39. Lees, F.P. Loss Prevention in the Process Industries. Butterworth-Heinemann. Londres 1980
40. Mukesh, D. Include HAZOP Analysis in Process Development. Chemical Engineering Progress. Junio 1994.
41. Noyes, Robert. Handbook of Leak, Spill and Accidental Release Prevention Techniques. Noyes Publications USA 1992.
42. Occupational Safety and Health Administration. Process safety management of highly hazardous chemicals. - 1910.119 en http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9760&p_text_version=FALSE
43. Piqué, Adanuy Tomás. Investigación de Accidentes: Árbol de Fallas, Nota Técnica de Prevención NTP 274. Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales (España). Instituto Nacional de Seguridad E Higiene en el Trabajo .
44. Protección Civil España. Guía Técnica: Métodos Cualitativos para Análisis de Riesgos.
45. Protección Civil México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos en México. Riesgos Químicos. Secretaria de Gobernación. 2000.
46. Prugh, E.W. Application of Fault Tree Analysis. Loss Prevention V 14 of AIChE. New York 1981.

47. Rodellar, Lisa Adolfo. Seguridad e Higiene en el Trabajo. Marcombo S.S. Boixareu Editores Productiva, España 1988.
48. Sánchez, Meza Raúl. Apuntes del Curso de Análisis de Riesgo para COPAMEX. Instituto Nacional de Control Total de Pérdidas, S.A. de C.V. México, 2000.
49. Santamaría Ramiro, J.M. and Braña Aísa, P.A. Risk Analysis and Reduction in the Chemical Process Industry. Blackie Academic & Professional. Great Britain 1998.
50. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación 13 de diciembre de 1996, México.
51. Secretaria del Trabajo y Previsión Social. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-005-STPS-1998, Relativa a las Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo para el Manejo, Transporte y Almacenamiento de Sustancias Químicas Peligrosas. Diario Oficial de la Federación 2 de Febrero de 1999 México.
52. Secretaria del Trabajo y Previsión Social. Proyecto de NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-008-STPS-1999, Administración de la Seguridad en los Procesos de Alto Riesgo. México 1999.