

10523
2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN



IDENTIFICACION DE RIESGOS EN EL LABORATORIO
EXPERIMENTAL MULTIDISCIPLINARIO DE INGENIERIA de
QUIMICA (NAVE 1000) Exámenes Profesionales

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

QUIMICO

PRESENTA:

EDGAR ANGELES CRUZ

ASESORA: I.A. ANA MARIA SOTO BAUTISTA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. MEX

2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Identificación de riesgos en el laboratorio experimental multidisciplinario
de ingeniería química (Nave 1000).

que presenta el pasante: Edgar Angeles Cruz
con número de cuenta: 8930517-1 para obtener el título de :
Químico

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de Septiembre del 2002

PRESIDENTE	<u>Q. Elia Catalina León Arias</u>	<u>[Firma]</u>
VOCAL	<u>Q. Celestino Silva Escalona</u>	<u>[Firma]</u>
SECRETARIO	<u>L.A. Ana Ma. Soto Bautista</u>	<u>[Firma]</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Q. Ma. Alejandra Rodríguez Pozos</u>	<u>[Firma]</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Q. Laura Gómez Anzaldo</u>	<u>[Firma]</u>

"Esta es una muestra que si se quiere, se puede"
Q. Leticia Cosío
Generación XIX de Química

"Aquí estamos para aprender"
Lic. Noé Martínez,
Jefe de Personal MACROPOL SA de CV

"La única pregunta tonta es la que no se hace"
Ing. Ambrosio Contreras
Maestría en Higiene y Seguridad

AGRADECIMIENTOS

A la Ingeniera Ana María Soto Bautista por auxiliarme y guiarme en la realización del presente trabajo.

A mis sinodales los Químicos Elia Catalina León Arias, Celestino Silva Escalona, Ma. Alejandra Rodríguez Pozos y Laura Gómez Anzaldo por la rápida y oportuna revisión de esta tesis, así como su colaboración para mejorarla.

A todas las personas que han colaborado para hacer de mí lo que soy (algo de culpa habrían de tener):

A mis padres:

Carlos Juan Ángeles y Loyda Yolanda Cruz

A mis hermanos:

Carlos, Omar e Iliana.

A todos mis compañeros de la escuela, especialmente a mis condiscípulos de la generación XIX de la carrera de química y de la generación 27 del Diplomado en Seguridad en el Trabajo y Salud Ocupacional, a mis maestros, a mis compañeros de trabajo (químicos, ingenieros, licenciados –de todo tipo y especie- y doctores –PhD's y médicos-) y amigos en general.

A los miembros del Compañerismo Estudiantil A.C. y del Grupo Bíblico de Campo 1.

En especial a las siguientes personas: Imelda Bonifas, Maricela Cárdenas, Esteban Cortés, Guillermo Díaz (†), José Guadalupe López, Rosita Handam, Vanessa López, Noé Martínez, Mariela Narváez y Mario Pacheco, entre otros.

Al único y sabio Dios nuestro Salvador, sea gloria y majestad, imperio y potencia, ahora y por todos los siglos.

INDICE

Introducción	
Resumen	
Objetivos.....	1
Capítulo I	
Generalidades	
1.1 Conceptos	2
1.2 Análisis de riesgos	7
1.3 Factores que producen un accidente	7
1.4 Procedimiento seguro	11
1.5 Marco legal	14
Capítulo II	
Análisis de riesgos	
2.1 Etapas involucradas en el análisis de riesgos	16
2.2 Aplicación del análisis de riesgos.	23
2.3 Campos del análisis de riesgos	24
2.4 Descripción de las técnicas utilizadas	27
Capítulo III Descripción del sitio	
3.1 Descripción del LEM	47
3.2 Área experimental	49
3.3 Recursos humanos	51
Capítulo IV	
Aplicación del estudio	
4.1 Resultados.....	55
4.2 Análisis de resultados.....	64
Conclusiones	67
Anexo I	69
Anexo II	73
Bibliografía	74

OBJETIVO GENERAL:

Realizar la identificación de riesgos del Laboratorio Experimental Multidisciplinario de Ingeniería Química Nave 1000 (LEM) ubicado en el campo 1 de La Facultad De Estudios Superiores "Cuautitlán" de la Universidad Nacional Autónoma de México

OBJETIVOS PARTICULARES:

- Recopilar y organizar la información básica acerca de los aspectos teórico - prácticos de la identificación de riesgos.
- Reconocer y evaluar las características de las instalaciones existentes en el (LEM), donde se llevará a cabo la identificación de los riesgos existentes.
- Realizar la identificación de los riesgos existentes en el (LEM) mediante la aplicación de algunas técnicas de análisis de riesgos.
- Evaluar las condiciones de seguridad y de riesgo existentes en el (LEM).
- Establecer las recomendaciones pertinentes que emanen de la identificación de riesgos realizada a fin que en caso de ser necesario se implementen y mejoren las condiciones existentes en la planta piloto (nave 1000), a fin de evitar y disminuir la incidencia y la gravedad de los accidentes que se pudieran llegar a presentar en el desarrollo académico de los estudiantes, así como en las actividades del personal docente, administrativo y sindicalizado que labora en dichas instalaciones.

GENERALIDADES

Dentro de cualquier actividad que el hombre lleva a cabo existe la posibilidad de sufrir algún daño, es decir, está expuesto a riesgos de cualquier tipo, tal es el caso particular del profesional de la química, que se encuentra en un ambiente de trabajo donde existen factores extraordinarios que ponen en riesgo su salud así como su integridad física (ruido, sustancias químicas, iluminación inadecuada, temperaturas fuera de lo normal, etc.).

Por lo anterior, desde su etapa de formación debe estar consciente del peligro al que se encuentra expuesto en su vida cotidiana, sin embargo no es suficiente estar consciente del peligro y de los riesgos a los que está expuesto, es mejor saber identificarlo y en su caso cuantificarlo; es decir hay que conocerlo, lo cual nos ayuda para poder controlarlo.

Antes de dar inicio al presente trabajo, es importante conocer algunos conceptos relacionados con la seguridad en los procesos:

1.1 CONCEPTOS

En los párrafos anteriores nos hemos referido a los términos peligro y riesgo, los cuales tienden a usarse de manera indiscriminada por lo que aquí diferenciaremos uno de otro:

1.1.1 Peligro:

Cualquier evento (reacción química, mal funcionamiento del equipo o error humano) o característica (toxicidad, inflamabilidad, reactividad presión o temperatura elevada), que permite que suceda algún mal a la salud humana, al medio ambiente o a la propiedad ^(1,2,3).

Es una condición para que suceda algún mal a una persona, población o al ambiente, estas condiciones pueden ser toxicidad, inflamabilidad, corrosividad, altas presiones, altas temperaturas, en cada uno de estos casos existe un peligro pero no necesariamente un riesgo ^(4,5).

1.1.2 Riesgo:

La palabra riesgo tiende a usarse de muchas y diferentes maneras:

- Es la exposición al peligro, es la probabilidad que ocurra un evento que provoque una lesión o un daño⁽⁶⁾.
- Característica física o química de un material, sistema, proceso o planta que tiene el potencial de causar efectos adversos en la salud humana, al medio ambiente o a la propiedad (ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists).
- Potencial de ocurrencia de consecuencias negativas e indeseables que surgen de una actividad; este se mide en términos de probabilidad y severidad⁽⁵⁾.
- Es la probabilidad de que suceda un evento no deseado, asociado con la gravedad de sus consecuencias⁽²⁾.
- Es la probabilidad potencial de que un factor biológico, químico o físico, cause un daño a la salud del usuario⁽⁷⁾.

Entonces vale la pena aclarar que para que un peligro genere riesgo es necesario tener una exposición al mismo (como lo refiere la figura 1.1). La **exposición** queda definida como la interacción directa de la sustancia (u objeto) con el cual se esté trabajando⁽⁶⁾.



Figura 1.1 Factores que determinan la generación del riesgo

Ahora bien cuando existe un peligro, y una exposición, se genera un riesgo lo cual puede desencadenar en un accidente o incidente.

Es importante distinguir entre peligro y riesgo porque podemos cambiar el riesgo sin cambiar el peligro. Esto se explica con el siguiente ejemplo. Cuando una persona cruza una calle transitada, el peligro es claro, si la persona se atraviesa con los vehículos en movimiento, puede resultar seriamente herida si es golpeada por uno

o más vehículos. El peligro es, ser golpeado por un vehículo en movimiento. El riesgo, sin embargo, depende de cómo la persona cruce la calle. Si la persona cruza por las áreas designadas y toma precauciones para que los conductores puedan verlo, no se ha cambiado el peligro, aún puede ser atropellado, pero el riesgo de resultar golpeado se ha reducido por las acciones preventivas. Si pudiera cruzar la calle en un vehículo blindado, el riesgo se reduciría aún más porque se disminuirían las consecuencias si es golpeado ⁽²⁾.

El riesgo tiene diferentes grados dependiendo de la gravedad que pudiese causar, como se muestra en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Clasificación del grado de riesgo

Grado	Descripción del Riesgo
4	Riesgo severo
3	Riesgo serio
2	Riesgo moderado
1	Riesgo ligero
0	Riesgo mínimo
*	Riesgo crónico

NOM-018-STPS-2000

Además los riesgos se clasifican según el tipo de daño que puedan ocasionar: riesgos para la salud, riesgos de inflamabilidad, y riesgos de reactividad⁽⁹⁾.

a) RIESGOS PARA LA SALUD

0 Sin verdadero riesgo para la salud.

1 Irritación y posibilidad de pequeño daño irreversible.

2 Puede ocurrir daño temporal o pequeño.

3 Posibilidad de daño importante, a menos que se actúe rápidamente y se brinde atención médica.

4 Peligro mortal o daño permanente que puede resultar de una o varias exposiciones al producto.

* Exposiciones repetidas pueden acumular el producto en el cuerpo y causar daño.

b) RIESGOS DE INFLAMABILIDAD

0 Materiales normalmente estables que no se inflamarán a menos que sean calentados.

- 1 Materiales que necesitan calentarse para inflamarse. Los líquidos de esta categoría tienen un punto de ignición de cuando menos 92° C.
- 2 Materiales que deben de ser calentados moderadamente para que se enciendan. Incluye líquidos inflamables con punto de ignición entre 36 y 92° C.
- 3 Materiales que pueden inflamarse a cualquier temperatura, incluyendo líquidos inflamables con temperatura de ignición por debajo de 22° C y punto de ebullición por arriba de 36° C.
- 4 Gases o líquidos volátiles muy inflamables con punto de ignición por debajo de 22° C y punto de ebullición menor a 36° C.

c) RIESGOS DE REACTIVIDAD

- 0 Materiales normalmente estables hasta dentro de un incendio y que no reaccionan con agua.
- 1 Materiales normalmente estables pero que pueden volverse inestables a alta temperatura y presión. Pueden reaccionar con el agua pero no liberan energía de forma violenta.
- 2 Materiales normalmente inestables que pueden sufrir violentos cambios químicos pero sin explosión. Pueden reaccionar violentamente con el agua.
- 3 Materiales que pueden detonar o explotar al tener una fuente fuerte de iniciación o calentamiento en un lugar cerrado. Puede reaccionar explosivamente con el agua.
- 4 Pueden detonar o descomponerse en forma explosiva a temperatura y presión normales.

Un factor de suma importancia que debe hacernos conscientes de los riesgos a los que nos enfrentamos y de su gravedad, es que el riesgo es un acompañante constante de cada uno de nosotros durante toda la vida⁽⁶⁾.

1.1.3 Accidente:

También para esta palabra existen diferentes conceptos, algunos de ellos son los siguientes:

- Todo evento no deseado que resulta en daño físico a una persona a la instalación o la propiedad, y que generalmente es debido al contacto con una fuente de energía superior al límite crítico del cuerpo o estructura con la que se realiza el contacto⁽³⁾.
- Acontecimiento repentino, no planeado, no deseable, no controlable que interrumpe una actividad o una función y que puede ocasionar una lesión a los individuos, daños materiales o ambas cosas.

- Acontecimiento normalmente violento ocasionado por una causa externa, produciendo lesiones corporales y a veces la muerte ⁽¹⁰⁾.
- Suceso anormal súbito o casi súbito, imprevisible, y que produce una disminución o anulación de la integridad anatómica y fisiológica ⁽¹¹⁾.
- Los accidentes son el resultado de hacer mal las cosas y llevan al fracaso ⁽¹²⁾.
- Secuencia no planeada de eventos que tienen una consecuencia no deseada ⁽⁴⁾.

En esta última definición se dice que el accidente es una secuencia de eventos porque teóricamente cada evento en particular es una oportunidad para reducir la probabilidad y las consecuencias del accidente.

1.1.4 Incidente

Se define al incidente como todo evento no deseado, no intencionado, que con una ligera variante de las circunstancias pudiera haber resultado en daño físico a una persona a la instalación o la propiedad, y que generalmente es debido al contacto con una fuente de energía, es decir que un incidente es un suceso similar a un accidente pero sin consecuencias, sin heridas ni daño; al incidente también se le nombra como "cuasiaccidente", casi accidente o casi pérdida ^(3,4).

Los incidentes tienen mucha importancia para la seguridad porque nos dan una oportunidad de investigar un evento no deseado pero con la ventaja de no tener pérdidas en su ocurrencia.

1.1.5 Consecuencias

Los resultados de los accidentes son llamados consecuencias, estas pueden tener gravedad o magnitud diferente, desde interrupción de la producción o pérdida de la materia prima y/o del producto (fugas, derrames, etc.) hasta lesiones y muerte de los operadores.

Para poder identificar la ocurrencia de posibles accidentes y/o incidentes existe una herramienta, que tiene como finalidad hacer que los acontecimientos se presenten con la menor frecuencia posible, y es llamada **Análisis de Riesgos**.

1.2 Análisis de Riesgos:

Este es un estudio que consta de diversas técnicas para el reconocimiento, evaluación y control de riesgos de accidentes, así como para estimar su frecuencia y consecuencia, es decir, los daños ocasionados a la salud y a la integridad física de los trabajadores, de la población vecina, del daño a la propiedad (pérdidas económicas) tanto a las instalaciones de la propia empresa como a las empresas vecinas o a la población aledaña o el impacto al medio ambiente, esto quiere decir que podemos clasificarlos por su prioridad (5, 13, 14 15)

Los análisis de riesgos no sólo permiten evaluar el riesgo de una instalación, sino también, y quizá lo más importante, identificar las áreas donde la mejora permitirá obtener mayores reducciones en el riesgo, logrando de esta forma una utilización óptima de los recursos.

La importancia de las técnicas es que con su aplicación se puede disminuir los riesgos a un bajo costo, los daños causados por accidentes y los gastos que estos ocasionan.

1.3 Factores que producen un accidente:

Como se ha mencionado anteriormente, un accidente es el resultado de una secuencia de eventos y por lo tanto, si la secuencia se interrumpe, el accidente no ocurrirá o si estos son modificados sus consecuencias y probabilidad de ocurrencia serán reducidas. En la figura 1.2 se muestra la secuencia causal del accidente, teniendo a la pérdida (que es consecuencia del accidente) como último eslabón de la cadena, pero para que el accidente tenga lugar se deben manifestar las causas inmediatas las cuales tienen su raíz en las causas básicas y en los fallos o defectos del sistema.(4)

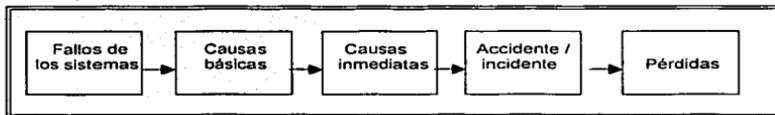


Figura 1.2 Secuencia causal del accidente

1.3.1 Fallos de los sistemas

Hablando sobre los fallos de los sistemas podemos hablar de cuatro puntos representativos :⁴

- Deficiente control de gestión y de las técnicas preventivas.
- Programas poco adecuados a las necesidades reales.
- Normatividad no adecuada.
- Cumplimiento inadecuado de la normatividad existente.

Cuando quien supervisa el trabajo no participa en la gestión de la seguridad la secuencia puede resultar incontrolable, porque no habrá inspecciones de seguridad, no se investigarán las causas de las pérdidas, no habrá análisis ni procedimientos de trabajo, ni lo necesario para que las actividades se realicen en forma segura.

