

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Desde siempre la humanidad ha tenido que afrontar los **riesgos** que surgen de la necesidad de obtener los recursos indispensables para su subsistencia. Por ejemplo, ha tenido que labrar tierras fértiles ubicadas frecuentemente cerca de grandes ríos, en áreas inundables, habitar en áreas sísmicas o sobre los costados de los volcanes donde se halla expuesto a las erupciones. Ha tenido que vivir en zonas propensas a fenómenos destructivos de origen humano tales como la contaminación, derrames de sustancias peligrosas, incendios y explosiones. El hombre ha tenido necesidad de maximizar la disponibilidad de recursos indispensables para la subsistencia y de minimizar los **riesgos** que enfrenta para conseguirlos.

Actualmente el significativo desarrollo industrial y el creciente aumento demográfico han contribuido a que tanto la producción de sustancias químicas y materiales peligrosos, como el uso masivo de ellos, incrementen la probabilidad de que los **riesgos** se tornen en accidentes que ocasionan efectos adversos en

la salud y bienes de la población y la integridad del ambiente. Existe una marcada diferencia entre los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo en lo referente al manejo de estos **riesgos**, lo cual se analizará más adelante.

La continua amenaza de una catástrofe química está impulsando a las autoridades de todo el mundo a desarrollar e implantar una legislación más estricta para minimizar o eliminar el riesgo potencial que representan estos eventos.

Es esencial elaborar normas legales y crear instituciones para hacer frente a los incipientes problemas y a los peligros ambientales. Cada día la industria enfrenta mayores presiones para mejorar su desempeño ambiental y reducir los peligros y riesgos que ella genera.

1.1.1 Accidentes Importantes en el Mundo

Debido a los accidentes industriales que se han registrado en el mundo y que han marcado nuestra época, la sociedad se ha visto obligada a pensar en el **riesgo** y buscar los medios adecuados para cuantificarlo y además dominarlo.

Como ejemplos de estos accidentes tenemos los siguientes:

- En una refinería en Feyzin, Francia, el 4 de Enero de 1966 una esfera de propano con capacidad de almacenamiento de 1200 m³ presentó una fuga del hidrocarburo en el momento de realizar la operación de purga del tanque. El gas liberado se extendió hasta una autopista y un automóvil que pasaba por la carretera en ese momento, provocó el incendio y la posterior explosión de dos esferas más de almacenamiento, la red de distribución de agua contra incendios no había sido dimensionada para extinguir el fuego de la carretera y a la vez enfriar las esferas de almacenamiento provocando por este accidente la muerte de 17 personas del equipo de socorro y dejando además a 84 personas heridas, así como enormes pérdidas materiales

- Otro accidente registrado de fatales consecuencias ocurrió en Flixborough, cerca de Londres, el 1 de Junio de 1974, en una fábrica que produce un compuesto intermedio del nylon. El accidente se presentó cuando en el reactor No 5 de la unidad de oxidación por aire del ciclohexano se produjo una fisura en las paredes externa e interna. Se decidió retirar este reactor y conectar los reactores No 4 y 6 a través de una línea de conducción. El diámetro de los fuelles era de 70 cm, pero la fábrica al no contar con el material sustituto adecuado utilizó tubos de 50 cm. Se efectuó la conexión utilizando el tubo de 50 cm de diámetro y una placa y una brida para su ajuste. Esta modificación funcionó durante dos meses, sin embargo se empezaron a presentar fugas y se tuvo que detener el proceso. Dos días después se puso en marcha nuevamente pero aparecieron nuevas fugas, la temperatura y la presión

comenzaron a aumentar hasta que el tubo de 50 cm de diámetro se rompió ocasionando la liberación de 50 toneladas de ciclohexano caliente presurizado. La nube formada se incendió 30 segundos después provocando una explosión que afectó 50 km a la redonda. Las casas situadas a 600 metros quedaron destruidas, las construcciones dañadas fueron más de 2 400. Veintiocho de las setenta y dos personas que laboraban en el lugar murieron, y treintaseis quedaron heridas. Hubo otras 53 personas heridas en el exterior de la planta.

- En Seveso, Italia, el 20 de Julio de 1976 una empresa fabricante de herbicidas liberó al ambiente una nube tóxica de 2,3,7,8-tetraclorobenzo-p-dioxina la cuál se formó al elevarse de manera incontrolada la temperatura de reacción del proceso de síntesis del ácido triclorofenoxiacético, ocasionando la muerte de casi 100 000 animales que pastaban y además afectó a la población con problemas gastrointestinales y cloroacné. Las pérdidas materiales fueron de aproximadamente de 86 400 dólares (1)

- Otro accidente de grandes consecuencias ocurrió en Bhopal India, el 4 de Diciembre de 1984 cuando 40 toneladas de isocianato de metilo se escaparon de un tanque de almacenamiento subterráneo en una planta fabricante de plaguicidas. Como resultado del accidente murieron más de 2 500 personas. 50 000 personas sufrieron lesiones severas y otras 200 000 tuvieron que recibir atención médica menor. El impacto económico fue considerable el que se calculó en alrededor de 3 mil millones de dólares (2)

La experiencia de Estados Unidos con respecto a accidentes mayores en las actividades industriales es también aleccionadora. Entre 1982 y 1986 ocurrieron alrededor de 11 000 accidentes que involucraron la liberación de sustancias tóxicas, las cuales ocasionaron 309 muertes y 11 341 lesionados.

En los últimos 25 años, 17 de los accidentes ocurridos en Estados Unidos difundieron cantidades de sustancias tóxicas superiores a la cantidad de isocianato de metilo liberado en el accidente de Bhopal, India. Las consecuencias de dichos accidentes fueron mitigadas considerablemente gracias a la planeación y la eficaz respuesta en el momento de la emergencia.

(3)

Algunos otros accidentes graves registrados en los Estados Unidos (4) se pueden observar en la tabla 1.

Tabla 1

Accidentes graves registrados en Estados Unidos

TIPO DE ACCIDENTE	EFFECTOS	LUGAR Y FECHA
Explosión en una unidad de producción de polietileno	Muerte de 23 trabajadores lesiones a 120 personas daños materiales por mil millones de dólares	Pasadena, Texas Octubre de 1986
Explosión de un carro de ferrocarril que liberó una nube de ácido sulfúrico y trióxido de azufre	Se atendieron a 24 000 personas	Richmond, California
Liberación de nube de ácido clorhídrico y explosión en una planta	Se evacuó a 6 000 residentes	Elyria, Ohio Agosto de 1993

Francia también ha vivido numerosas experiencias de desastres tecnológicos, como se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2

Accidentes graves registrados en Francia

TIPO DE ACCIDENTE	EFFECTOS	LUGAR Y FECHA
Liberacion de gas licuado por ruptura de tanque de almacenamiento	Efectos termicos en areas circulares en torno a la instalacion	Feyzin Francia Enero de 1966
Incendio y explosion de un deposito que almacenaba liquido altamente inflamable	Muertes y lesiones ocasionadas por el fuego por ondas de choque o proyectiles, generados durante las explosiones	Chateauroux Francia Marzo, 1981
Explosion de un arsenal	Muertes y lesiones por propagacion de ondas de choque y efectos termicos	París, Francia 1974

Fuente Guide of urban development around high risk industrial sites Secretary of State to the Prime Minister for the Department of the Environment, Francia 1990

En México el proceso de Industrialización se dio de manera acelerada a partir de la década de 1940, transformándolo de un país agrícola-minero a uno del tipo industrial-agricola-minero.

De manera general este cambio no fue acompañado de la conformación de la estructura tecnológica de personal experto, trabajadores capacitados y de bases del conocimiento requeridos para realizar de manera segura actividades riesgosas que involucran el manejo de sustancias peligrosas

Como ha ocurrido en otros países, México no ha sido ajeno a las experiencias dolorosas, y a veces fatales, resultantes de accidentes en los que dichas sustancias se han difundido en el ambiente o han ocasionado incendios

y explosiones graves, como los ocurridos en San Juan Ixhuatepec en 1984, al explotar un depósito de gas licuado de petróleo. En la Ciudad de Guadalajara Jalisco, en 1992, cuando explotó una sección de la red de drenaje y alcantarillado por la presencia de gasolina y residuos químicos industriales (5) ó el caso más reciente que ocurrió en la Cd de México en 1996 (6), donde explotó un tanque de almacenamiento de Hidrógeno de 25 000 litros de capacidad en una fábrica de aceites y jabones, provocando una muerte, 41 lesionados, daños en 136 viviendas y en 25 autos.

1 1.2. Situación actual de los países desarrollados y en vías de desarrollo con respecto a la prevención, atención y control de accidentes tecnológicos

Existe una marcada diferencia entre los países industrializados y los que están en vías de desarrollo en cuanto a la magnitud de los riesgos tecnológicos que enfrentan y su capacidad de respuesta ante las emergencias.

1 1.2.1. Países Desarrollados

Por su alto grado de industrialización, los países desarrollados cuentan con un número mayor de empresas que manejan volúmenes considerables de sustancias químicas peligrosas, en comparación con los países en vías de desarrollo.

Los países desarrollados iniciaron sus procesos de Industrialización en el curso de los últimos 200 años; ello ha contribuido al desarrollo de tecnologías industriales y de control, poseen una mayor capacidad de producción, mejor infraestructura y más recursos económicos para prevenir y hacer frente de manera adecuada a los accidentes químicos. Estos países cuentan con un gran número de especialistas tanto para evaluar sus **riesgos** como para mitigar sus efectos. Además, como sus problemas de saneamiento básico se encuentran ya resueltos, su prioridad de salud pública coincide con la necesidad de prevenir y controlar la exposición a sustancias químicas dispersas en el ambiente, por lo que se fomentan y aplican medidas efectivas para lograr el manejo y la eliminación ambientalmente segura de dichas sustancias. (7)

1.1.2.2 Países en Vías de Desarrollo

En los países en vías de desarrollo la industrialización ha sido tardía, centralizada a unos cuantos polos densamente poblados y a expensas de la importación de tecnologías obsoletas, altamente contaminantes y consumidoras de energía, con altos riesgos de que ocurran accidentes que liberen sustancias químicas peligrosas al medio ambiente.

Los principales problemas de salud pública son: falta de agua potable, desnutrición y deficiencia en el saneamiento básico. Estos problemas requieren de atención prioritaria, sobretodo porque se observa una gran falta de

preparación técnica y de recursos tecnológicos para prevenir y hacer frente a los accidentes que involucran el manejo de sustancias químicas peligrosas y la baja prioridad que las autoridades de salud conceden a los **riesgos** derivados de ellos

En la mayoría de estos países las regulaciones sobre sustancias y materiales peligrosos, y sobre las actividades de alto riesgo, son inexistentes, insuficientes y no se verifica ni refuerza su cumplimiento

Estos países atraviesan severas crisis económicas, predominan las micro, pequeñas y medianas empresas, cuyos propietarios carecen de capacitación gerencial y ambiental y sus trabajadores generalmente ignoran los peligros que pudieran presentar las sustancias y materiales que manejan, por lo que no dan importancia al establecimiento de medidas de seguridad.