1.3.2 Causas básicas

Como segundo eslabón tenemos las causas básicas que permiten explicar con hechos concretos porque sucede lo indeseable; estas podemos dividir las en dos tipos:

- Los factores personales: Son el origen de que las personas no actúen como es deseable para los intereses de la prevención.
- Los factores de trabajo: Explican porque existen las condiciones inadecuadas.

En estos dos rubros se engloban todos los factores y agentes capaces de producir efectos adversos sobre los recursos humanos y de la producción.

La importancia de las causas básicas es tanta que si no se tiene conciencia de estas, el trabajo desarrollado en el área de la seguridad y de la higiene se vería limitado a atender las cuestiones puntuales derivadas de las llamadas causas inmediatas.

En la tabla 1.2 se presentan una relación de algunos factores personales y de trabajo que pueden llegar a ser las causas básicas para que ocurra un accidente.

Tabla 2.2 Factores personales y de trabajo que originan un accidente

Factores personales	Factores del trabajo
Deficientes aptitudes físicas y fisiológicas	Dirección y/o supervisión inadecuada
Fuerza física desproporcionada	Malá identificación de peligros.
Deficiente visión o audición	Inadecuada comunicación de normas.
Mermas sensoriales	Negligencia en practicar normas
Aptitudes psicológicas inadecuadas	Deficiente gestión de ingeniería
Comprensión deficiente.	En el diseño ergonómico.
Poco sentido común.	En la exposición.
Lenta capacidad de reacción.	En el diseño
Tensiones físicas o fisiológicas	Compras inadecuadas o su control
Fatiga por falta de descanso	Especificaciones incorrectas.
Fatiga por exposición a temperaturas extremas	
Drogadicción	
Tensiones mentales o psicológicas	Mantenimiento deficiente
Trabajo rutinario o monótono.	Mantenimiento predictivo erróneo.
Extremada concentración.	Mantenimiento preventivo inadecuado.
Frustraciones, preocupaciones.	Mantenimiento correctivo deficiente
Falta de conocimiento	Herramienta y equipo inadecuado
Falta de conocimiento.	Inadecuadas ergonómicamente.
Adiestramiento inadecuado.	Especificaciones inadecuadas.
Instrucciones no comprendidas.	
Actitudes inadecuadas	Criterios de trabajo inadecuado
Sobreestimación.	En su desarrollo.
Económizar tiempo.	En su comunicación.
Presiones, excesos, burlas	En el mantenimiento.
	Desgaste
	Poca vigilancia del servicio
	Inspección / mantenimiento impropio.
	Usos distintos a los previstos.

Fuentes: Rodellar Lisa Rodolfo 1999, Facultad de Química, UNAM. 1998

1.3.3 Causas inmediatas (primarias)

Como último eslabón de la cadena de las causas o factores que pueden ocasionar un accidente se encuentran en las llamadas causas primarias que a su vez se dividen en condiciones y actos subestándares; se les llama subestándar debido a que se encuentran por debajo de las características que deberían tener en el procedimiento.

a) Condiciones subestándares (Peligrosas o inseguras) :

Son condiciones físicas del medio que favorecen y/o aumentan la intensidad y las probabilidades de la ocurrencia de un accidente, las instalaciones, herramientas y el equipo, involucrados en la actividad que se está realizando ⁽¹⁰⁾.

Algunas condiciones inseguras se nombran a continuación:

- Puntos de operación desprotegidos.
- Resguardos inadecuados, o falta de estos.
- Material o herramientas defectuosas.
- Amontonamiento de material.
- Orden y limpieza deficiente.
- Sistemas de avisos incorrectos
- Niveles elevados de exposición a sustancias, niveles de ruido o radiaciones nocivas.
- Ventilación e iluminación escasas
- Fuentes de ignición en atmósferas peligrosas.
- Puestas a tierra inexistentes.

Para eliminar las condiciones subestándar se recurre tanto al mantenimiento (predictivo, preventivo y correctivo) como a sistemas de seguridad tales como resguardos, normas, señalización, equipo de protección personal, etc.

b) Acto Subestándar (Actividad peligrosa)

Y como segundo elemento de las causas inmediatas existen los actos subestándares o actividades peligrosas, estas son acciones o actitudes imprudentes que es capaz de generar o incrementar riesgos laborales específicos.

Los actos inseguros en los que se incurren son:

- Levantar cargas de forma incorrecta.
- Situarse en lugares peligrosos.
- Llevar a cabo operaciones sin adiestramiento previo.
- No utilizar el equipo de protección personal.
- Operar equipos sin autorización.
- Ejecutar el trabajo a una velocidad no indicada.
- Bloquear o quitar los dispositivos de seguridad.
- Limpiar, o intentar dar mantenimiento a la maquinaria cuando esta se encuentra en movimiento
- Hacer bromas pesadas, etc.

Regularmente estos se generan porque el trabajador no puede, no quiere o no sabe como realizar su trabajo de una forma segura. Para corregir los actos

subestándares, se utilizan técnicas tendientes a conseguir el cambio de actitud de los trabajadores (capacitación).

En todos los accidentes se encuentran invariablemente estos dos elementos, constituyendo las causas del accidente las condiciones inseguras en un 10% y los actos inseguros 90% ⁽¹⁷⁾.

Conocer todo esto es necesario para identificar la causa de los accidentes que pudiesen ocurrir en las instalaciones de estudio y con esta información poder implementar un procedimiento seguro en cualquiera que sea nuestro proceso.

1.4 Procedimiento seguro

El fin para el que se realiza el análisis de riesgos, es establecer o hacer de una actividad riesgosa un procedimiento seguro, el cual queda definido como una secuencia ordenada y lógica de actividades para llevar a cabo una tarea de forma tal que se minimicen los riesgos a los que se expone el trabajador.

Además del análisis de riesgos, existen otros elementos que nos ayudan en la tarea de reducir los riesgos que debemos tener a la mano cuando se manejan sustancias químicas peligrosas, uno de los más útiles y populares es la **Hoja de datos de seguridad (HDS)** también llamada **MSDS (Material Safety Data Sheet)** ⁽⁹⁾:

La hoja de seguridad es un documento donde se encuentra indicada cierta información útil para identificar y evitar riesgos, así como algunas medidas a tomar en caso que algún accidente haya ocurrido.

Esta se divide en 9 secciones siendo las siguientes ⁽¹³⁾:

a) Información de producto, químico y compañía.

En esta sección se encuentra la información general del producto y de la compañía que lo produce:

- Clave del producto.
- Fecha de Revisión.
- Nombre del cliente.
- Nombre comercial del producto.
- Familia Química.
- Información Técnica.

- Fecha de preparación de la Hoja de Seguridad.
- Advertencia de peligro principal.

b) Información sobre la composición de los ingredientes

Esta sección nos indica el porcentaje de los ingredientes peligrosos de los que esta compuesto el material.

- No. CAS (Chemical Abstrac. Society) de cada uno de los ingredientes peligrosos.
- Alguna característica especial como si es cancerígeno.
- Límites de Exposición ocupacional.

c) Identificación de Peligros.

Indica los riesgos a la salud que se tienen en caso de:

- Ingestión.
- Contacto con los ojos.
- Contacto con la piel.
- Inhalación.
- Sobre exposición crónica.
- Señales y Síntomas de Sobre exposición.
- Afecciones médicas agravadas por la exposición..
- Advertencias.

d) Medidas de Primeros Auxilios.

En esta sección se puede encontrar que debe hacerse en caso de:

- Ingestión.
- Contacto con los ojos.
- Contacto con la piel.
- Inhalación.
- Otros.

e) Medidas de lucha contra incendios.

Esta sección se refiere a los datos de interés que nos ayudan a prevenir o combatir si algún incendio ocurriera.

- Punto de Inflamabilidad.
- Límites de Inflamabilidad.

- Medios extintores.
- Peligros poco corrientes de incendio y explosión.

f) Medidas en caso de derrames.

Esta sección refiere las medidas que debemos tomar en caso que el material se derrame o salpique, de los métodos de recuperación (de ser posible), de la eliminación de los residuos y de la restauración del medio ambiente en caso de presentarse alguna afección.

g) Manejo y Almacenamiento.

Es la información acerca de las precauciones a tomar cuando almacenamos el producto; desde el material y la forma del envase y hasta si debemos evitar la cercanía de algún material incompatible.

- Precauciones de manejo y almacenamiento.
- Otras precauciones.

h) Controles de Exposición y Protección Personal.

Indica el equipo de protección personal que se debe usar para el manejo del material.

- Protección de los ojos.
- Protección de la piel.
- Protección respiratoria.
- Otros equipos.
- Requisitos de ventilación.

i) Propiedades Físicas y Químicas

Se refiere a las especificaciones físicas y químicas del producto, por ejemplo:

- Presión de vapor.
- Volatilidad.
- Gravedad específica o densidad.
- Solubilidad en agua.
- pH.
- Olor / Aspecto, etc.

j) Estabilidad y Reactividad.

Dentro de esta sección existe la siguiente información:

- Incompatibilidad con otros materiales.
- Productos de descomposición.
- Grado de riesgo.

Las hojas de seguridad pueden inclusive elaborarse a gusto del usuario, pudiéndose escribir en cualquier formato, pero es indispensable que cumplan con todos los puntos anteriormente descritos.

1.5 MARCO LEGAL

En nuestro país hay reglamentos y normas (de las secretarías del Trabajo y Previsión Social; de Energía; de Ecología, Medio Ambiente y Recursos Naturales y del Instituto Mexicano del Seguro Social entre otras) encargadas de salvaguardar la integridad del personal trabajador, de las instalaciones y del medio ambiente, las cuales indican las características generales que deben tener las instalaciones y los centros de trabajo, las condiciones generales que se deben mantener, los materiales de los que deben estar hechos los mismos, la forma de comunicación de los riesgos existentes, las características y equipo especial que deben tener los lugares donde exista un riesgo potencialmente alto, etc.

Por lo que de acuerdo con el Artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), fundamentada en los artículos 27 y 73 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos quienes realicen actividades altamente riesgosas, deben llevarlas a cabo con apego a esta ley, a los reglamentos que emanen de la misma y a las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes, además se debe formular y presentar ante la Secretaría de Ecología, Medio Ambiente y Recursos Naturales un estudio de riesgo ambiental (análisis de riesgo) ⁽¹⁵⁾.

Además esta ley está formada por siete reglamentos, y uno de ellos, el Reglamento en Materia de Impacto Ambiental en cuyos artículos 5 y 6 menciona la necesidad de elaborar una Manifestación de Impacto Ambiental y un Análisis de Riesgo de las personas físicas o morales que pretendan realizar obras o actividades

públicas o privadas que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar límites y condiciones señaladas en los reglamentos y en las normas técnicas ecológicas.

Para la identificación y jerarquización de riesgos la LGEEPA indica que se puede recurrir a diferentes métodos (algunos los mencionaremos en el capítulo II) y la selección de éstos depende del nivel de estudio de riesgo que tenga la actividad en particular.

Cabe hacer mención que la jerarquía jurídica máxima que se tiene en nuestro país es la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y que las leyes, como la Ley Federal del Trabajo (LFT) o la LGEEPA emanan de ella, y los reglamentos generales a su vez lo hacen de las leyes y las normas oficiales mexicanas en materia de seguridad e higiene deben estar en concordancia con los reglamentos generales, para que a su vez lo estén con las leyes y con la Constitución, sin embargo la Constitución se encuentra normalmente al mismo nivel que los tratados internacionales, tal como lo muestra la figura 1.3.

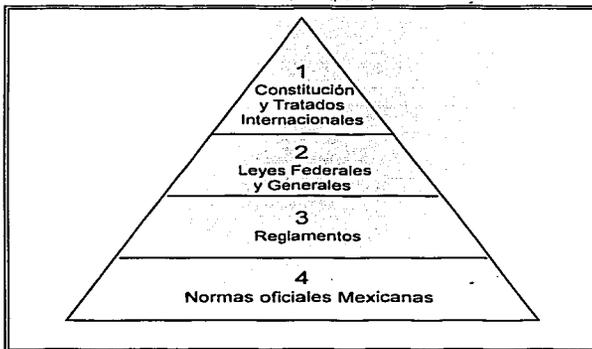


Figura 1.3 Jerarquía Jurídica; Pirámide jurídica de Kelsen

CAPITULO II

ANÁLISIS DE RIESGOS

Se define así a la serie de técnicas sistemáticas que se aplican para identificar y evaluar riesgos potenciales en un proceso, así como para asegurar que se especifiquen medidas para su eliminación y control. Como sistema involucra a la organización en la prevención efectiva de accidentes y eventos de pérdida logrando de esta forma una utilización más efectiva de los recursos ^(13, 15, 17).

Los beneficios del análisis de riesgos son múltiples y afectan tanto a la producción como a la seguridad. Desde el punto de vista de esta última, las ventajas son:

- Descubrimientos de los riesgos físicos latentes.
- Descubrimiento, eliminación y protección de movimientos, posiciones y actos peligrosos.
- Determinación de las cualidades que se necesitan para un desempeño seguro del trabajo, tales como buena condición física, coordinación de movimientos, capacidad especial, etcétera.
- Determinación del equipo y herramientas necesarias para garantizar la seguridad.
- Establecimiento de las normas necesarias para la seguridad, inclusive la instrucción y adiestramiento de los trabajadores.
- La organización de métodos en concordancia con la eficiencia admitida y las prácticas seguras.
- Planeación anticipada, preparación y desempeño adecuado al que proceda una actitud mental organizada para realizar en la forma debida las diferentes fases de la función operativa.
- Prevención efectiva de accidentes, la protección del personal, instalaciones y la comunidad.

2.1 ETAPAS INVOLUCRADAS EN EL ANALISIS DE RIESGOS.

El análisis de riesgos nos lleva a hacernos las siguientes preguntas: ¿Existen riesgos reales y potenciales?, ¿Cuáles son?, ¿De que magnitud son? y finalmente ¿Son aceptables? y en caso de no serlo ¿Cómo se pueden eliminar o reducir?

La metodología usada para evaluar si un riesgo es aceptado mediante su correspondiente análisis es descrita en la figura 2.1 ⁽¹⁸⁾, en donde además de la posibilidad de aceptarlo o de rechazarlo se muestran los diferentes elementos involucrados en este.

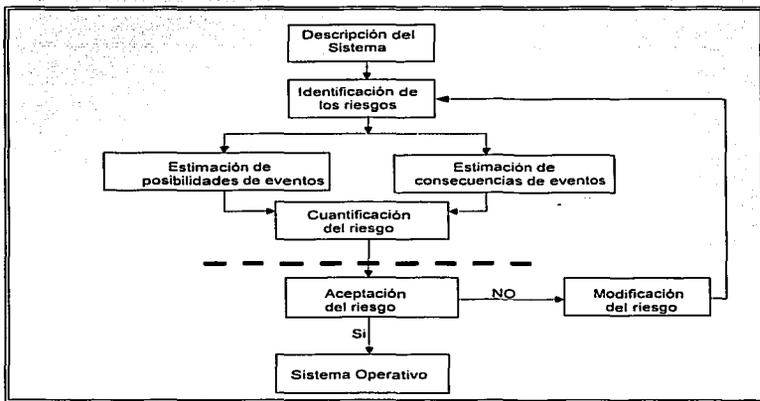


Figura 2.1 Metodología para la evaluación de riesgos

2.1.1 Descripción del sistema

En primer lugar se hace una descripción del sistema, es decir se reconoce la vulnerabilidad de la instalación ⁽⁵⁾, para lo cual es necesario conocer:

- Las características de los materiales manejados en el área, (materias primas, productos y subproductos): Inflamabilidad toxicidad, reactividad, punto de ebullición, presión de vapor, punto de fusión, capacidad calorífica, etc.
- La tecnología utilizada: Condiciones del proceso (temperatura, presión, etc), sistema de control del proceso (instrumentación y accesorios), diagramas de flujo y balance de materia y energía.
- La ubicación: Situación geográfica de la localización de las instalaciones, distribución de las instalaciones (Lay Out), instalaciones industriales

vecinas, asentamientos humanos y servicios públicos (bomberos, hospitales, etc.).

- Los recursos humanos con los que se cuenta: cantidad, nivel técnico y académico, administración y relaciones laborales.