1 1 3 Compromisos Multinacionales

Debido a la deficiente conciencia social que a nivel mundial se ha venido observando con respecto a los riesgos de accidentes tecnológicos y a la falta de voluntad política para afrontarlos correcta y cabalmente, tanto en los países en vías de desarrollo como en los desarrollados, diversas organizaciones de carácter internacional han venido a promover y establecer la instrumentación de lineamientos para prevenir, preparar y responder a los accidentes químicos (7)

1 1 3 1 Directiva Seveso

Los esfuerzos hechos internacionalmente en materia de legislación ambiental con respecto a los riesgos se iniciaron en 1982 en la Unión Europea, mediante un organismo multinacional conformado por 15 países Alemania, Austria, Bélgica Dinamarca, España Francia, Grecia Finlandia, Holanda Irlanda Italia, Luxemburgo, Portugal, Reino Unido y Suecia El 24 de junio de 1982 se estableció la Directiva Seveso 82/501/CEE relativa a "los riesgos de accidentes mayores en determinadas actividades industriales" Fue la primera Directiva en su género que se aprobó con el fin de evitar accidentes como el ocurrido en Seveso, Italia en 1976 Dicha Directiva entró en funciones el 8 de enero de 1984, en el caso de instalaciones nuevas y en enero de 1985, en el de las instalaciones existentes

El objetivo de ésta Directiva es que todos sus países miembros legislen sobre los riesgos de accidentes mayores para determinadas actividades industriales que puedan afectar al hombre y al ambiente, tanto dentro como fuera de las áreas de las industrias afectadas

El artículo 5 de la Directiva Seveso es el más importante ya que obliga a los países miembros a contar con una legislación que solicite a los industriales estudiar los peligros que presentan sus actividades y concretar el resultado de sus estudios en un documento de síntesis, que debe ser notificado a la autoridad competente designada para tal efecto.

Las experiencias que se han tenido con la aplicación de la Directiva Seveso en los diversos países miembros, y las deficiencias encontradas, llevaron a proponer 2 modificaciones, la primera fue la versión 87/216/ CEE del 19 de marzo de 1987, en la que se realizaron modificaciones en el listado de las sustancias y las cantidades clasificatorias, y la segunda versión 88/610/CEE del 24 de Noviembre de 1988, en donde se introdujeron otras dos modificaciones:

- La ampliación del campo de aplicación, que abarca a los almacenes de productos peligrosos.
- El reforzamiento de las disposiciones concernientes con la obligación de informar al público

De igual forma se propuso la revisión y adecuación de la Directiva para incluir controles para la planificación urbanística y alcanzar una comprensión mutua y una armonización de los principios y prácticas nacionales sobre los informes de seguridad

Existe una propuesta de sustitución de la Directiva 82/501/CEE por otra nueva con el fin incorporar nuevas medidas que reflejen las buenas prácticas actuales en el ámbito de la gestión del riesgo así como disposiciones que mejoren su aplicación. Esto implica reforzar el marco legislativo sobre la prevención de accidentes graves para garantizar un mayor nivel de protección a las personas y al ambiente, basándose en los siguientes principios

- Acción preventiva y correctiva, de preferencia en la fuente misma
- Identificación de los impactos sobre el medio ambiente
- Aplicación del principio de "quién contamina limpia o remedia" (8)

1.1.3 2 Organización de Cooperación y Desarrollo Económico

La Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) es una organización multinacional cuyo objetivo es apoyar a sus países miembros para alcanzar un alto crecimiento económico y de empleo, así como elevar el nivel de vida y proteger al mismo tiempo la salud y el bienestar de sus habitantes y su ambiente

Es una organización que promueve el desarrollo sustentable a partir de la cooperación internacional

Los países que la conforman son Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Grecia, Holanda, Irlanda, Italia, Japón, Luxemburgo, Noruega, Nueva Zelanda, Portugal, Reino Unido, Suecia, Suiza y Turquía. El 5 de abril de 1994 México firmó el documento de adhesión a la OCDE constituyéndose en el vigésimo quinto país miembro de la Organización. De 1995-1996 se integraron cuatro países más: Corea, Polonia, República de Checoslovaquia, Hungría dando un total de 29 países miembros.

En 1988 debido a que se detectó la necesidad de cooperación internacional para prevenir los accidentes químicos y preparar una respuesta oportuna y eficiente, se estableció el programa de la OCDE sobre "Accidentes que involucran sustancias peligrosas".

Aún y cuando la OCDE no es un organismo que establece regulaciones ni cuenta con un sistema jurídico para juzgar los incumplimientos de los Actos de Consejo como es el caso de la Directiva Seveso, las decisiones que emite la

OCDE tienen un carácter vinculatorio, por lo que los países miembros deben desarrollar acciones para instrumentarlas. La OCDE se ha constituido en un foro sumamente efectivo para alcanzar resultados concretos y prácticos en el área de prevención, preparación y respuesta a accidentes químicos (9)

1 1 3 3 Organización de las Naciones Unidas

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), en su Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), estableció en 1988 a través de su Oficina de Industria y Ambiente (OIA) un programa para la Concientización y Preparación para Emergencias a Nivel Local, llamado APELL de sus siglas en inglés

Además, diversos organismos del sistema de las Naciones Unidas han creado bancos de datos y publicado experiencias exitosas de industrias que han introducido procesos limpios y seguros de producción, también han elaborado lineamientos y han desarrollado talleres para orientar a los empresarios sobre el establecimiento de programas gerenciales para mejorar su desempeño ambiental y adoptar tecnologías limpias (10)

1 1 3 4 Organización Internacional del Trabajo

El 22 de junio de 1993 la Organización Internacional del Trabajo (OIT) adoptó el convenio sobre la Prevención de Accidentes Industriales Mayores

No. 174, el cual complementa al convenio No. 170 y a la recomendación No 177 de 1990 sobre la Seguridad en la Utilización de los productos químicos en el Trabajo y las recomendaciones prácticas para la Prevención de Accidentes Industriales Mayores. (5)

En este convenio se resalta la necesidad de velar porque se adopten todas las medidas apropiadas para prevenir accidentes mayores, reducir al mínimo sus riesgos y reducir al mínimo las consecuencias de esos accidentes

1.1.4 Situación Actual de México en cuanto a prevención y control de accidentes mayores en la Industria

El tipo de desarrollo económico que tuvo lugar en el país dio lugar a la concentración industrial en unos cuantos polos y trajo consigo un crecimiento urbano acelerado y frecuentemente desordenado. Esto es lo que ha ocurrido en las zonas metropolitanas de la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey. En menor grado, en el estado de Veracruz, se han desarrollado zonas industriales en las que predomina la industria petrolera de extracción, refinación y producción petroquímica. En la región de la frontera Norte, donde se encuentran Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila y Tamaulipas, han proliferado las industrias denominadas maquiladoras, instaladas con capital extranjero, con el propósito de generar productos de exportación. Se calcula

que existen alrededor de 1 408, caracterizadas por generar residuos peligrosos (11)

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) elaboró un documento en donde integró todos los accidentes químicos ocurridos en México en el período de 1990-1993. En él se identifican 370 incidentes de los cuales alrededor del 70% tuvieron lugar en el interior de instalaciones en las que se manejan o almacenan sustancias químicas peligrosas.

Un análisis por entidad federativa nos indica que estos accidentes ocurrieron en las entidades más industrializadas como el Estado de México, el Distrito Federal Veracruz y Jalisco

Nuestro país, por otro lado, se encuentra ubicado en una región en la que se presentan con alta probabilidad diferentes fenómenos naturales que pueden conducir a importantes daños a las instalaciones industriales los cuales a su vez pueden dar lugar a explosiones y otro tipo de fallas favoreciendo el que ocurra algún accidente de gravedad

Con el objeto de prevenir daños de consideración es necesaria la aplicación de las diversas técnicas que existen para evaluar el riesgo en las Industrias ya instaladas así como el establecimiento de políticas de uso de suelo que eviten la co-existencia de zonas urbanas o ecológicamente sensibles y áreas industriales de alto riesgo (12)

1.1.5 Definición del Riesgo Ambiental

Con el fin de tener un claro entendimiento del porqué es necesaria la regulación o legislación del riesgo, debemos primero definir lo que significa el **riesgo**

En general, "Riesgo" es la probabilidad de que ocurra algún evento no deseado. El evento no deseado produce un daño.

El "Daño", definido formalmente, es "la pérdida de alguna cualidad inherente que ha tenido alguna entidad" (Warner 1992), o expresado de manera general es "alguna cosa que me gustaría evitar" (14)

Algunas otras definiciones de Riesgo que se han manejado a lo largo del tiempo son

- "Probabilidad de daño pérdida o trauma" (Lee and Nair, 1979)
- "Probabilidad de accidentes y enfermedades que terminan en trauma o muerte" (Inhaber, 1982)
- "Medida de la probabilidad y severidad de efectos adversos" (Conway; 1982)
- "Es una función de la probabilidad de que un evento ocurra y la magnitud o severidad del evento ocurrido" (Berger, 1982) (13)
- "Es la probabilidad de que el potencial de peligro llegue a convertirse en daño" (ONU, 1995) (14)

Para el caso del Análisis de Riesgo, dos definiciones (14) son las más utilizadas:

1. Es la probabilidad de un evento adverso.
2. Es la probabilidad de un evento adverso, multiplicado por la extensión del daño causado.

Esta última definición actualmente es la más utilizada (15) y matemáticamente se puede definir así.

$$\begin{array}{ccccc} \mathbf{Riesgo} & = & \mathbf{Frecuencia} & \mathbf{X} & \mathbf{Magnitud} \\ \text{(consecuencia/tiempo)} & & \text{(evento/tiempo)} & & \text{(consecuencia/evento)} \end{array}$$

Por ejemplo, para definir el riesgo de muerte en accidentes automovilísticos en E.U.A., se conoce que su frecuencia es de 15 millones de accidentes por año y se tiene registrada una muerte por cada 300 accidentes

frecuencia = 15×10^6 accidentes por año

magnitud = 1 muerte por cada 300 accidentes

entonces el riesgo será:

Riesgo = frecuencia x magnitud

$$= 15 \times 10^6 \times (1/300)$$

$$= 50,000 \text{ muertes/ año}$$

Los significados de los términos utilizados para definir el riesgo (21) son los siguientes:

Peligroso Es una condición física o química que tiene el potencial de causar pérdida de vida, de alguna propiedad o de daños al ambiente

Evento Es un incidente no planeado o una serie de incidentes que ocurren para producir una consecuencia

Consecuencia Es una medición del resultado de un evento.

La probabilidad de que ocurran eventos de riesgo varía, en función de las circunstancias y de la población expuesta o susceptible en diferente grado a ese riesgo. Como ejemplo, podemos observar que la probabilidad de ser golpeado por un carro al cruzar una calle de la Cd de México es mayor que cuando esto se hace en una pequeña población rural

Probabilidad Es una medida de la frecuencia de ocurrencia de un evento

Si por ejemplo una moneda es lanzada 1000 veces y 500 veces cayó del mismo lado de una de sus caras, se estima que la probabilidad es de

$$500/1000 = 0.5$$

En el caso del Análisis de Riesgo, la probabilidad es expresada como evento esperado por año o por el tiempo de vida de la instalación.

Ejemplo, la probabilidad de falla de la válvula A, se expresa como.

Número de fallas de la válvula A / en el año ó

Número de fallas de la válvula A / desde que se instaló

Evento Frecuente Es un evento que se presenta más de una vez en el año

Evento Probable Es un evento que ocurre una vez durante el tiempo de vida de operación de la planta

Evento Improbable Si la frecuencia esperada es menor que la frecuencia para un evento probable

Eventos Raros Son eventos no esperados pero que pueden ocurrir debido a la combinación de varios factores.