2.1.2 Identificación de los riesgos

La identificación de riesgos es el reconocimiento y localización de los probables daños que puedan ocurrir en el sistema afectable ⁽¹⁹⁾

Para realizar la identificación del riesgo, esta se puede dividir en dos partes, primeramente en la evaluación y selección de la metodología de la identificación (de lo cual nos ocuparemos más adelante en este mismo capítulo) y en segundo lugar la aplicación de la técnica apropiada.

• Para este paso se deben tener en cuenta lo siguiente:

- Se tienen que definir los objetivos y el alcance del análisis.
- Un grupo de trabajo adecuado constituido por el personal técnico y de soporte.
- Tener la información anteriormente descrita.
- Después de llevar a cabo el ejercicio de identificación, se deberán registrar los resultados y dar seguimiento a estos.

En la identificación de riesgos se debe saber cuales son los elementos que están involucrados en el caso de estudio, dentro de este rubro hay que identificar el tipo de las fallas que se puedan ocasionar, estas se clasifican en tres ^(20, 21):

- **Fallas Primarias:**

Son aquellas que sufren los equipos e instalaciones durante su uso normal, es decir que son incapaces de soportar las condiciones de diseño y fabricación, ya sea por diseño o fabricación defectuosa o por deterioro debido al uso.

Las fallas primarias a su vez se dividen en:

- a) **Fallas de recipientes:** Se presenta al fugarse el contenido de un recipiente debido a grietas o roturas del mismo.
- b) **Fallas mecánicas:** Son aquellas que afectan el funcionamiento adecuado del equipo debido a la ruptura de alguna de sus partes móviles.

- c) Fallas eléctricas: No solamente se refiere a los casos donde falla el equipo eléctrico, sino también cuando la alimentación eléctrica no es la adecuada para el funcionamiento del equipo o a las características de la instalación.

- **Fallas Secundarias:**

Son aquellas que resultan debido a una sobre exposición a los factores ambientales, o a fenómenos naturales, es decir que ocurren cuando el equipo está operando en un ambiente fuera del de su diseño, estas fallas no son atribuibles al equipo, son atribuidas a una fuerza externa o condición.

Se deben distinguir entre ambos tipos de fallas, por ejemplo si una caldera diseñada para trabajar a 7 atm falla a una presión de 3 será una falla primaria, pero si lo hace a 10 será una falla secundaria.

- **Fallas de Comando:**

Son fallas donde el componente opera apropiadamente pero falla en su desempeño debido a una influencia externa (por ejemplo una alarma de temperatura que anuncia una temperatura mas elevada debido a que el sensor se ha descompuesto; la falla de la alarma es una falla de comando porque al fallar el sensor -falla primaria- no dio el comando a la alarma.

2.1.3 Estimación de posibilidades

En tercer lugar dentro de la metodología de la evaluación del riesgo está la estimación de posibilidades de eventos, es decir que posibilidades hay para que el evento se lleve a cabo. Para este cálculo es necesario tener la siguiente información ⁽⁵⁾:

a) Con respecto a los eventos meteorológicos:

- Humedad relativa.
- Temperatura ambiente promedio por mes.
- Velocidad de viento promedio por mes.
- Estabilidad atmosférica.

b) Por cada material involucrado:

- Peso molecular.
- Densidad del liquido.
- Calor específico del liquido.
- Calor latente de vaporización.
- Viscosidad.
- Presión de vapor.

c) Por evento a jerarquizar:

- Tipo de fuente de emisión.
- Características de la fuente (tamaño, altura, etc.).
- Temperatura de emisión.
- Velocidad de emisión.
- Nombre del material emitido.
- Condiciones y características del recipiente del que proviene la emisión.

2.1.4 Estimación de consecuencias

A la par de la etapa anterior se encuentra la estimación de consecuencias. Esta etapa tiene como objetivo definir la gravedad o magnitud de la afectación subsecuente a la ocurrencia del accidente de acuerdo a los criterios que definen a un accidente mayor o desastre.

Para hacer estimación de consecuencias con la mayor claridad posible, es necesario tener la siguiente información:

a) Materiales manejados en el área y las cantidades presentes

- Tanto en el proceso como en el almacenamiento.
- Forma y tipo de almacenaje.

b) Para cada etapa en que se manejen materiales peligrosos:

- Descripción de los procesos y operaciones incluidos en este último punto los procedimientos actualizados de operación, paro, arranque y emergencia.
- Diagramas de flujo con el respectivo balance de materia y energía.
- Diagramas de tuberías e instrumentación (DTI).
- Lay-out's (Plano de distribución de instalaciones y equipo).

c) Reportes de accidentes de proceso disponibles

- Se deben conocer cual ha sido la incidencia y la periodicidad de los accidentes ocurridos en las diferentes áreas de nuestra instalación.

2.1.4 Cuantificación del riesgo

Con lo anterior se puede determinar la periodicidad de la ocurrencia y las consecuencias que pudiese ocasionar algún accidente, es decir podemos cuantificar el riesgo, para este fin se utiliza una matriz de riesgo, la cual es un instrumento que combina la frecuencia y la gravedad del accidente y que además permite definir la zona de aceptabilidad o no aceptabilidad del riesgo ^(14,21).

Para la elaboración de una matriz de riesgo se siguen los siguientes pasos:

- a) Definir las consecuencias (gravedad del daño del accidente o exposición).
- b) Definir la frecuencia (probabilidad de ocurrencia).
- c) Construir la matriz cual consiste en la combinación de la frecuencia con la que un evento puede presentarse (eje "X") y el riesgo a la salud o a la integridad en otras palabras las consecuencias (eje "Y"), donde, los valores de ambos ejes se acomodan creando una matriz con cuadrantes de grupos Nulo o Inocua, Bajo Medio Alto y Muy Alto

La figura 2.2 muestra una matriz de riesgo, donde:

Para el eje "Y"

- 0.- Efectos leves o sin efecto conocido.
- 1.- Efectos moderados reversibles.
- 2.- Efectos severos reversibles.
- 3.- Efectos irreversibles.
- 4.- Efectos incapacitantes o fatales.

Y para el eje "X"

- 0.- Un evento cada 100 años.
- 1.- Un evento cada 21 a 99 años.
- 2.- Un evento de 11 a 20 años.
- 3.- Un evento de 1- 10 años.
- 4.- Un evento cada año.

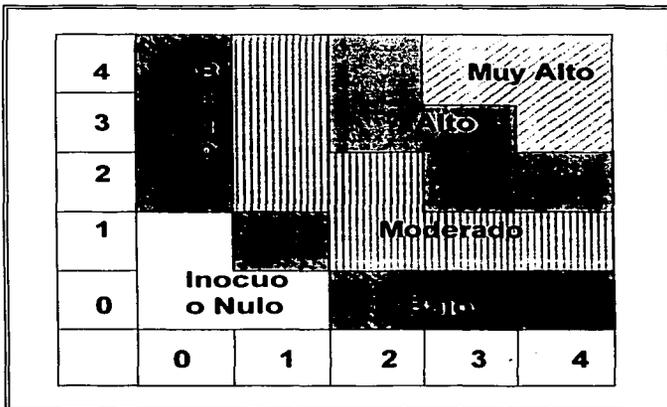


Figura 2.2 Matriz de Riesgos

Si ambas partes son tolerables, el riesgo puede ser aceptado, y el proceso se puede llevar a cabo sin modificación alguna, en caso contrario se deberán tomar medidas correctivas a fin de abatir las consecuencias y/o hacer que los eventos ocurran con menos frecuencia para hacer que nuestro sistema opere dentro de un rango aceptable de seguridad.

Las técnicas usadas en el análisis de riesgos han sido desarrolladas por diversas compañías privadas e instituciones públicas. Algunas técnicas son las siguientes (Tal como las indica la figura 2.3) (17).

- ¿Qué pasa si...? (What if...?)
- Lista de verificación (Check list)
- Análisis de operabilidad (Hazard and operability studies, HAZOP).
- Árbol de fallas.
- Análisis de falla y efecto.
- Análisis de paro y arranque.
- Índice Dow de fuego y explosión.
- Índice Mond de fuego, explosión y toxicidad.
- Guía de cálculo de nubes explosivas.

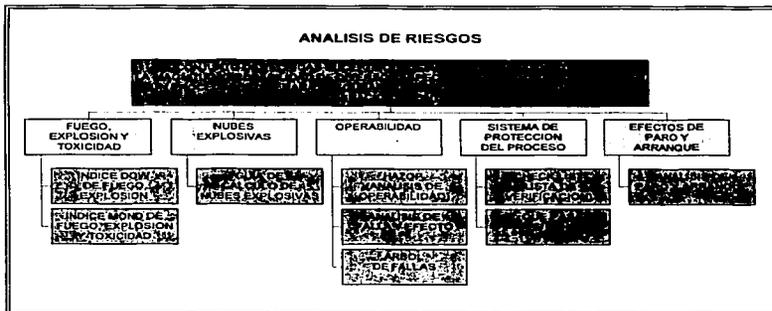


Figura 2.3 Técnicas del análisis de riesgos

Haciendo uso de la técnica apropiada se podrán analizar diversos aspectos del riesgo, se podrá evaluar su magnitud y probabilidad, y se guiará al grupo de análisis a encontrar sistemáticamente las medidas preventivas o contingentes que eliminen, minimicen o controlen el riesgo.

La aplicación adecuada de cada uno de éstos métodos requiere de un conocimiento profundo de sus técnicas y de los procesos que van a ser estudiados, así como del establecimiento de una estructura organizacional para su administración, lo cual constituye el Sistema del Análisis de riesgos.

2.2 APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGOS

Siempre que se presente una preocupación del nivel de seguridad de una unidad de proceso. Sin embargo, todas las veces que se presente cualquiera de las siguientes condiciones, debe aplicarse:

- En el diseño de una nueva unidad de proceso.
- Como resultado de la investigación de un incidente de pérdida.
- En modificaciones a las unidades de proceso, a equipos, a condiciones de operación, a instrumentos o control, a dispositivos de seguridad, a la capacidad de la planta, etc.
- Cuando ha transcurrido un período determinado de tiempo desde el último análisis en una unidad existente (máximo 5 años).

2.2.1 Nuevas unidades de proceso

Todas las técnicas de análisis de riesgos, aplicadas oportunamente en el proyecto de una nueva planta, van a influir con alta prioridad en las decisiones más importantes sobre su diseño e instalación:

- Selección de la tecnología (materias primas, intermedios, equipos, condiciones de proceso, etc.).
- Localización de las áreas de proceso (tomando en cuenta comunidades cercanas, disposición de desechos y efluentes, riesgos de la zona, etc.).
- Distribución de la planta (áreas de tanques de almacenamiento, cuartos de control, separación de áreas peligrosas, etc.).
- Instalación de sistemas de prevención y combate de emergencia (equipo contra incendio, sistemas de alarma, protección contra explosión, protección contra fuga de tóxicos, servicios médicos, etc.).

- Instrumentación redundante, confiabilidad de instrumentación, etc.
- Procedimientos de operación, mantenimiento y emergencia.

Toda la información obtenida tanto por el personal de proyecto como el de operación, técnica, mantenimiento y seguridad de la planta, será de enorme utilidad y dará una profundidad de conocimientos sobre su equipo y procesos, que de otra manera sería muy difícil de lograr. Permitirá, además, preparar óptimos procedimientos de operación, planes de arranque y paro de emergencia, sistemas de entrenamiento, programas de mantenimiento, etc.

2.2.2 Unidades existentes

Es aconsejable que cada proceso significativo o de alto riesgo, sea analizado aproximadamente cada cinco años, o antes si ocurre algún suceso que lo justifique.

La aparición de incendios frecuentes, una explosión o incendio grave, o bien interrupciones de la operación, determinarán el que se efectúe un análisis de riesgos.

Las técnicas a aplicar serán todas las que satisfagan plenamente el estudio de los riesgos que se encuentren presentes y aseguren la confiabilidad de la unidad o de sus operaciones.

2.3 CAMPOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de riesgos divide los riesgos en diversos *campos*, cada uno de los cuales se concentra en el estudio de riesgos específicos de una función física u operacional del proceso. De esta manera se logra completar el estudio de riesgos sin duplicación de esfuerzos y de una manera más clara, completa y comprensible.

El programa del análisis de riesgos consta de los siguientes cinco campos: operabilidad; sistemas de protección de proceso; efectos de paro y arranque; fuego, explosión y toxicidad; y nubes explosivas.

2.3.1 Operabilidad

Este campo consiste en el examen crítico de un proceso y de las probabilidades de ocurrencia de un riesgo por falla de operación o por falla de funcionamiento de

partes individuales de equipo, revisando los efectos consecuentes de este riesgo en la planta, considerando ésta como un todo.

Para los propósitos del análisis de riesgos, esto significa la detección de riesgos de operación, los cuales deben ser controlados para contar con una planta segura y confiable.

Este campo investiga la ingeniería química del proceso con la intrincada relación y dependencia que existe entre las diversas partes del equipo, su instrumentación y operador.

Simultáneamente, este campo evalúa los mecanismos automáticos y pasivos de control y protección instalados en el proceso.

El campo de operabilidad es el más profundo y revelador de los campos del análisis de riesgos y, por consiguiente, el que puede consumir mayor tiempo de estudio. Sin embargo, es raro que un grupo de análisis de riesgos que haya aplicado los métodos de este campo de análisis, no admita haberse desarrollado ampliamente en el conocimiento profundo de las unidades de proceso.

Los métodos que se aplican en este campo son:

- HAZOP (Análisis de operabilidad).
- Análisis de falla y efecto.
- Árbol de fallas.

2.3.2 Sistemas de protección de proceso

El sistema de paro de emergencia de un proceso es el último mecanismo por medio del cual puede controlarse un evento no deseado. Conceptualmente es aceptado un balance óptimo entre aquellos sistemas que se activan automáticamente y los que el operador debe ser capaz de manejar durante una situación anormal de proceso. Por esto es que debe hacerse periódicamente una evaluación de estos sistemas para asegurar que estos parámetros no han cambiado el balance, comprometiendo la seguridad de la unidad.

El propósito del campo de sistemas de protección a procesos, es el de revisar aquellas circunstancias conocidas en el proceso que requieren de acción de emergencia, ya sea por protecciones automáticas o por procedimientos, para controlar sus efectos; y por otro lado, descubrir aquellas circunstancias prácticas, simples o múltiples, para las cuales no se han previsto medidas de emergencia, o para las que los sistemas y procedimientos existentes son insuficientes.

Este campo se estudia por medio de las siguientes técnicas:

- Check List (Lista de Verificación)
- ¿Qué pasa si...?
- Análisis de falla y efecto.

2.3.3 Efectos de paro y arranque.

Durante un paro de proceso de cualquier naturaleza, y un arranque del mismo, pueden desarrollarse en muy diversos puntos del proceso, circunstancias de alto riesgo debido a las condiciones de transición que se presentan en estas dos operaciones.

En las unidades de proceso de las plantas químicas actuales, es muy común operar en condiciones de alto riesgo potencial o muy cerca de ellas: concentraciones dentro de los rangos de explosividad, reacciones exotérmicas o de descomposición, reacciones de polimerización de difícil control, condiciones de alta presión o temperaturas extremas, etc.

En condiciones de paro o arranque estas circunstancias tienden a agravarse por el hecho que el proceso sufre modificaciones súbitas y es entonces cuando la unidad de proceso se encuentra expuesta a su mayor riesgo.

El campo que estudia los efectos de *paro* y *arranque* tiene como propósito encontrar que la forma en que normalmente se llevará a cabo el paro y el arranque del proceso será tal que mantendrá bajo control esos riesgos, de una manera segura. Este campo requiere de un análisis del diseño del proceso como base para los procedimientos de operación de la unidad y un estudio de los procedimientos de operación para verificar que son adecuados y describen como debe operarse dicha unidad.

Para estudiar este campo se utiliza la técnica de:

- Análisis de paro y arranque.

2.3.4 Fuego, explosión y toxicidad.

Como su título lo indica, el campo de este análisis se enfoca a determinar y evaluar los riesgos potenciales de incendio, explosión y toxicidad de los materiales que se manejan en un proceso, así como el riesgo total de esa unidad de proceso. Este campo puede ser analizado por medio de dos técnicas:

- Índice Dow de fuego y explosión.
- Índice Mond de fuego, explosión y toxicidad.