Los eventos raros son poco utilizados para la estimación de la probabilidad debido a que si nunca se ha registrado dicho evento, se tiende a estimar la probabilidad de manera muy subjetiva (14) Por ejemplo, si nunca se ha registrado un terremoto en Monterrey la probabilidad de que ocurra es pequeñísima, casi nula por lo que al estimar dicha probabilidad se haría de manera muy subjetiva

Se piensa que muchas actividades que se realizan cotidianamente, están exentas de riesgo o tienen un riesgo mínimo, sin embargo, una forma más

adecuada de referimos a ellas aplicando el concepto de riesgo es que dicha actividad tiene un riesgo aceptable.

Este es el concepto que se toma en cuenta al momento de legislar, se trata de establecer qué tan segura es una actividad en particular, además, de establecer la confianza en los procedimientos de evaluación del riesgo al aceptar que en toda actividad siempre habrá algo de riesgo

1.1 5.1 Clasificación de los Riesgos

Los riesgos pueden clasificarse en los siguientes tres tipos o clases

- Económico
- Tecnológico
- Social

Riesgo Económico -

Algunas compañías aseguradoras han estudiado por más de un siglo el riesgo económico. Se han hecho grandes progresos en la cuantificación y evaluación económica del riesgo seguro al estimar los precios que la gente está aparentemente dispuesta a pagar por la reducción específica del riesgo en caso de daños o muerte. (14)

Riesgo Tecnológico -

Para definir el Riesgo Tecnológico o de Seguridad se han desarrollado diferentes técnicas que se utilizan para medir de una manera más objetiva, explícita y sistemática, el riesgo de una actividad

Riesgo Social -

Consiste en considerar el significado y la importancia del riesgo de una manera subjetiva o política y se utiliza para llegar a la decisión de si se toma o no el riesgo

La medición del riesgo tecnológico y la evaluación del riesgo social forman juntos el proceso completo del análisis de riesgo (16)

1 1 5 2 Análisis de Riesgo

El análisis de riesgo se realiza en las industrias para cuantificar el riesgo que representan sus instalaciones para sus empleados y la población. Los organismos gubernamentales ordenan los estudios para evaluar el riesgo de las instalaciones industriales. Ambas, las autoridades y la industria, enfrentan ahora la tarea de mantener de manera balanceada el desarrollo industrial y el control de accidentes mayores.

Al mismo tiempo, el conocimiento que la gente tenga acerca de estos peligros ha traído como consecuencia mayor fuerza política; por lo tanto, las decisiones tomadas para adoptar ciertos procesos deben tomar en cuenta no sólo los intereses tecnológicos y económicos, sino también la seguridad de la población y del ambiente. (17)

CAPITULO 2

LEGISLACION AMBIENTAL

2.1 Legislación Nacional en Materia de Riesgo Ambiental

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece las bases sobre las que se estructura el sistema jurídico de gestión (prevención, respuesta, remediación) de los accidentes tecnológicos que involucran sustancias químicas peligrosas.

Estas disposiciones se encuentran dispersas en la Constitución y son referidas a aspectos ambientales, a determinadas actividades que puedan generar efectos negativos sobre el ambiente, los recursos naturales, la salud humana y al patrimonio cultural, entre otros

A partir de estos preceptos se han emitido un conjunto de leyes, las cuales son reglamentarias de la Constitución; en ellas se encuentran las bases para la regulación en materia de prevención, control y atención a accidentes químicos. La figura 1 muestra de manera diagramática las leyes y normas en el marco de la Constitución.

Estos preceptos legales, aunque se encuentran dispersos en diversas leyes, en la práctica se interrelacionan ya que al ocurrir un accidente se generan implicaciones para la salud, el ambiente, la infraestructura, así como repercusiones económicas, sociales y aún políticas (18)

Uno de los aspectos innovadores de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en 1988 es que en una misma ley se introducen las disposiciones legales para evaluar, prevenir y controlar los impactos y **riesgos** ambientales de las actividades productivas y de desarrollo.

La integración del marco jurídico en la materia parte de que toda actividad humana conlleva riesgos sobre el ambiente los recursos bióticos y abióticos y la salud humana. Por tanto es preciso estudiar y evaluar tales actividades en función de los riesgos y del costo-beneficio que implican, para permitir las o limitarlas, así como para determinar cuáles impactos y riesgos es preciso prevenir y controlar mediante medidas regulatorias o de otra índole (19)

En 1992, la Secretaría de Desarrollo Social a través de dos de sus órganos desconcentrados. el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección a el Ambiente (PROFEPA), fortalece la capacidad institucional en materia normativa y amplía la capacidad de vigilancia del cumplimiento de la legislación ambiental

Al Instituto Nacional de Ecología le corresponde, en este rubro, determinar y establecer las normas que aseguren la conservación o restauración de los ecosistemas fundamentales para el desarrollo de la comunidad; en particular en situaciones de emergencia o contingencia ambiental y las relacionadas con las actividades altamente riesgosas. También evalúa, dictamina y resuelve los casos relacionados con actividades altamente riesgosas en establecimientos en operación basándose en estudios de riesgo ambiental que sus responsables deben presentar ante el INE.

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente es una entidad que se dedica a atender las denuncias, a fomentar y realizar auditorías y a emprender actividades de verificación con respecto al cumplimiento de la legislación ambiental

Como una herramienta para establecer los mecanismos para prevenir y reducir las posibles afectaciones en caso de accidentes, se crearon los estudios de **riesgo** que se aplican a las industrias o cualquier actividad que manejan o planeen manejar sustancias altamente peligrosas, o sustancias que por sus volúmenes sean consideradas como riesgosas (17)

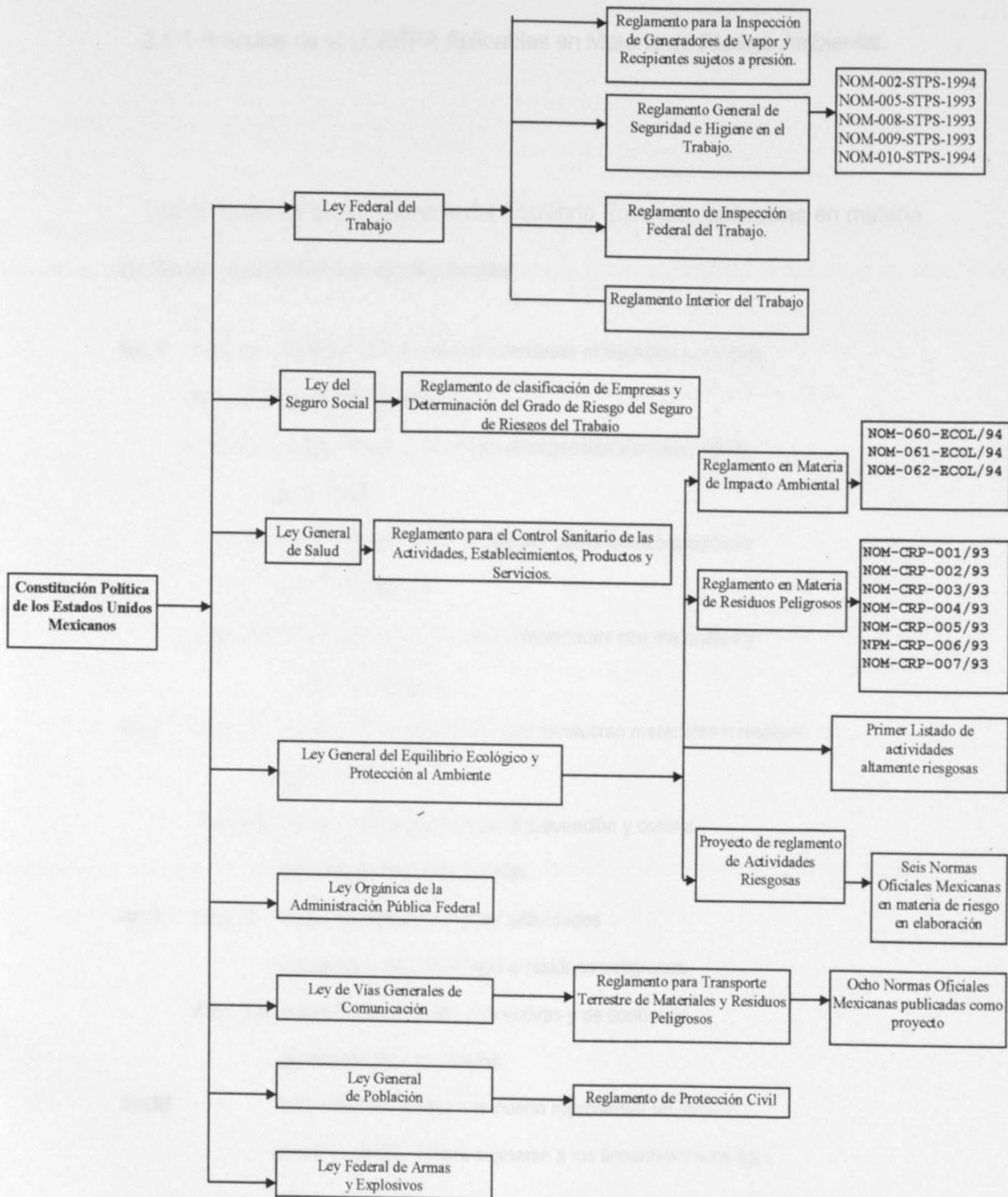


Figura1. Legislación Mexicana en materia de prevención y atención a accidentes químicos

2.1 1 Artículos de la LGEEPA Aplicables en Materia de **Riesgo Ambiental**

Los artículos de la Ley General del Equilibrio Ecológico aplicables en materia de Riesgo Ambiental son los siguientes

Art. 5 Frac. IV Acciones para preservar y restaurar el equilibrio ecológico

Frac. VIII Expedición de normas

Frac. IX La prevención y control de emergencias y contingencias ambientales.

Frac. X La regulación de las actividades que deben considerarse altamente riesgosas

Frac. XIX Regulación de actividades relacionadas con materiales y residuos peligrosos.

Art.8 Frac. XI Regulación de actividades que involucran materiales o residuos peligrosos

Frac. XVI Adopción de medidas para la prevención y control de contingencias ambientales

Art.9 Frac. IX Disposiciones para regular actividades relacionadas con materiales o residuos peligrosos

Frac. XIII Adopción de medidas preventivas y de control de contingencias ambientales

Art.28 Toda actividad u obra que pueda representar un daño o alterar el medio, deberá sujetarse a los lineamientos de esta Ley

Art. 32 Obligación de presentarse ante la autoridad correspondiente una manifestación de impacto ambiental En su caso, dicha

manifestación deberá ir acompañada por un estudio de riesgo de la obra.

Art. 35 Asistencia técnica a los gobiernos estatales y municipales que lo soliciten, para la evaluación de la manifestación de impacto ambiental o del estudio de riesgo en su caso.