2.3.5 Nubes Explosivas.

Este campo enfoca el estudio de la posibilidad de formación de nubes explosivas, el cálculo de su potencia y magnitud, así como la estimación de los daños probables. La importancia de una nube explosiva en las plantas ha sido impulsada por las explosiones y desastres que han ocurrido año tras año, por esta causa, en la industria química y petroquímica en todo el mundo.

Según información de las compañías de seguros internacionales, de 67 fugas masivas registradas entre 1921 y 1976, con formación de nubes explosivas, el 64 % resultó en explosiones de gran magnitud, entre las que se encuentra la lamentable explosión de Flixborough, Inglaterra. El 25 % produjo incendios considerables y sólo un pequeño porcentaje no provocó incidentes de importancia.

El método aplicado para estudiar este campo es:

- Guía de cálculo de nubes explosivas.

2.4 DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS UTILIZADAS

Una vez que se han listado algunas técnicas del análisis de riesgos, se describirán aquellas que se utilizan en este trabajo.

2.4.1 CHECK LIST (Lista de Verificación) ⁽²¹⁾

Consiste en una lista de preguntas relacionadas con operaciones, procesos, mantenimiento e instalaciones, preparada previamente y representa el más simple método de análisis de riesgos.

También se considera como una técnica utilizada para hacer un acercamiento a las condiciones en que se encuentra la planta y la línea de producción, así como el trabajo y el medio ambiente del trabajador, es decir es una técnica que nos ayuda a reconocer, evaluar y controlar los riesgos existentes en las distintas áreas.

Históricamente el propósito de crear una lista de verificación es el de mejorar la seguridad o el cumplimiento de estándares, códigos y normas cuyo incumplimiento puede provocar una situación riesgosa.

2.4.1.1 Metodología de la Lista de Verificación.

Como técnica de identificación de riesgos la lista de verificación es usada como un medio de verificación de los requerimientos que no han sido considerados o bien que están excedidos, mas aún la lista de verificación se aplica después de que un evento esta concluido por ejemplo el anteproyecto, el diseño, los planos, etc.

La lista de verificación esta basada principalmente en la experiencia de su preparador, pero también puede estar basada en estándares códigos o normas.

Para generar una buena lista de verificación el preparador debe reconocer la necesidad de ser lo mas minucioso posible en las áreas de interés, por ejemplo una lista de verificación para verificar el cumplimiento del diseño debería incluir controles eléctricos y mecánicos, aspectos estructurales, así como, atributos propios del proceso como limites de explosividad, reactividad e inflamabilidad. Cuando cada una de estas áreas ha sido identificada, se debe contar con el personal experto necesario.

El nivel de detalle dependerá de la complejidad del sistema que está siendo verificado.

Los requerimientos deberán ser estructurados para identificar problemas para su posterior atención y para asegurar que están siendo seguidos estándares, códigos, normas, prácticas industriales y procedimientos.

Una vez que se ha bosquejado la lista de verificación deberá ser revisada por otras personas que estén familiarizadas con el objetivo finalmente el preparador de la lista de verificación y sus revisores deberán hacer un ejercicio de aplicación para confirmar que no han omitido aspectos importantes.

La lista de verificación deberá ser usada y mantenida durante toda la vida del proyecto. Esto requiere de una evaluación periódica para asegurar su adecuación y actualización especialmente si ha habido cambios en el equipo, instalación, etc.

2.4.1.2 Documentación de soporte.

La lista de verificación puede ser creada para varios propósitos, así como para varias etapas del proyecto por lo que la documentación de soporte variará según sea el caso.

Las siguientes recomendaciones están provistas para identificar atributos cuando se desarrolla el plan de operación de una planta o se revisa el diseño.

- Operaciones de planta:

Procedimientos de operación, incluyendo paro, arranque, procedimiento de inspección y mantenimiento, manual de entrenamiento de operadores, especificaciones de compras y manuales, lay out, historial de equipos, descripción de controles, procedimientos de emergencia, reporte de problemas.

- Diseño de planta:

Diagrama de tubería e instrumentación, diagrama de flujo, diagrama unifilar, diagramas de control lógico, balances de masa y energía, clasificación de áreas (fuego y eléctricas), lay out, criterios para diseño y operación, criterio para establecer presiones y temperaturas de diseño o materiales de construcción, dibujos de arreglo de equipo, especificaciones de compras, estándares concensados (por ejemplo prácticas relativas al manejo especial, a la toxicidad, inflamabilidad, corrosividad o reactividad)

- **Implantación:**

Una vez que la lista de verificación está preparada se puede aplicar, sin embargo será necesario un entrenamiento previo si va a ser aplicada por personal menos experto.

2.4.1.3 Resultados.

Las listas de verificación califican cualitativamente cada punto examinado de distintas formas ⁽²²⁾ tales como las mostradas en las figuras 2.4 y 2.5:

	DESCRIPCION	SI	NO	NA	OBSERVACIONES
	El lugar de trabajo está limpio				

Figura 2.4 Ejemplo de calificar en una lista de verificación

	DESCRIPCION	Adecuado	Inadecuado	Corregir Inmediatamente
	Se cuenta con controladores de temperatura.			

Figura 2.5 Ejemplo de calificar en una lista de verificación

A pesar de la naturaleza de los resultados, deben proveer el grado de cumplimiento de estándares, códigos o procedimientos e identificar problemas o riesgos potenciales. La lista de verificación provee el status de cada operación.

En los cuadros 2.1, 2.2, 2.3, se muestran algunos ejemplos de listas de verificación usadas en distintos lugares: en una empresa particular, en el Grupo de Ayuda Mutua de Industriales (PAMI) "Los Reyes", y la de Protección Civil del municipio de Naucalpan de Juárez

MACROPOL, S.A. DE C.VAv. Presidente Juárez No. 5-1, Tlalnepanitla centro
Estado de México, C.P. 54000**AUDITORIA DE ECOLOGIA Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**

Hoja 1/2

Fecha:

DESCRIPCION	SI	NO	NA	OBSERVACIONES
Las condiciones generales de limpieza son buenas				
Los pasillos están:				
A. Libres de bloques (Obstáculos)				
B. Libres de sólidos, líquidos, o grasas				
D. Los lissos con antiderrapante.				
Los extintores para las diferentes áreas son				
A. Adecuados				
B. Suficientes.				
C. Accesibles.				
D. Localizables				
Cuenta con equipo automático de extinción.				
A. En buen estado				
D. Revisado periódicamente				
Las regaderas y lavaojos de emergencia para las diferentes áreas son				
C. Accesibles				
D. Localizables				
F. Operables (Buenas condiciones)				
Los pasillos son identificados para el paso del personal y/o vehículos				
Las salidas de emergencia son.				
C. Accesibles				
D. Localizables				
F. Operables (Buenas condiciones)				
Existen líneas de tránsito visibles				
Están identificadas las áreas y los productos en función de su riesgo.				
Envía el equipo de protección personal, herramientas contaminadas, etc. a confinamiento o usa otras disposiciones				
Existe Disposición adecuada del material de embalaje de los productos				
Se cuenta con equipo para contención de derrames				
Son suficientes				
Están debidamente distribuidos				
Los diques, trincheras y fosas de recolección para la contención de derrames o fugas son los adecuados				
A. Son inspeccionados				
B. Reciben mantenimiento				
Los vestidores, baños y casilleros para el personal son				
A. Suficientes				
B. Aseados				

Cuadro 2.1 Lista de verificación de Macropol S.A. de C.V.
(Fragmento)**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



GRUPO PAMI, LOS REYES
LISTA DE VERIFICACION (1) COMITÉ DE EMERGENCIAS

EMPRESA: _____ FECHA: _____
RAMA INDUSTRIAL: _____ VERIFICADORES: _____

INSTRUCCIONES: INDIQUE EL ESTADO DE CADA PUNTO REVISADO CON LAS SIGUIENTES CLAVES
(N/A) NO APLICA. (B) BIEN. (X) MAL. (PROY) PROYECTO (EST.) ESTUDIO

- | | | |
|---|--|--------------------------------|
| 1.- DETECTORES DE HUMOS: _____ | ROCIADORES: _____ | OTRO MEDIO DE DETECCION: _____ |
| 2.- EXTINTORES PORTATILES (MUESTREO) _____ | AGUA: POS: _____ ESPUMA: _____ CO2: _____
HALLON 1211: _____ 1311: _____ | RECARGA VIGENTE _____ |
| 3.- SISTEMAS FIJOS DE EXTINCION: _____ | HIDRANTES: _____ MONITORES: _____ ESFERAS CO2: _____
DOSIFICADORES DE ESPUMA: _____ | OTROS: _____ |
| 4.- SISTEMA DE BOMBEO: _____ | ELECTRICO: _____ | COMBUSTION INTERNA: _____ |
| 5.- PLANTA DE EMERGENCIA: _____ | ALUMBRADO DE EMERGENCIA: _____ | OTROS: _____ |
| 6.- CISTERNAS DE ALMACENAMIENTO DE AGUA: _____ | CAPACIDAD: _____ | OTROS: _____ |
| 7.- SERVICIO MEDICO: _____ | HORARIO DE ATENCION: _____ | OTROS: _____ |
| 8.- CAMILLAS DE EMERGENCIA: _____ | REGADERAS / LAVA OJOS: _____ | OTROS: _____ |
| 9.- SISTEMA DE ALARMAS: _____ | CANTIDAD DE ALARMAS: _____ | BOTONERAS: _____ |
| 10.- EQUIPO DE PROTECCION PARA BOMBEROS: BOTAS: _____ CASCOS: _____ CHAQUETONES: _____ GUANTES: _____ | | |
| 11.- EQUIPOS DE RESPIRACION AUTONOMO: _____ | FUNCIONAN: _____ | SALVOS: _____ |
| | | QUIET DE ESCAPE: _____ |
| 12.- HERRAMIENTAS DE APOYO: _____ | PALAS: _____ HACHAS: _____ PICOS: _____ | PERTIGAS: _____ |
| | BARRA DE IMPACTO: _____ | MARROS: _____ |
| | | BIELOS: _____ |
| 13.- MANTAS/ LONAS ANTIFUEGO: _____ | BOLSAS NEGRAS: _____ | OTROS: _____ |
| 14.- SEÑALAMIENTOS: _____ | BIEN: _____ MAL: _____ | ESPECIFIQUE: _____ |
| | | |
| 15.- RUTAS DE EVACUACION: _____ | CENTROS DE REUNION: _____ | OTROS: _____ |
| 16.- SERVICIO DE VIGILANCIA: _____ | TIEMPO DISPONIBLE DEL SERV. DE VIGILANCIA: _____ | OTROS: _____ |
| 17.- MUROS Y CERCAS PERIMETRALES: _____ | SON ADECUADOS: _____ | OTROS: _____ |
| 18.- DISTRIBUCION DEL EQUIPO CONTRA INCENDIO: _____ | DISPONIBLE: _____ ADECUADO: _____ | OTROS: _____ |
| | ESPECIFIQUE: _____ | |
| 19.- INVENTARIO DE MATERIALES Y SUS STANCIAS PELIGROSAS: _____ | DISPONIBLE: _____ ACTUALIZADO: _____ | OTROS: _____ |
| | DESCRIBA: _____ | |
| 20.- OBSERVACIONES GENERALES: _____ | | |
| _____ | | |
| _____ | | |

Cuadro 2.2 Lista de Verificación del Grupo PAMI "Los Reyes" (2000)



**H. AYUNTAMIENTO DE NAUCALPAN DE JUAREZ
ESTADO DE MEXICO
PRESIDENCIA MUNICIPAL
SUBDIRECCION DE PROTECCION CIVIL
ACTA DE VISITA DE VERIFICACION
DE CONDICIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD**



EXPEDIENTE _____

PROPIETARIO O REPRESENTANTE LEGAL: _____

DOMICILIO: _____

DENOMINACION O RAZON SOCIAL: _____

GIRO O ACTIVIDAD: _____

En la Ciudad de Naucalpan de Juárez, Estado de México, siendo las _____ horas del día _____ del mes de _____ del año _____

El C. _____ Verificador de Protección Civil del H. Ayuntamiento de Naucalpan de Juárez, Estado de México, identificado con credencial expedida por el H. Ayuntamiento de Naucalpan de Juárez, con número _____ se constituyó plena y legalmente en el establecimiento indicado con el objeto de llevar a cabo la Visita de Verificación de las Condiciones y Medidas de Seguridad de establecimiento en referencia, conforme se dispuso por el artículo 62 del Reglamento Municipal de Protección Civil de Naucalpan de Juárez, Estado de México, en relación al artículo 128 del Código de Procedimientos Administrativos del Estado de México y 16 artículo décimo primero de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Se hizo constar que la visita de verificación fue atendida con el C. _____ quien dijo ser _____, mismo

persona a quien se le hizo saber al derecho que tiene de solicitar los datos que intervienen en la presente diligencia, Apercibiendo que de no hacerlo o a negarse a quien se le fue enmendado por el acta visitadora, deviene lo dispuesto por el artículo 128 fracción I del Código de Procedimientos Administrativos del Estado de México; nombrándose como testigos a los C. _____ por producto del

acto al que se procedió a hacer constar las circunstancias y condiciones que se observan dentro del establecimiento.

CUENTA CON	REQUIERE MAS	CANTIDAD	TIPO
EXTINTORES	REQUIERE MAS	CANTIDAD	TIPO
SEÑALAMIENTO DE EMERGENCIA	REQUIERE MAS	CANTIDAD	TIPO
BOQUINAS PRIMARIOS AUXILIOS	REQUIERE MAS	CANTIDAD	TIPO
INSTALACION ELECTRICHA OCULTA	LA REQUIERE		
INS. ELÉCTRICAS EN PARED	LA REQUIERE		
INS. ELÉCTRICAS COCINADA	LA REQUIERE		
TUBERIAS CONDENSADA	LA REQUIERE		
CUENTA CON	REQUIERE MAS	CANTIDAD	TIPO
INDICANTES	REQUIERE MAS	CANTIDAD	TIPO
SANIDAD DE EMERGENCIA	REQUIERE MAS	CANTIDAD	TIPO
SISTEMA DE ALARMA	LO REQUIERE		
BRIGADA CONTRA INCENDIOS	LA REQUIERE		UTILIZA COMBUSTIBLE
REGULARIDAD INTERIO DEL PROT. C.	LA REQUIERE		TIPO DE COMBUSTIBLE
AREAS DELIMITADAS	LA REQUIERE		CONSUMO MENSUAL
LOHAS SIN SISA DE ALARMA	LA REQUIERE		DOMINIO DE ALARMA
VANILLOS DE BLOQUEO	LA REQUIERE		CHAVES DE CERRADURA
CISTERNA	LA REQUIERE		NUM. DE EMPLEADOS
PERFOR.	LOS REQUIERE		VOLTAJE UTILIZADO
PARAHAYOS	LOS REQUIERE		BRITAJORA
ESTADO TUBOS DE AIRE	LOS REQUIERE		SUBESTACION ELECTRICHA
TRANSFORMADORES	LOS REQUIERE		PERSONAL DE VIGILANCIA
PUNTOS DE REUNION	LOS REQUIERE		JEFE DE SEGURIDAD

Además de las observaciones señaladas con antelación, se hace constar que se aprecian las siguientes circunstancias: _____

Cumpliendo con lo establecido en la fracción X del artículo 128 del Código de Procedimientos Administrativos del Estado de México, se le hace saber al visitado el derecho que tiene de formular observaciones en esta diligencia y de ofrecer pruebas relacionadas a los hechos u omisiones o bien reservarse ese derecho, al efecto señala: _____

Se le hace saber al visitado que para obtener la Certificación de Condiciones de Seguridad, deberá cumplir con las recomendaciones en materia de protección civil antes señaladas, dentro del término de 30 días hábiles a partir de esta fecha; apercibido que de no hacerlo se hará caso omiso a las sanciones establecidas por el artículo 19 del Código de Procedimientos Administrativos del Estado de México, artículo 201 del Bando Municipal y 63 del Reglamento Municipal de Protección Civil de Naucalpan de Juárez, Estado de México, las que van desde multa hasta la clausura del establecimiento o industria. No habiendo nada más que asestar se da por concluida la presente, firmando los que intervinieron y quisieron hacerlo.