Art. 145 Especificación de los usos del suelo y las zonas en las que se permita el establecimiento de industrias, comercios, o servicios considerados riesgosos por la gravedad de los efectos que pueden generar en los ecosistemas ó en el ambiente tomándose en consideración

- I. Las condiciones topográficas, meteorológicas y climatológicas de las zonas,
- II. Su proximidad a centros de población, previendo la tendencia de expansión, del respectivo asentamiento y la creación de nuevos asentamientos
- III. Los impactos que tendría un posible evento extraordinario de la industria, comercio o servicio que se trate, sobre los centros de población y sobre los recursos naturales;
- IV. La compatibilidad con otras actividades de las zonas.
- V. La infraestructura existente y necesaria para la atención de emergencias ecológicas

Art. 146 "La Secretaría de Gobernación y la Secretaría, previa la opinión de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Agricultura y Recursos Hidráulicos y del Trabajo y Previsión Social, determinarán y publicarán en el *Diario Oficial de la Federación* los listados de las actividades que deban

considerarse altamente riesgosas para efecto de lo establecido por la presente ley "

Art. 147 "La realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas se llevara a cabo en apego a lo dispuesto por esta Ley, las disposiciones reglamentarias que de ella emanen y las normas técnicas de seguridad y operación que expidan, en forma coordinada, la Secretaría y las Secretarías de Energía, Minería e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud y del Trabajo y Previsión Social.

Para tal fin, en aquellos establecimientos en los que se realicen actividades altamente riesgosas deberán incorporarse los equipos e instalaciones que correspondan con arreglo a las normas técnicas que se expidan.

Quienes realicen actividades altamente riesgosas, elaborarán, actualizarán y, en los términos del reglamento correspondiente, someterán a la aprobación de la Secretaría y, de las Secretarías de Energía, Minería e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud y del Trabajo y Previsión Social, los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades que puedan causar graves desequilibrios ecológicos. Cuando las actividades consideradas altamente riesgosas se realicen ó vayan a realizarse en el Distrito Federal el Departamento del Distrito Federal participará en el análisis y, en su caso, aprobación de los programas de prevención correspondientes "

Art. 148 "Las entidades federativas y los municipios regularán la realización de actividades que no sean consideradas altamente riesgosas, cuando

éstas afecten a el equilibrio de los ecosistemas o a el ambiente de la entidad federativa en general, o del municipio correspondiente."

Art. 149 "La regulacion a la que se refiere el Artículo anterior corresponderá a los municipios, cuando en la realización de las actividades no consideradas altamente riesgosas se generen residuos que sean vertidos a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población o integrados a la basura así como cuando se trate de actividades relacionadas con residuos no peligrosos generados en servicios publicos cuya regulación o manejo correspondan a los propios municipios o se relacionen con dichos servicios."

En la ley se señala como criterio para considerar riesgosa una actividad, aquella que comprenda acciones asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables explosivas tóxicas reactivas, radiactivas, corrosivas y biológicas, en cantidades tales que en caso de producirse la liberación, sea por fuga o derrame de las mismas, o bien por una explosión, puedan ocasionar afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes

Para complementar el marco regulatorio del riesgo ambiental, el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992 se publicaron en el Diario Oficial el primero y el segundo listado de actividades riesgosas, respectivamente, en los que se manejan sustancias tóxicas explosivas e inflamables.

Como consecuencia de la publicación de estos listados y como complemento a su regulación, el INE, a través del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental creó el Subcomité de Riesgo Ambiental, con la finalidad de elaborar las Normas Oficiales Mexicanas de seguridad y operación que establezcan los procedimientos mínimos a seguir por las industrias que almacenen, procesen manejen o usen cualquier sustancia peligrosa (materias primas, productos intermedios o finales) de la industria del petróleo, química, petroquímica y de pinturas, tintas y solventes, que representen un elevado riesgo a la población debido a la toxicidad e inflamabilidad de las sustancias en caso de ser liberadas a la atmósfera

El 10 de septiembre de 1993 dicho subcomité aprobó dos proyectos de Norma para 26 sustancias agrupadas en inflamables y explosivas, mostradas en la tabla 3. Esos proyectos contienen criterios de distanciamiento entre el almacenamiento de sustancias y los asentamientos humanos, publicándose conforme al programa de normalización en el Diario Oficial el 6 de mayo de 1994; en dicho proyecto se plantea el desarrollo de cuatro Normas Oficiales Mexicanas resumidas en la tabla 4.(17)

Tabla 3

Sustancias inflamables y explosivas.

Sustancias inflamables y explosivas contenidas en los proyectos de norma del 10 de septiembre de 1993			
Petróleo	Dicloroetano	Tolueno	Propileno
Gasolina,	Litbenceno	Benceno	Etileno
Kerosene			
Naftas y			
Diatano	Heptano	Ciclohexano	
Isopropanol			
Propano	Meta - xileno		Butano
Para - xileno			Cloruro de
Orto - xileno	Hexano	Hidrogeno	Vinilo
Cumeno	Metanol	Butadieno	Estireno

Tabla 4

Proyectos de Normas Oficiales Mexicanas sobre sustancias peligrosas.

Proyectos de normas oficiales mexicanas sobre sustancias peligrosas al 10 de Septiembre de 1993.
Criterio de distanciamiento para el almacenamiento de sustancias explosivas con respecto a los proyectos de desarrollo urbano
Criterio de distanciamiento para el almacenamiento de sustancias inflamables con respecto a los proyectos de desarrollo urbano
Requisitos para el manejo almacenamiento carga y descarga de cloro
Requisitos para el manejo almacenamiento carga y descarga de amonaco
Requisitos para el manejo almacenamiento carga y descarga de acido fluorhidrico
Requisitos para el manejo almacenamiento carga y descarga de acido cianhidrico

CAPITULO 3

TECNICAS DE EVALUACION DE RIESGO

Existe una variedad de técnicas flexibles para llevar a cabo una evaluación de riesgo. Estas técnicas se pueden aplicar en los procesos de la Industria Química en una muy amplia variedad de situaciones.

El objetivo de este Capítulo es el de resumir los aspectos importantes de cada una de las técnicas de evaluación de riesgo más comúnmente utilizadas

Las técnicas de evaluación de riesgo que se revisarán son las siguientes.