C. VERIFICADOR TESTIGO TESTIGO PERSONA CON QUIEN SE ENTENDIO LA DILIGENCIA

NOMBRE Y FIRMA _____

NOMBRE Y FIRMA _____

NOMBRE Y FIRMA _____

NOMBRE Y FIRMA _____

Cuadro 2.4 Lista de verificación de Protección Civil de Naucalpan (Usada Con permiso)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2.4.2 ¿QUE PASA SI...? (What if..?)

Este método de identificación de riesgos utiliza información específica de un proceso o actividad para generar una lista de preguntas asociadas a averiguar la existencia de peligros.

Un grupo especial prepara anticipadamente una comprensible lista de preguntas QUE PASA SI, las cuales son contestadas colectivamente por el grupo y tabuladas en un formato especial.

Esta técnica es usada ampliamente en la etapa de diseño o en el desarrollo de un proceso nuevo o bien durante el ciclo de vida del proyecto o proceso o de una instalación y se hace cuando hay cambios en el proceso o en los procedimientos de operación.

El objetivo de la técnica es identificar los peligros antes de la ocurrencia del evento y así poder prevenirlos.

2.4.2.1 Metodología de *¿Que pasa si...?*

La metodología del análisis QUE PASA SI es un proceso especulativo donde preguntas QUE PASA SI son formuladas y contestadas. El método tiene las siguientes etapas ⁽²¹⁾:

- Definir el alcance.
- Seleccionar al grupo.
- Revisión de documentos.
- Formulación de preguntas.
- Evaluación de respuestas/consecuencias.
- Llenar tabla sumariada.

2.4.2.2 Características básicas de un análisis *¿Que pasa si..?*

1.- Debe ser un estudio sistemático de:

- Un proceso químico.
- Un procedimiento de operación.
- Un procedimiento de mantenimiento.
- Un diagrama de tubería e instrumentación.

2.- Debe ser ejecutado por un grupo multidisciplinario.

- El grupo debe ser capaz de contestar las preguntas con un mínimo apoyo externo.
- Nombrar un líder y un secretario.
- Presentar los resultados en forma tabular incluyendo las preguntas, describiendo la gravedad y emitiendo las recomendaciones adecuadas para reducir o mitigar los peligros.

3.- Pasos para la implantación del análisis que pasa si.

a) Definir las fuentes de peligro y sus límites.

- Definir el tipo de peligro buscado (incendio, explosión, fuga de gases derrame de líquidos etc.)
- Definir el perímetro físico de la fuente potencial de peligro (parte de un equipo o todo el equipo, un tanque de gas o toda la planta).

b) Seleccione al grupo:

El grupo de trabajo debe ser un grupo multidisciplinario, que debe estar constituido según la operación a analizar. Por ejemplo en un proceso se debe contar por lo menos con un operador familiarizado con el paro y arranque del proceso en condiciones normales y anormales, un ingeniero familiarizado con el diseño y características de seguridad del proceso, un ingeniero de mantenimiento que este familiarizado con inspecciones y practicas de mantenimiento, un oficial de seguridad industrial que este familiarizado con toda la planta.

c) Documentos necesarios.

El siguiente paso es la selección de documentos y su revisión para poder formular las preguntas, estos son discutidos en detalle durante la sección de discusión de documentos de soporte y deben ser revisados por cada uno de los miembros del grupo antes de la reunión.

d) Formulación de preguntas que pasa si.

La formulación de preguntas de que pasa si por miembros del grupo es el cuarto paso, esta elaboración debe hacerse pensando *¿Que pasaría si:?*

- Falla el equipo.
- Fallan los instrumentos.
- Falla las energías.
- Ocurren eventos externos tales como: temblor, terremoto o inundación.

e) Evaluación de la respuesta/consecuencia.

Una vez que las preguntas son preparadas por miembros del grupo se procede hacer una agrupación de las preguntas de acuerdo a un orden lógico, las preguntas ya agrupadas se anotan en el formato correspondiente antes de efectuar el análisis.

f) Llenar la tabla sumariada.

La figura 2.6 es un ejemplo de la tabla usada en la técnica de *QUE PASA SI*, donde se vacían en la primera columna las preguntas previamente diseñadas y en las demás el peligro que el evento estudiado representa, la gravedad del mismo y algunas recomendaciones pertinentes para mitigar las consecuencias o reducir la periodicidad del mismo.

¿Que pasa si..?	Consecuencia o peligro	Recomendaciones

Figura 2.6 Ejemplo de tabla usada en la técnica de QUE PASA SI.

2.4.3 ANALISIS DEL ARBOL DE FALLAS: (21, 23, 24, 25)

El árbol de fallas es una herramienta de análisis que usa un razonamiento deductivo y diagramas gráficos que muestran la lógica del proceso para determinar como un evento no deseado puede ocurrir. Es un diagrama lógico que muestra las

interrelaciones entre el evento no deseado en un sistema (efecto) y las razones para el evento (causas). Las razones que pueden dar como resultado un accidente pueden ser condiciones ambientales, errores humanos, eventos normales que se espera que ocurran en la vida del sistema, y fallas de componentes específicos. Es un método sistemático muy estructurado que puede ser usado en un sistema simple o en las interacciones de sistemas múltiples.

La descripción del evento no deseado siempre nos deberá dar la respuesta a las preguntas: *¿Qué?*, *¿Dónde?* y *¿Cuándo?*

Que : Describe que tipo de evento no deseado ocurre.

Donde : Describe donde el evento no deseado ocurre.

Cuando : Describe cuando el evento no deseado ocurre

Es además una de las pocas herramientas que pueden tratar adecuadamente los efectos de fallas comunes y producir resultados cualitativos y cuantitativos

2.4.3.1 Historia.

El árbol de fallas es una técnica desarrollada en 1960 por BELL LABORATORIES durante el proyecto de los misiles Polaris (de la industria aeroespacial), mas tarde se aplico en las plantas nucleares y finalmente en la industria química.

Posteriormente, la compañía Boeing mejoró la técnica y desarrolló los primeros programas de computadora para realizar el análisis cualitativo y cuantitativo de los árboles de falla. En 1965, D.F. Haas aplicó la técnica a una amplia variedad de problemas de seguridad en procesos y confiabilidad. En la actualidad, el análisis de árboles de falla es una de las técnicas de uso común para elaborar estudios rigurosos de riesgo, y de confiabilidad .

2.4.3.2 Recursos necesarios.

- Se necesita tener un conocimiento completo de las funciones de la planta y/o sistema
- Conocer cuales son las fallas en las que puede incurrir el sistema, equipo, planta, etc.

2.4.3.3 El empleo de los operadores lógicos Y/O.

Los modelos lógicos definen la relación lógica entre eventos simples pero que se combinan para producir otros eventos un ejemplo sería el ya conocido triángulo de fuego* (figura 2.7) en el que todos los eventos contribuyentes deben ocurrir o estar presentes para que el evento no deseado pueda ocurrir, así el incendio se produce si están presentes el combustible Y el oxígeno Y el calor.

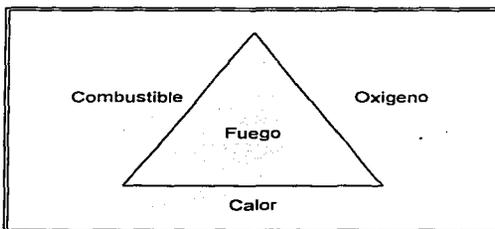


Figura 2.7 Triángulo de fuego

El otro operador lógico usado es O, podemos usar el ejemplo mostrado en la tabla 2.1 para entender mejor este operador.

Tabla 2.1 Operadores "O" e "Y"

Evento no deseado	Eventos contribuyentes (Sub eventos)
El carro no arranca porque	La batería está muerta, O falla la marcha O no hay gasolina en el tanque.
O	Cualquiera de estos eventos pueden causar el evento no deseado (con uno solo basta).
Y	Todos los eventos contribuyentes deben ocurrir para desembocar en el evento no deseado (deben ser todos).

Los modelos Y/O pueden ser desarrollados para describir situaciones o equipos que involucran lógica compleja, por ejemplo si tenemos un aditamento con tres

* Aunque la nueva teoría del fuego marca que además de estos tres elementos se debe considerar a la reacción en cadena, sin embargo para mayor didáctica aquí conservamos el esquema del triángulo en lugar del tetraedro del fuego.

entradas (A, B, y C) y una sola salida, el mecanismo tiene integrado un circuito lógico interno o algún mecanismo de decisión de tal manera que hay una respuesta si hay al menos dos entradas (Figura 2.8).

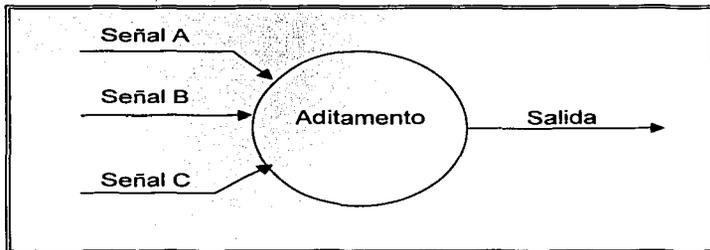


Figura 2.8 Ejemplo del Operador "O"

Luego entonces la salida ocurre si "A Y B" ocurren O "B Y C" ocurren O "A Y C" ocurren O "A" Y "B" Y "C" ocurren, pero no ocurrirá si solamente ocurren "A", "B" O "C" independientemente.

2.4.3.4 PROCEDIMIENTOS PARA EL ARBOL DE FALLAS.

El análisis del árbol de fallas parte o separa en una forma lógica un incidente en fallas de equipo y errores humanos. Un evento no deseable específico llamado evento tope (Top Event) es definido y todas las posibles causas son consideradas. Las causas inmediatas son descubiertas primero y cada una de ellas son examinadas hasta determinar las causas básicas.

Los resultados del árbol de fallas son combinaciones de fallas de equipo y humanas que son suficientes para causar un evento tope. Si el análisis del árbol de fallas es una representación gráfica de estas combinaciones.

Para construir e interpretar un árbol de fallas, se debe entender la lógica y los símbolos lógicos involucrados, los cuales son mostrados en la tabla 2.2:

Tabla 2.2 Simbología del árbol de fallas

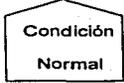
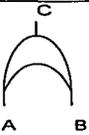
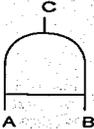
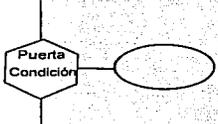
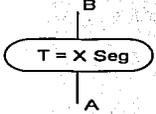
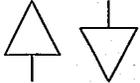
TIPOS DE EVENTOS	
	<p>Puede ser el evento tope o un evento contribuyente también llamado sub evento.</p> <p>Los eventos representan las ramas del árbol de fallas y deberían partirse en sus causas</p>
<p>TIPOS DE CAUSAS: Las causas son sucesos que pueden conducir a un evento.</p>	
	<p>Causa Básica: Una causa básica es una que no se puede partir en elementos más rudimentarios.</p> <p>Ejemplos son: ruptura de una válvula.</p>
	<p>Causa secundaria: Una causa secundaria es aquella que no es desarrollada en sus causas básicas. Esto puede ser debido a la falta de información o porque no se encuentra necesario.</p> <p>Ejemplos son: falla de agua de enfriamiento, pérdida de agitación, falla de la bomba en el arranque cuando se le demanda.</p>
	<p>Condición Normal: Es la que siempre o nunca existe. La probabilidad de una condición normal es "0" ó "1"</p> <p>Ejemplo : Oxígeno presente en la atmósfera.</p>
<p>PUERTAS: Las puertas son un medio de examinar combinaciones de eventos y causas para determinar si estas pueden contribuir a un evento tope. Si una puerta es satisfecha por sus entradas se produce una salida, de lo contrario la secuencia se detiene.</p>	
	<p>Puerta "O": La puerta "O" se satisface cuando al menos una de sus entradas ocurre o está presente.</p> <p>Si A o B, entonces C</p>

Tabla 2.2 Simbología del árbol de fallas (Cont.)

	<p>Puerta "Y": La puerta "Y" se satisface solamente cuando todas las entradas ocurren o están presentes.</p> <p>Si A y B, entonces C</p>
	<p>Puerta inhibidora: La puerta inhibidora se satisface si la entrada ocurre o si está presente mientras la condición inhibidora existe.</p> <p>A o B pero no las dos. A y B pero A antes que B.</p>
	<p>Puerta de retraso: La puerta de retraso se satisface cuando cierto tiempo transcurre después que la entrada ocurre.</p> <p>Ejemplo Si A entonces B después del tiempo "t".</p>
<p>SÍMBOLOS DE REFERENCIA:</p>	
	<p>Símbolo de transferencia Se usa el símbolo de transferencia para continuar una porción de un árbol de fallas de una página a otra. Es usado también para repetir árboles secundarios idénticos ocurriendo en muchos lugares en el árbol principal.</p>
	<p>Nota o Comentario: Se usa este símbolo para referirse a una entrada en un árbol de fallas de una lista de comentarios.</p>
	<p>Recomendación: Se usa este símbolo para referirse a una entrada en un árbol de fallas de una lista de recomendaciones.</p>

Fuente: Memorias del Taller de Análisis de Riesgos y Estimación de Consecuencias, del 22 al 24 de octubre de 2000, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

2.4.3.5 PROCEDIMIENTO DEL ÁRBOL DE FALLAS

Los pasos en el análisis de árbol de fallas son cinco:

a) Definir el evento tope:

Definir el evento tope para el sistema o planta de estudio. Eventos tope definidos de una manera pobre o vaga frecuentemente nos llevan a un análisis divergente. Un evento como "Fuego en la planta" es muy general para definir un análisis de árbol de fallas. Fuego en las calderas durante las condiciones normales de operación" es mas precisa porque describe el qué, en donde y cuando.

b) Definir las condiciones límites del análisis:

Las condiciones limites del análisis son necesarias para definir los eventos que eventualmente pudieran intervenir en el árbol de fallas. Estas condiciones límites describen el sistema en su estado normal, sin fallas incluyendo cuales válvulas están abiertas normalmente, cuales están cerradas, cuales bombas esta operando normalmente, cuales están paradas, etc. Los limites fisicos del sistema que cubren los equipos que serán considerados y las interfaces con otros procesos y sistemas de soporte y utilidad que serán incluidos. Hay que indicar estos límites en los Diagramas de Tubería e Instrumentación y cruzar los elementos después de que ha sido considerada su contribución al evento tope.

c) Definir el nivel de resolución:

El nivel de resolución establece simplemente la cantidad de detalles que se debe incluir en el árbol de fallas. Por ejemplo: Una válvula operado por un motor puede ser incluida como una pieza simple de equipo o puede ser descrita como varios elementos (cuerpo de la válvula, partes internas de la válvula, y un motor). Esto puede partirse más adelante para incluir al sistema de control, la fuente de poder, y un operador. El nivel de resolución se define usualmente por la cantidad de detalle en la información de fallas disponible.

d) Especificar otras suposiciones:

El analista debe especificar otras suposiciones para definir el sistema para el análisis de árbol de fallas. Estas suposiciones deben aclarar todas las dudas del estado del sistema.

e) Construcción del árbol de fallas:

La construcción del árbol de fallas empieza con el evento tope y procede nivel por nivel hasta que todos los eventos de falla han sido desarrollados en sus causas básicas. Cada nivel contiene solamente las causas directas e inmediatas para el nivel superior. Es por eso que, el segundo nivel incluye todas las causas inmediatas para el evento tope. Normalmente el segundo nivel no tiene las causas básicas pero contiene fallas intermedias que requieren de un desarrollo adicional. Si el segundo nivel contiene solamente las causas básicas entonces el problema es demasiado sencillo para el Análisis de árbol de fallas y será más efectivo si se analiza por otro método.

Algunas reglas que hay que seguir en la construcción del árbol de fallas son las siguientes.

- **PLANTEAMIENTO DEL EVENTO TOPE:** Se deben escribir los planteamientos en los cuadros de eventos y círculos con precisión. Se debe incluir cuál es la falla, dónde ocurre, y cuándo sucede.
- **EQUIPO QUE NO FALLA:** Si el funcionamiento normal de un equipo propaga una secuencia de falla, entonces asuma que el equipo funciona normalmente. Nunca asuma que las fallas inesperadas o milagrosas de algún equipo interrumpen o previenen un accidente.
- **CONSTRUYA SISTEMATICAMENTE:** Complete cada nivel del árbol de fallas antes de pasar al siguiente nivel. Defina completamente todas las entradas de una puerta específica antes de pasar a otra puerta.
- **NO "PUERTA A PUERTA":** La salida de todas las puertas lógicas deben estar etiquetadas con un evento de falla. No conecte la salida de la puerta como la entrada de otra puerta sin antes definir un evento de falla.

Ejemplo:

Quando se poncha una llanta de un automóvil, (Figura 2.9) el evento tope es el resultado de dos posibles eventos: Manejar sobre un camino en mal estado o una falla mecánica, el camino en mal estado es una causa básica por lo que el árbol en esta "rama" ya no continúa, pero la falla mecánica tiene a su vez algunas causas, tales como presión y temperatura alta o que la llanta estuviese en mal estado, las cuales son causas básicas por lo que podemos dar por concluido el árbol de fallas.

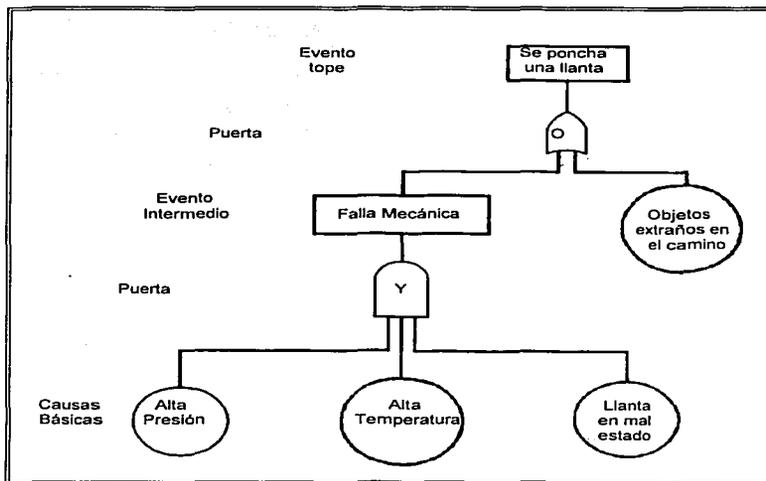


Figura 2.9 Árbol de fallas para una llanta pinchada

f) OBSERVACIONES Y RESULTADOS

El árbol de fallas puede ser usado durante el diseño, modificación, operación o mantenimiento de instalaciones. Puede ser de especial utilidad en el análisis de procesos nuevos o desconocidos de los cuales no existe historia, pero existe base de datos confiable de otras instalaciones similares.

Al término de la elaboración del árbol de fallas tenemos un juego de diagramas lógicos que ilustran cómo 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, pero pueden ser cuantitativos si se cuenta con la base de datos de las causas básicas y su procesamiento matemático.

En las figuras 2.10 y 2.11 se presentan algunos ejemplos de árboles de fallas con diferente grado de complejidad para distintos tipos de eventos

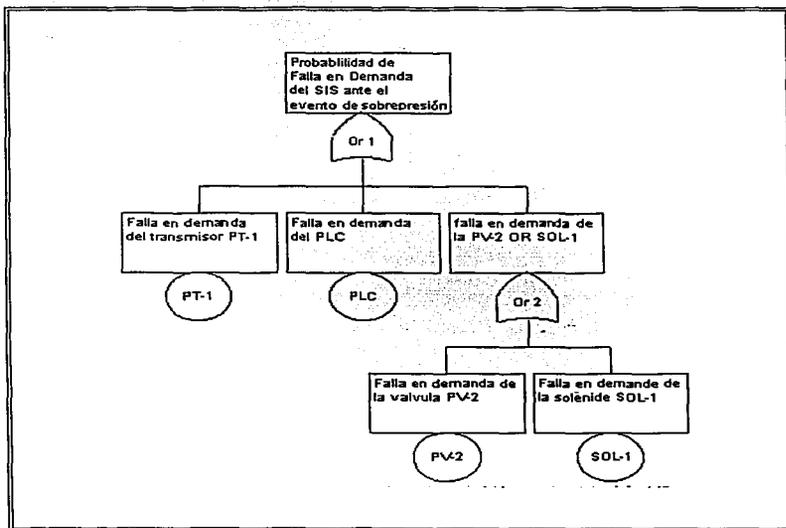


Figura 2.10 Árbol de fallas de un separador de gas líquido con sistema de paro de emergencia ante un evento no deseado de sobrepresión (Memorias del congreso del IMIQ, León Guanajuato 1999)

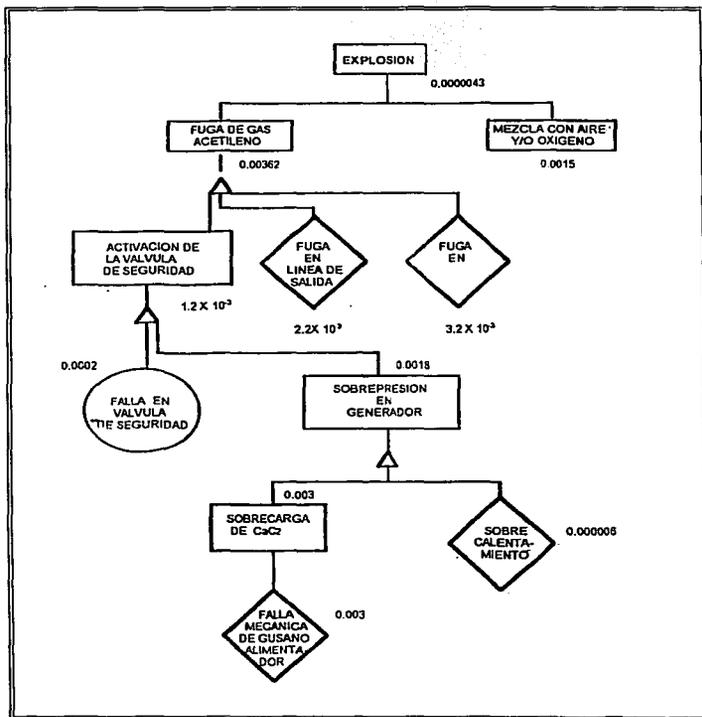


Figura 2.11 Árbol de fallas para una explosión de un generador de acetileno

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DEL SITIO

3.1 LO QUE ES EL LEM (Laboratorio Experimental Multidisciplinario).

El lugar que se describe a continuación es el Laboratorio Experimental Multidisciplinario de Ingeniería Química (LEM) Nave 1000 ubicado en el campo 1 de la Facultad De Estudios Superiores "Cuautitlán" de la Universidad Nacional Autónoma de México.

En las afueras del LEM se encuentran ubicadas las nave 3000 (Química Industrial), la nave 2000 (Ingeniería en Alimentos), y los edificios L-4 y A-1, además de áreas verdes y la avenida 1º de Mayo, tal como lo muestra el croquis de la figura 3.1.



Figura 3.1 Campo 1 FES-CUNAM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El LEM es una instalación que funciona como un laboratorio a nivel planta piloto que da servicio en su fase intermedia y terminal a la carrera de Ingeniería Química (además de éste existen otros tres para las carreras de Ingeniería en Alimentos, Química Industrial y Química Farmacéutica Bióloga). En el se encuentran instalados equipos que cuentan con aparatos de medición e instrumentos de control acondicionados para la realización de investigación científica y pruebas experimentales de carácter académico-pedagógico.

La nave 1000 está constituida por las siguientes áreas las cuales son mostradas en el plano de distribución de la figura 3.2.

- Área experimental: Aquí se encuentra instalado el equipo dividido en sub-áreas dependiendo de las operaciones que se trabajen, por lo que se tienen las siguientes: de flujo de fluidos, de transferencia de masa, de operaciones mecánicas, de control, de reactores y los bancos experimentales, esta área cuenta además con alimentación de gas natural; vapor; agua de servicio helada y caliente; vacío y aire comprimido.
- Laboratorio de tecnología Química: El cual está equipado con mesas, muflas, estufa, y el material necesario para trabajar los proyectos o prácticas en su fase de nivel "vidrio".
- Taller: Equipado con las siguientes máquinas y herramientas: Torno, cepillo, taladros de banco, esmeriles, sierra reciprocante, dobladora, roladora, equipo de soldadura eléctrica y autógena.
- Sala de proyecciones: En donde se cuenta con sillas y mesas y se ubica junto al laboratorio de tecnología química.
- Cubículos: Se cuenta con 6 cubículos para los profesores.
- Almacén: Donde se encuentran los materiales "pesados", tales como tubería, lámina, herramientas, equipo de seguridad, equipo de mantenimiento y consumibles.
- Cuarto de Máquinas: Donde hay dos calderas, dos compresores y un sistema de vacío ⁽²⁰⁾.

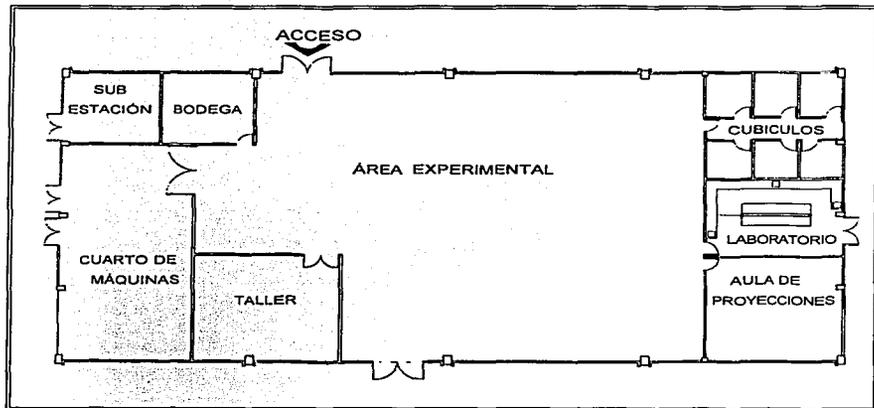


Figura 3.2 Plano de distribución de áreas de la nave 1000.

La función del LEM es proporcionar a los usuarios de la facultad (personal académico y alumnos) lugar, reactivos, instrumentos y equipos adecuados, entre otras cosas, para la realización de experimentos, prácticas o trabajos de investigación programados en las diferentes asignaturas con la finalidad de acercar al estudiante al conocimiento del equipo utilizado en las diferentes industrias además de ser utilizado también en la realización de algunos trabajos de tesis.

El presente trabajo no se limita exclusivamente al área donde se encuentra el equipo de tipo industrial, por lo que la identificación de riesgos incluye a áreas tales como laboratorio, aulas, cubículos y cuarto de máquinas.

3.2 AREA EXPERIMENTAL

El equipo que se tiene en existencia en el área de procesos se enumera a continuación y su distribución se muestra en la figura 3.3.

CLAVE	EQUIPO	CLAVE	EQUIPO
CE01	Centrífuga	TDC04	Torre de destilación
MO	Pulverizadora.	TS05	Unidad de extracción.
MO01	Molino de bolas.	TH06	Hidráulica de torres empacadas.
RED01	Red de Flujo.	EV02	Evaporador de película.
RED02	Red de Flujo.	PB01	Prueba de bombas
ME01	Mesa Experimental	TE07	Torre de enfriamiento.
EV01	Evaporador de calandria.	TA01	Torre de adsorción.
SR01	Secador rotatorio.	TP02	Torre de platos.
IC01	Intercambiador de calor de tubos y coraza	IC02	Intercambiador de calor de flujo cruzado.
TD01	Torre de destilación empacada de 4".	IC03	Intercambiador de calor múltiple
TT01	Tubería y toberas.	TD02	Torre de destilación empacada de 3"
ME02	Mesa experimental.	RED03	Red de flujo.
RB01	Reactor.	RED04	Red de flujo.
		TC01	Unidad de control.

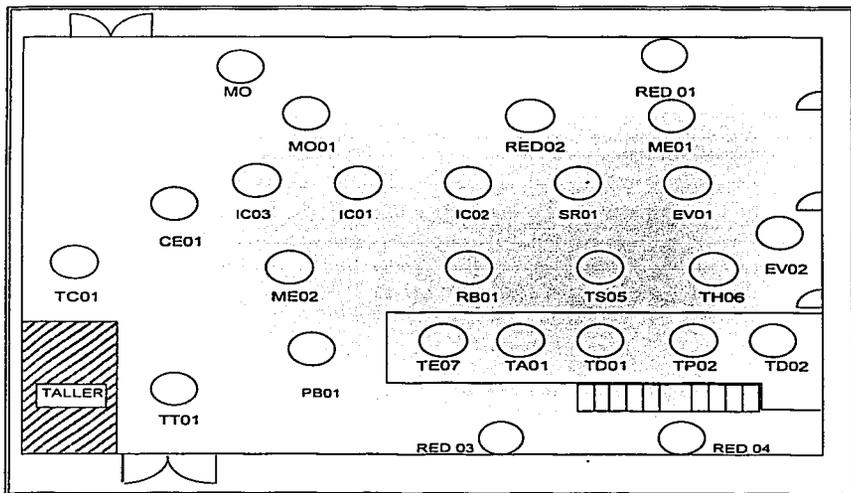


Figura 3.3 Plano de distribución de equipo.

Ya que determinamos la ubicación y tecnología del LEM, es necesario mencionar que los materiales usados en las prácticas que se llevan a cabo, están limitados al agua y la arena, sin embargo los fluidos de servicio utilizados pueden ser peligrosos, por la presión y la temperatura a la que se encuentran, estas condiciones se muestran en la tabla 3.1:

Tabla 3.1 Características de los fluidos manejados en el LEM.

Fluido	Temperatura	Presión
Aire	Ambiente	9 kg/cm ² .
Vapor	200° C	7.5 kg/cm ² .

3.3 RECURSOS HUMANOS

En el rubro de recursos humanos tenemos el siguiente personal que desempeña sus distintas labores (27):

Fogonero

- Opera la caldera
- Vigila los niveles de agua.
- Aplica los productos químicos para el tratamiento de agua.
- Mantenimiento preventivo y correctivo parcial.

Técnico operativo

- Opera los demás equipos del área de servicios.
- Mantenimiento preventivo y correctivo parcial.

Almacenista:

- Organiza y controla entrada y salida del material.
- Clasifica los materiales de entrada al almacén realiza inventarios físicos.
- Ordena el material que se encuentra en el almacén.

Auxiliar de intendencia:

- Limpieza general del área.

Personal docente y alumnos:

Su cantidad estará en función del número de grupos a los que se imparte clases en el semestre de las diferentes asignaturas siendo un promedio de 5 profesores con 8 grupos de 10 alumnos cada uno.

Responsable académico-administrativo:

- Organiza el trabajo del personal administrativo.
- Reporta los desperfectos a los departamentos encargados de efectuar las reparaciones.
- Organiza y colabora en el mantenimiento menor de los equipos de docencia.
- Lleva el control de calificaciones, documentación, adeudos de material, inscripciones y material didáctico.
- Elabora la programación de prácticas.
- Elabora la programación de servicios.
- Se encarga de los problemas surgidos en el funcionamiento del LEM.

Técnicos Académicos:

Se encargan de manejar el equipo instalado en el laboratorio además de darle mantenimiento correctivo y preventivo y de operar las máquinas y herramientas del taller.

CAPITULO IV

Aplicación del estudio.

Las técnicas descritas en el capítulo dos fueron aplicadas para identificar los riesgos existentes en el LEM de Ingeniería Química en el siguiente orden.

- Lista de verificación.
- What if...
- Arbol de fallas

Teniendo el alcance y las limitantes que a continuación se definen.

Lista de verificación:

Fue elaborada tomando como base las Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (NOM-STPS), en los puntos aplicables a las instalaciones del LEM, y el "Manual de buenas prácticas de Higiene y Sanidad", de la Secretaría de Salubridad.

Las normas utilizadas fueron las siguientes

- NOM-STPS 001-1999. Edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo. condiciones de seguridad e higiene.
- NOM-002-STPS-2000, Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.
- NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.
- NOM-STPS 005-1998. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
- 017-STPS-2001 Equipo de protección persona. Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
- NOM-STPS 018-2000. Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
- NOM-STPS 026-1999 Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos por tuberías.

Los resultados de esta técnica se obtuvieron mediante distintos recorridos de inspección en las instalaciones del LEM y de entrevistas con los operarios el día 9 de mayo del mismo año.

¿Que Pasa Si..?

Esta técnica se aplico de una manera general al área experimental de la nave y a los eventos que en ella pudiesen ocurrir (ambientales, fallas de sistema, eventos externos) y no a cada equipo en específico por lo que no se presentan lo que podría ocurrir si algún equipo en particular (Molino, red de flujo, intercambiador de calor etc.) llegase a fallar

Árbol de fallas:

Como lo indica la técnica lo primero que se determinó fue el evento tope y en este caso se eligió como tal una explosión de la caldera, teniendo como sus posibles causas por un lado la presencia de fuego (siendo sus elementos constituyentes la fuga de gas como combustible, el oxígeno presente en la atmósfera como comburente y una fuente de ignición que pudiera ser una chispa o una flama abierta que provea el calor necesario) y en segundo lugar una posible sobrepresión interna del sistema causada por un sobrecalentamiento o que el vapor no sea liberado.

El Árbol de Fallas fue desarrollado, partiendo del evento tope, del cual se fue retrocediendo, usando deducción lógica hasta llegar a las causas básicas, de forma que la falla del sistema es descrita en términos de la falla de los componentes que integran al sistema.

Se eligió el escenario de la explosión de la caldera porque presenta características suficientemente complejas para realizar un estudio completo sin que llegue a ser muy simple ni demasiado confuso.

Una vez que definimos nuestro evento tope, se identificaron cuales son los factores que podrían ocasionar que la caldera explote, y a su vez identificamos cuales son las causas que ocasionan los factores anteriormente mencionados.

Al limitarnos únicamente a la lógica del evento, no poseer información acerca de la periodicidad de las causas básicas ni tener el historial de accidentes e incidentes, los resultados de nuestro árbol de fallas son solamente de tipo cualitativo.

4.1 RESULTADOS

En las tablas 4.1 y 4.2 se presentan los resultados de la lista de verificación y del análisis ¿Qué pasa si..? respectivamente y en la figura 4.1 se presenta el Árbol de Fallas realizado para la caldera del LEM.

TÉCNICA DE ANÁLISIS DE RIESGO

TABLA 4.1.1 LISTA DE VERIFICACIÓN

PARA LA NAVE 1000 DE INGENIERÍA QUÍMICA

DESCRIPCION		SI	NO	NA	OBSERVACIONES
CONDICIONES GENERALES					
1	Condiciones generales				
	A. Las condiciones generales de limpieza son buenas.	X			
	B. Las puertas, vías de acceso y de circulación, escaleras, lugares de servicio y puestos de trabajo facilitan las actividades y desplazamiento del personal discapacitado.		X		
	C. Las puertas abren al exterior		X		Las puertas de los cubículos y salones abren hacia adentro de los mismos.
	D. Están libres de insectos, roedores pájaros u otros animales.		X		En uno de los recorridos se llegó a ver una rata en el área de calderas.
	E. Hay protecciones para evitar la entrada de plagas (Cortinas de agua, trampas, electrocutores, etc.)		X		
2	Los pasillos y pisos están:				
	A. Libres de bloqueos (Obstáculos)		X		
	B. Libres de sólidos, líquidos, o grasas	X			
	D. Los pisos con antiderrapante,		X		
	E. Cuentan con un sistema que evita el estancamiento de líquidos;		X		
	F. Son llanos y están libres de agujeros, astillas, clavos y pernos que sobresalgan, válvulas, tubos salientes u otras protuberancias que puedan causar accidentes;		X		
3	Las escaleras:				
	A. Tienen un ancho constante de al menos 56 cm, con variaciones de hasta 3 cm en cada tramo;	X			
	B. Tienen todas las huellas el mismo ancho y todos los peraltes la misma altura, con una variación de no más de 1 cm.	X			
	C. Tienen pasamanos con una altura de 90 cm ± 10 cm	X			

TÉCNICA DE ANÁLISIS DE RIESGO

TABLA 4.1.1 (Continuación)
LISTA DE VERIFICACIÓN

PARA LA NAVE 1000 DE INGENIERÍA QUÍMICA

	DESCRIPCION	SI	NO	NA	OBSERVACIONES
	D. La distancia entre balaustres, no es mayor a 1 m, salvo que el área por debajo del pasamanos esté cubierta con barandas u otros medios.	X			
	E. Tienen pasamanos continuos, lisos y pulidos.	X			
	F. Los pasamanos están sujetos a la pared o fijos por medio de anclas aseguradas en la parte inferior de los pasamanos;	X			
4	El drenaje				
	Está diferenciado el drenaje de uso y el pluvial		X		
	Hay suficientes registros		X		
	Hay suficientes coladeras		X		
5	Los baños para el personal son				
	A. Suficientes	X			
	B. Aseados.	X			
6	Están en buen estado las instalaciones eléctricas				
	A. Fijas	X			
	B. Provisionales			X	
7	Los ductos que transportan fluidos peligrosos y no peligrosos (agua, gas, etc.)				
	A. Están correctamente señalizados		X		Hay que actualizar el código según la NOM-STPS-026 1998 (Anexo I)
	B. La dirección de los fluidos está indicada	X			
8	La ventilación				
	A. Es la adecuada	X			
	B. Es inspeccionada regularmente.	X			
	C. Recibe mantenimiento	X			El servicio lo realiza cada 6 meses, una empresa contratada especialmente

TÉCNICA DE ANÁLISIS DE RIESGO

TABLA 4.1.1 (Continuación) LISTA DE VERIFICACIÓN

PARA LA NAVE 1000 DE INGENIERÍA QUÍMICA

	DESCRIPCION	SI	NO	NA	OBSERVACIONES
EQUIPO CONTRA INCENDIO					
9	Los extintores para las diferentes áreas son				
	A. Adecuados.	X			
	B. Suficientes.		X		En caso que todas las banderas tuviesen su extintor serían suficientes
	C. Accesibles.		X		Los accesos a los extintores del taller y al 6 están obstruidos
	D. Localizables.		X		El extintor 1 está en otro lugar de donde indica su bandera
10	Cuenta con equipo automático de extinción.		X		
	A. En buen estado				
	B. Revisado periódicamente				
INSTALACIONES DE EMERGENCIA					
11	Están identificadas las áreas en función de su riesgo.	X			
12	Las sustancias peligrosas tienen su respectiva identificación de riesgo (diamante de seguridad, hoja de seguridad)			X	Al no requerirse, no se manejan en el LEM
	A. Son visibles.				
	B. Son los indicados				
13	Las salidas de emergencia son.				
	A. Accesibles.	X			
	B. Localizables.	X			

TÉCNICA DE ANÁLISIS DE RIESGO

TABLA 4.1.1 (Continuación) LISTA DE VERIFICACIÓN

PARA LA NAVE 1000 DE INGENIERÍA QUÍMICA

DESCRIPCION		SI	NO	NA	OBSERVACIONES
	C. Operables (Buenas condiciones)		X		Las puertas de las salidas de emergencia están cerradas, pudiendo ocasionar entrapamiento.
	D. Existen líneas de tránsito visibles		X		Hacen falta señalamientos en el piso que guíen hacia las salidas de emergencia.
14	Cuenta con señalamientos preventivos				
	A. Son suficientes.	X			
	B. Adecuados.	X			
	C. Localizables.	X			
12	Las alarmas de emergencia:		X		
	A. Existen				
	B. Accesibles.				
	C. Localizables.				
	D. Operables (Buenas condiciones)				
15	Se cuenta con equipo para contención de derrames		X		
	Son suficientes				
	Están debidamente distribuidos				
16	Cuenta con diques, trincheras y fosas de recolección para la contención de derrames o fugas		X		
	A. Son los adecuados				
	B. Son inspeccionados.				
	C. Reciben mantenimiento				
17	Cuenta con botiquín de primeros auxilios	X			
	Cuenta con el material adecuado.		X		El botiquín está cerrado e impide su inspección y su uso rápido

TÉCNICA DE ANÁLISIS DE RIESGO

**TABLA 4.1.1 (Continuación)
LISTA DE VERIFICACIÓN**

PARA LA NAVE 1000 DE INGENIERÍA QUÍMICA

	DESCRIPCION	SI	NO	NA	OBSERVACIONES
18	El equipo de protección personal				
	A. Es el adecuado para las diferentes áreas de trabajo.		X		Hacen falta los tapones auditivos para el fogonero de la caldera
	B. Es usado correctamente		X		El operario no usa sus guantes al manejar el torno.
EL PERSONAL					
19	Los profesores, alumnos y trabajadores están familiarizados con los accidentes ocurridos en su área.			X	En lo que lleva de vida útil no se han registrado accidentes
20	El personal esta capacitado en:				
	A. Uso y manejo de extintores.	X			Aunque si saben como usarlos, se les dificulta manejarlos.
	C. Riesgos de trabajo	X			
	D. Sustancias peligrosas.			X	
	E. Responsabilidades y acciones en emergencias.		X		
	G. Simulacros de evacuación..		X		
21	Las MSDS están actualizadas y son manejadas en forma correcta (listados vigentes).			X	
22	Existen evidencias de recomendaciones completas en anteriores auditorias de seguridad	X			Las actas levantadas por protección civil y la comisión mixta de seguridad e higiene

NA = No Aplica

TÉCNICA DE ANÁLISIS DE RIESGO

TABLA 4.2
QUE PASA SI...?

PARA LA NAVE 1000 DE INGENIERÍA QUÍMICA

FALLA	CONSECUENCIA	RECOMENDACIÓN
1. Hay una sobrecarga eléctrica	1.1.- El motor del instrumental que estuviere en uso se quema. 1.2.- Se genera un incendio	1.1.1.- Aterrizar el instrumental 1.1.2.- Instalar reguladores a los motores. 1.2.1.- Instalar hidrantes y los extintores faltantes.
2. Los compresores funcionan inadecuadamente	2.1.-Falta presión en líneas de aire y/o vacío 2.2.- Hay sobrepresión en las líneas de aire y/o vacío. 2.3 – Las líneas de aire explotan. 2.4 – Las líneas de vacío se colapsan	2.1.1 - Instalar sensor de vacío o presión 2.2.1 - Instalar paro de emergencia 2.2.2.- Instalar válvula de alivio
3. Hay fuga de gas natural	3.1.- Se produce una atmósfera sofocante. 3.2.- Se produce una BLEVE (Boiling Liquid Evaporation Vapor Explosion - Explosión de Vapores de Líquido en Ebullición). 3.3.- Se genera explosión e incendio (Bola de fuego).	3.1.1.- Verificar regularmente que las líneas permanezcan cerradas cuando no estén en uso. 3.1.2.- Indicación a usuarios de mantener las líneas cerradas 3.1.3.- Dar mantenimiento a las llaves y tuberías. 3.2.1.- Instalar venteos 3.2.2.- Instalar sensor para la identificación de atmósferas explosivas. 3.2.2.-Instalar alarma.

TÉCNICA DE ANÁLISIS DE RIESGO

**TABLA 4.2 (Continuación)
QUE PASARÍA SI...?**

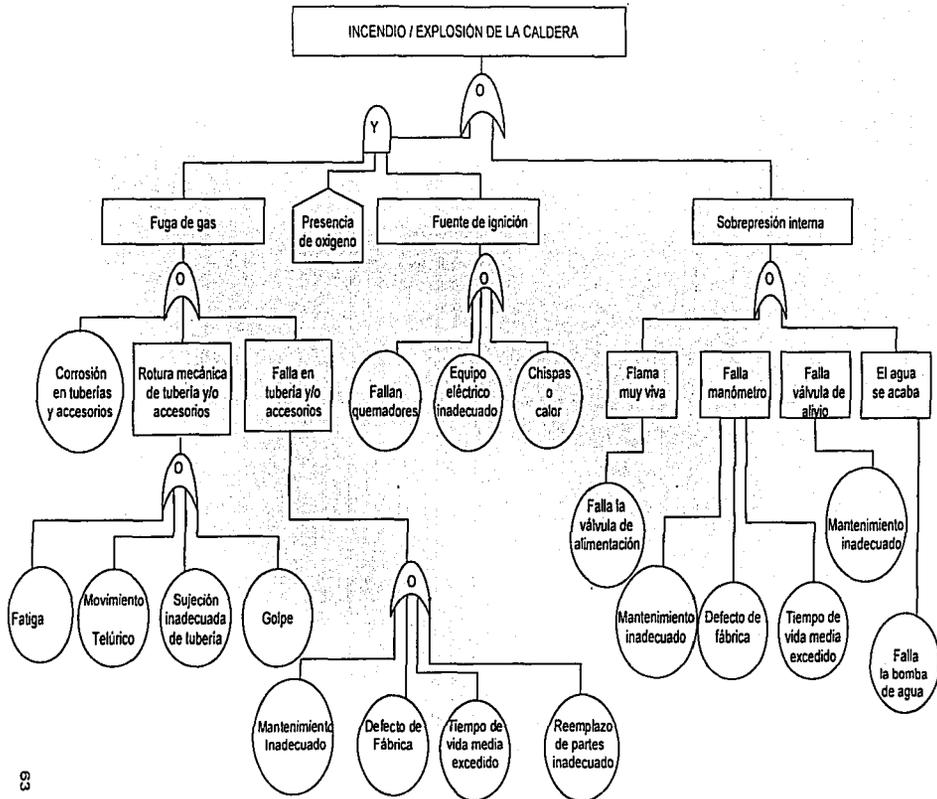
PARA LA NAVE 1000 DE INGENIERÍA QUÍMICA

FALLA	CONSECUENCIA	RECOMENDACIÓN
4. La caldera explota	4.1.- Se generan daños a la estructura del edificio y a las personas expuestas según la tabla de sobre presiones (Anexo II) 4.2.- Se provoca atmósfera sofocante. 4.3.- Se provoca atmósfera explosiva 4.4.- Se genera incendio.	4.1.1.- Dar mantenimiento a las válvulas de alivio y emergencia, al manómetro y al termómetro. 4.1.2.- Colocar manómetro secundario. 4.2 Instalar venteos 4.4.1 Instalar hidrantes en las cercanías del LEM.
5. Ocurre una inundación	5.1.- El piso se moja ocasionando riesgos de caídas y resbalones. 5.2.- El personal que esté en contacto con el instrumental sufre una descarga eléctrica llegando a la electrocución. 5.3.- Al haber líneas y motores eléctricos a nivel del suelo se ocasiona corto circuito. 5.4.-Se genera un incendio	5.1.1.- Instalar drenaje en las puertas sur y norte. 5.1.2.- Instalar material antiderrapante en el suelo. 5.2.1.- Conectar a tierra los motores 5.3.1.- Elevar el nivel de los cables y motores que están en el suelo.
6. Cae un rayo a la nave	6.1.- El instrumental se energiza. 6.2.- El personal recibe una descarga eléctrica. 6.3.- El personal se electrocuta. 6.4.- Sobrecarga y sobrecalentamiento de las líneas eléctricas. 6.5.-Daños a equipos eléctricos. 6.6.- Se genera un incendio.	6.1.1.- Instalar apartarrayos

TÉCNICA DE ANÁLISIS DE RIESGO

Figura 4.1

ARBOL DE FALLAS PARA LA CALDERA DE LA NAVE 1000 DE INGENIERÍA QUÍMICA



4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las técnicas de análisis de riesgo nos dan los siguientes resultados acerca de las condiciones inseguras existentes dentro de la nave del LEM.

- a) La mayoría de las condiciones subestándares son causadas por un mal diseño de las instalaciones.

Dentro de este rubro tenemos que:

- Las coladeras son insuficientes o mal distribuidas lo que ocasiona que en el piso se hayan instalado tuberías y mangueras que en algún momento ocasionen caídas o tropezones.
- Las puertas de salida de otras áreas hacia el área experimental abren hacia adentro pudiendo ocasionar entrapamiento en situaciones de emergencia.
- Los pisos son lisos sin antiderrapante lo que puede generar resbalones.

Por lo que podemos sugerir algunas medidas para reducir los riesgos existentes:

- Se pueden reubicar las coladeras a modo que estén mas cercanas al instrumental del cual reciben las descargas de agua, o instalar las tuberías de forma que no estorben el paso en los pasillos (Vg. ocultándolas en el piso)
- Cambiar de sentido de abertura las puertas.
- Colocar antiderrapante o hacer un rayado en el piso

- b) Por otro lado se encontraron otras condiciones subestándares en los siguientes casos:

- Los extintores no están colocados en el lugar donde indica su bandera, algunos están lejos de su lugar y otros ni siquiera existen
- El botiquín está cerrado con llave lo que hace imposible su uso en caso de requerirlo.
- Las puertas de emergencia están cerradas.
- La manta contra incendio no se ha instalado por lo que continúa guardada en el almacén.
- El código de colores para la comunicación de riesgos en tuberías no está actualizado

Las primeras tres condiciones además de incrementar los riesgos en sí mismas, produce una sensación de falsa seguridad lo que hace que el riesgo se incremente aún mas en alguna situación de emergencia.

Para estos casos sugerimos lo siguiente:

- Colocar los extintores en el lugar indicado
 - Dejar el botiquín abierto para su uso en cualquier momento, sin embargo para evitar robos del material, colocarlo ya sea en el área de cubículos de los profesores o en un área permanentemente vigilada (cuarto de máquinas, taller o almacén).
 - Abrir las puertas de emergencia al iniciar las actividades del día y cerrarlas al concluir estas.
 - Instalar la manta contra incendios en el cuarto de máquinas
 - Actualizar el código de colores según la norma 026-STPS-1999 (Anexo II).
- c) Además el insuficiente equipo de protección personal o su falta de uso por los operarios quienes realizan trabajo donde están expuestos a ruidos, vibraciones o a partes vivas de maquinaria, podría ocasionar alguna enfermedad o poner en peligro su integridad física (actos inseguros), por lo que en base a lo observado podemos hacer las siguientes recomendaciones
- Dotar a los trabajadores del equipo faltante.
 - Concientizarlos que su uso correcto de es para proteger su salud, integridad y vida
- d) Finalmente una falla en el sistema que se encontró y que genera riesgos es la falta de un plan de atención a emergencias y capacitación de los trabajadores y usuarios en situaciones de emergencia (falta de capacitación).
- La NOM-002 STPS-2000 indica que se tienen que efectuar al menos 2 simulacros anuales de alguna contingencia.

Sin embargo y a pesar de los hallazgos, las acciones que se toman actualmente para llevar a cabo el mantenimiento están correctamente dirigidas a evitar accidentes, por lo que adicionadas a las anteriormente sugeridas ayudaran a hacer del LEM una instalación segura, además de entrar en un ciclo de mejora continua.

CONCLUSIONES

Los riesgos encontrados en el LEM, son los siguientes:

- Caídas debido a tropezones con mangueras y tubos colocados en el suelo.
- Resbalones a causa de pisos lisos.
- Choque eléctrico en caso de inundación, debido a que algunos motores están casi a nivel del suelo.
- Entrampamiento debido a que la puerta de emergencia está cerrada.
- En caso de incendio no se localizan oportunamente todos los extintores.
- En caso necesario no se puede acceder a los medicamentos del botiquín.
- Aunque está controlado por distintos dispositivos (válvula de escape y válvula de seguridad por ejemplo) el riesgo de explosión de la caldera está presente.

Los riesgos presentes en el LEM, tienen sus causas básicas en los factores de trabajo y en los factores personales que a continuación presentamos, los cuales producen condiciones y actos subestándares que en un determinado momento podrían acarrear un accidente o potencializar la gravedad de este.

a) Factores de trabajo:

En este caso no se consideraron los siguientes puntos:

- Una adecuada ventilación en el área de calderas a modo que en caso de fuga de gas este pueda ser desalojado.
- El acomodo del instrumental cerca del drenaje para no colocar tubos o mangueras extras para desalojar agua y que obstaculizan los pasillos.
- El ruido ocasionado por la caldera para proporcionar el Equipo de Protección Personal (EPP) adecuado.

b) Factores Personales:

- Los operarios no usan su EPP al realizar operaciones riesgosas.

c) Fallas del sistema:

Después de las entrevistas con los operarios, nos percatamos de lo siguiente:

- **Hace falta capacitación y concientización de la importancia que tiene el uso del EPP en su trabajo diario.**
- **Tampoco se sabe las acciones que tomarán ante una emergencia, como enfrentarla, que hacer, a quien comunicarla etc.**

ANEXO I

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS POR FLUIDOS CONDUCIDOS EN TUBERÍAS

Aquí se establece el código de identificación para tuberías, el cual consta de los tres elementos siguientes:

- I) Color de seguridad;
- II) Información complementaria;
- III) Indicación de dirección de flujo.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

I) Colores de seguridad para tuberías

- 1 Las tuberías deben ser identificadas con el color de seguridad de la tabla 4.

TABLA 1 COLORES DE SEGURIDAD PARA TUBERÍAS Y SU SIGNIFICADO

COLOR DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO
ROJO	IDENTIFICACIÓN DE TUBERÍAS CONTRA INCENDIO
AMARILLO	IDENTIFICACIÓN DE FLUIDOS PELIGROSOS
VERDE	IDENTIFICACIÓN DE FLUIDOS DE BAJO RIESGO

Para definir si un fluido es peligroso se deberán consultar las hojas de datos de seguridad conforme a lo establecido en la NOM-018-STPS-2000.

También se clasificarán como fluidos peligrosos aquellos sometidos a las condiciones de presión o temperatura siguientes:

- a) Condición extrema de temperatura: cuando el fluido esté a una temperatura mayor de 50 °C o a baja temperatura que pueda causar lesión al contacto con éste;
 - b) Condición extrema de presión: cuando la presión manométrica del fluido sea de 686 kPa, equivalente a 7 kg/cm², o mayor.
- 2 El color de seguridad debe aplicarse en cualquiera de las formas siguientes:
- a) Pintar la tubería a todo lo largo con el color de seguridad correspondiente;
 - b) Pintar la tubería con bandas de identificación de 100 mm de ancho como mínimo, incrementándolas en proporción al diámetro de la tubería de acuerdo a la tabla 2; de tal forma que sean claramente visibles;

c) Colocación de etiquetas indelebles con las dimensiones mínimas que se indican en la tabla 2 para las bandas de identificación; las etiquetas de color de seguridad deben cubrir toda la circunferencia de la tubería.

3 La disposición del color amarillo para la identificación de fluidos peligrosos, se permitirá mediante bandas con franjas diagonales amarillas y negras a 45°. El color amarillo de seguridad debe cubrir por lo menos el 50% de la superficie total de la banda de identificación y las dimensiones mínimas de dicha banda se ajustarán a lo establecido en la tabla 2.

TABLA 2 DIMENSIONES MINIMAS DE LAS BANDAS DE IDENTIFICACION EN RELACION AL DIAMETRO DE LA TUBERÍA

Diámetro exterior de tubo o cubrimiento	Ancho mínimo de la banda de identificación (todas las dimensiones están en mm)
hasta 38	100
más de 38 hasta 51	200
más de 51 hasta 150	300
más de 150 hasta 250	600
más de 250	800

4 Las bandas de identificación se ubicarán de forma que sean visibles desde cualquier punto de la zona o zonas en que se ubica el sistema de tubería y en la cercanía de válvulas. En tramos rectos se ubicarán a intervalos regulares no mayores a lo indicado a continuación:

- a) Para un ancho de banda de color de seguridad de hasta 200 mm, cada 10 m;
- b) Para anchos de banda mayores a 200 mm, cada 15 m.

ii) Información complementaria

5 Adicionalmente a la utilización del color de seguridad señalado y de la dirección de flujo, deberá indicarse la información complementaria sobre la naturaleza, riesgo del fluido o información del proceso, la cual podrá implementarse mediante cualquiera de las alternativas siguientes:

- a) uso de leyendas que indiquen el riesgo del fluido, conforme a la tabla 3;

TABLA 3 LEYENDAS PARA FLUIDOS PELIGROSOS

TOXICO
INFLAMABLE
EXPLOSIVO
IRRITANTE
CORROSIVO
REACTIVO
RIESGO BIOLÓGICO
ALTA TEMPERATURA
BAJA TEMPERATURA
ALTA PRESIÓN

- b) utilización de la señalización de indicación de riesgos por sustancias químicas, de conformidad con lo establecido en la Norma NOM-028-STPS-2000;
- c) nombre completo de la sustancia (por ejemplo: ACIDO SULFURICO);
- d) información del proceso (por ejemplo: AGUA PARA CALDERAS);
- e) símbolo o fórmula química (por ejemplo: H₂SO₄);
- f) cualquier combinación de los incisos anteriores.

5.1 La señalización a que se refieren los incisos a y c del apartado anterior, debe cumplir con lo siguiente:

- El área mínima de la señal será de 125 cm²;
- Cuando la altura de la señal sea mayor al 70% del diámetro de la tubería, dicha señal se dispondrá a manera de placa colgada en la tubería, adyacente a las bandas de identificación;
- Las señales cuya altura sea igual o menor al 70% del diámetro de la tubería, deben ubicarse de conformidad con lo establecido en el apartado 4

5.2 El color de la información complementaria debe ser del color contrastante correspondiente conforme a lo indicado en la tabla 2 de la presente Norma. Cuando se utilicen bandas de color de seguridad mediante franjas diagonales amarillas y negras como se indica en el apartado 3, las leyendas de información complementaria se pintarán adyacentes a dichas bandas, en color blanco o negro, de forma que contrasten con el color de la tubería.

5.3 Para la utilización de leyendas que identifiquen el riesgo del fluido, primeramente se empleará el término EXPLOSIVO o el término INFLAMABLE, cuando alguno de éstos aplique, más la leyenda del riesgo principal del fluido conforme a lo indicado en la tabla 3. Por ejemplo:

INFLAMABLE – TOXICO

5.4 Los ácidos y álcalis deben diferenciarse anteponiendo a la leyenda IRRITANTE o CORROSIVO, la palabra ACIDO o ALCALI, según corresponda.

III) Dirección del flujo

6 La dirección del flujo debe indicarse con una flecha adyacente a las bandas de identificación, o cuando la tubería esté totalmente pintada, adyacente a la información complementaria. Las tuberías en las que exista flujo en ambos sentidos, se identificarán con una flecha apuntando en ambas direcciones. La longitud de la flecha será igual o mayor a la altura de las letras de las leyendas en relación al diámetro de la tubería,

6.1 La flecha de dirección del flujo se pintará directamente sobre la tubería, en color blanco o negro, para contrastar claramente con el color de la misma.

6.2 La flecha de dirección podrá integrarse a las etiquetas, placas o letreros, establecidos en el apartado 4.

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-026-STPS-1998, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

ANEXO II

Tabla de sobrepresiones para el programa
de simulación de explosiones ARCHIE
(Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation -
Herramienta Automatizada para la Evaluación de Riesgo de Accidente Químico).

Sobrepresión (psig)	Daño esperado
0.03	Rotura ocasional de alguna ventana grande que se encuentre bajo tensión.
0.04	Ruido fuerte (143 dB) que favorece la rotura de vidrio.
0.10	Rotura de ventanas pequeñas que estén sometidas a algún esfuerzo.
0.15	Presión típica de rotura del vidrio.
0.30	Algunos daños a los techos de las casas se rompe el 10% de las ventanas.
0.40	Daños limitados a estructuras menores
0.50 - 1.0	Algunas ventanas se hacen pedazos, ocasionando algunos daños.
0.7	Daño menor a las estructuras de las casas.
1.0	Demolición parcial de las casas, lo que las hace inhabitables.
1.0-8.0	Rango en el cual se pueden sufrir serias lesiones acompañadas de laceraciones en la piel debidas a los cristales y otros cuerpos que salen volando.
1.3	Deformación menor de las estructuras de acero en las fachadas de las construcciones.
2.0	Colapso parcial de paredes y techos.
2.0 - 3.0	Paredes de concreto no reforzado son dañadas.
2.3	Limite inferior de daño estructural severo.
2.4 - 12.2	Rango en el cual de 1-90% de la población expuesta sufre ruptura de tímpano.
2.5	Destrucción del 50% de las casas hechas con ladrillo.
3.0	Deformación de las estructuras de acero de las construcciones empujándolas a los cimientos.
3.0-4.0	Los paneles de acero de las estructuras se arruinan.
4.0	Las fachadas de edificios industriales ligeros se dañan.
5.0	Los árboles se quiebran
5.0-7.0	Destrucción total de las casas cercanas.
7.0	Los carros de ferrocarril se vuelcan.
7.0-8.0	Ladrillos no reforzados de espesor entre 8 y 12 pulgadas se deforman o rompen.
9.0	Demolición de carros de ferrocarril cargados.
10.0	Probable destrucción total de las construcciones.
14.5-29.9	Rango en el cual de 1 - 99% de la población expuesta muere debido directamente al efecto de la onda de choque.

Fuente: <http://www.epa.gov/rgytgrnj/programs/artd/toxics/arpp/archie.htm>

BIBLIOGRAFIA:

1. NOM-STPS 005-1998. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
2. Chow Escobedo Pedro, Ductos15, (órgano de de información de comité Interorganismos PEMEX) Septiembre-Octubre 1999 pp15-21
3. Bird Frank E "Liderazgo práctico del control de Pérdidas". Institute Publishing (Division of International loss control institute) Ed. Diana. 1990
4. Rodellar Lisa Rodolfo "Seguridad e higiene en el trabajo" Alfaomega México 1999.
5. Diplomado Básico en Seguridad e Higiene Industrial, Salud en el Trabajo y Protección Ambiental, 19-23 de octubre de 1998, Departamento de Educación Continua, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.
6. Hernández López Artemio "Control de riesgos en el entorno laboral", Edición de autor, México 2000.
7. Ramírez Malpica Roberto "Seguridad Industrial" Ed. Limusa, México D.F. 1989.
8. NOM-128-SSA1-1994, Bienes y servicios. Que establece la aplicación de un sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos en la planta industrial procesadora de productos de la pesca.
9. Kolluru, Rao V. "Understand the basic of risk assessment" Chemical Engineering Progress Marzo 1991.
10. NOM-STPS 018-2000. Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
11. Mc Farland Ross A. "Human Engineering Aspects of Safety" Mecanical Engineering. Mayo 1954.
12. Rollin H. Simonds & John Grimaldi "Safety Management-Accident Coast and Control" Homewood, Ill., Richard D Irwin, Inc., 1963
13. De la Poza José Ma., "Seguridad e Higiene Profesional. -Con las normas comunitarias europeas y norteamericanas-" Paraninfo, Madrid. 1990
14. Análisis de Riesgos en Operaciones (ARO), Manual de trabajo Celanese Mexicana 1997.
15. David McNamee .Página electrónica del www.mc2consulting.com/riesgodef.htm
16. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Diario Oficial 28 de marzo de 1988.
17. López Hernández Enrique "Diplomado de Seguridad en el Trabajo y Salud Ocupacional; Laboratorio II, Memorias del curso" Edición de autor 1999.
18. Memorias del Seminario de métodos de evaluación de riesgos de incendio: Estudio de Seguridad en Procesos (ESP). ITSEMAP/CELANESE MEXICANA. 25 al 27 de marzo de 1992. México, D.F.

19. Página electrónica del Instituto de Investigaciones Eléctricas www.iie.org.mx/nuclear/metodo.htm.
20. Gobierno del Estado de México, Secretaría General de Gobierno, Dirección General de Protección Civil, "Guía para la elaboración de programas específicos de Protección Civil" Noviembre 1996
21. Espinosa Barrón Blanca Miriam "Evaluación Cuantitativa de Riesgos en Plantas de Proceso" (Tesis) Universidad Nacional Autónoma de México 1998.
22. Taller de Análisis de Riesgos y Estimación de Consecuencias, del 22 al 24 de octubre de 2000, Departamento de Educación Continua, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.
23. Bonilla Rodríguez Enrique, Higiene y Seguridad Año 35 no. 424 Agosto 2001, pp 6-11
24. <http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/SOIP/3aSeguridad.htm#6.7>
25. Louvar Joseph F. B. Diane Louvar. "Health and environmental risk analysis: Fundamentals with applications" Upper Saddle River, Prentice Hall New Jersey 1998.
26. Memorias del Congreso del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, León Guanajuato 1999.
27. Silva Escalona Celestino "Instructivo General Para el Uso de los Laboratorios" 31 de mayo de 1985.
28. Diagnóstico general del laboratorio Experimental Multidisciplinario, UNAM, 3 de marzo de 1988.
29. <http://www.epa.gov/rgytgrnj/programs/artd/toxics/arpp/archie.htm>