- 1 - Revisión de Seguridad
- 2 - Lista de Verificación (Checklist)
- 3 - Análisis de Rangos Relativos
- 4 - Análisis Preliminar de Riesgo
- 5 - Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If)
- 6 - Lista de Verificación + Análisis de Probabilidad Condicionada
- 7 - Análisis de Riesgo y Operatividad
- 8 - Análisis de Modos de Falla y Efectos
- 9 - Análisis de Arbol de Fallas
- 10.- Análisis de Arbol de Eventos
- 11.- Análisis de Causa - Consecuencia
- 12 - Análisis de Error Humano

Algunas de estas técnicas son más apropiadas para utilizarse durante la etapa inicial de la vida de un proceso debido a que son técnicas muy eficientes

que ayudan a determinar de manera general los riesgos que presenta una planta grande o un proceso complejo (20) Dentro de este grupo tenemos a: La Revisión de Seguridad, el Análisis con Lista de Verificación, el Análisis de Rango Relativo, el Análisis Preliminar de Riesgo y el Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If) La ventaja principal para aplicar estas técnicas en la etapa inicial de un proceso consiste en que ayudan a optimizar los recursos disponibles para mejorar la seguridad

Existen otras técnicas que son excelentes para realizar análisis detallados de los riesgos presentes tanto en la fase de diseño del proceso como durante la operación de rutina, y nos ayudan a identificar las situaciones de peligro que posteriormente pueden ser estudiadas con mayor detalle haciendo uso de técnicas aún más sofisticadas.

Entre este grupo de técnicas se encuentran: El Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If) combinado con un Lista de Verificación, el Análisis de Riesgo y Operatividad y el Análisis de Modos de Falla y Efectos.

Otras de las técnicas estarían reservadas para situaciones especiales que interesen y en donde se requiera el análisis detallado de una o de varias situaciones peligrosas que son consecuencia una de otra. Estas técnicas son el Análisis de Arbol de Fallas, el Análisis de Arbol de Eventos, el Análisis de Causa -Consecuencia y el Análisis de Error Humano, las cuales requieren de entrenamiento previo y de ciertas habilidades en las personas que las apliquen

Los analistas deben ser prudentes en el momento de utilizar estos métodos, debido a que requieren de más tiempo y esfuerzo para realizarlos, en comparación con las otras técnicas

Para cada técnica de evaluación de riesgo se deberán cubrir los siguientes aspectos

- 1) La descripción de la técnica en general
- 2) El propósito principal al aplicarla
- 3) Los tipos de resultados esperados
- 4) Los recursos necesarios y suficientes
- 5) El tiempo estimado de ejecución

Los primeros tres aspectos nos ayudan a entender el significado de los factores que pueden influir en la selección de una apropiada técnica de evaluación de riesgo

El área de recursos necesarios provee información básica en cuanto a las habilidades, los materiales, y el esfuerzo requerido para realizar un estudio de evaluación de riesgo.

El tiempo de ejecución estimado ayuda a los usuarios a evaluar la magnitud de las tareas que ellos están aceptando cuando escogen una técnica en particular.

3.1. Revisión de Seguridad

3 1.1 Descripción

La técnica de Revisión de Seguridad fue sin duda el primer método utilizado para la evaluación de riesgo. Se le conoce también como Revisión de Seguridad en un Proceso, Revisión de Diseño o Revisión para la Prevención de Pérdidas. Esta técnica puede ser utilizada en cualquier etapa de la vida de un proceso.

La Revisión de Seguridad nos ayuda a identificar las condiciones de la planta o los procedimientos de operación que pudieran influir para que se presente un accidente que resulte en daños significativos a la propiedad o en forma de Impacto Ambiental. Cuando ésta se aplica en instalaciones existentes se incluye en las actividades un recorrido de inspección, el cual se puede realizar de dos formas:

- Un recorrido informal, con evaluación visual de rutina.
- Una evaluación formal, realizada por un equipo durante varias semanas.

En el caso de procesos que aún están siendo diseñados, el personal responsable del diseño del proyecto puede, por ejemplo, revisar algún juego de

planos durante alguna entrevista. Una Revisión de Seguridad incluye entrevistas con mucha gente en la planta. operadores, personal de mantenimiento, ingenieros, gerentes, personal de seguridad y otros grupos que se determinarán en función de la organización de la planta.

La Revisión de Seguridad debe ser vista como un esfuerzo cooperativo para mejorar la seguridad y el funcionamiento de la planta y no como una interferencia a las operaciones normales o como una reacción para solucionar algún problema en particular que se haya presentado con anterioridad. En la Revisión de Seguridad la cooperación es esencial y debe ser vista por la gente como un beneficio para el personal de la planta, por lo que se debe evitar que se presenten actitudes defensivas entre el personal, durante la revisión. Si se tiene el apoyo y la participación de todos estos grupos se producirá una evaluación completa y exitosa

La Revisión de Seguridad generalmente se enfoca a las situaciones de mayor riesgo. Se puede complementar ésta con otras actividades de seguridad en el proceso como la inspección visual de rutina y otros métodos de evaluación como la Lista de Verificación y/o el Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If).

Al final de la Revisión de Seguridad el analista hace recomendaciones acerca de las acciones específicas que sea necesario realizar; su justificación y

un listado completo de la información, recomendando algunas acciones o cambios a cada persona o grupo de personas en particular. Se puede planear un seguimiento de la evaluación o una reinspección del sistema para verificar que las acciones correctivas recomendadas se han llevado a cabo completamente.

3 1.2. Propósito principal

La Revisión de Seguridad se utiliza para asegurar que la Planta, sus operaciones y sus prácticas de mantenimiento coinciden o armonizan con el diseño y los estándares de la construcción. Las ventajas de una Revisión de Seguridad son

- Mantiene al personal de Operación alertado de los procesos peligrosos
- Se revisan necesariamente los procesos de operación
- Se localizan aquellos cambios en el proceso o en el equipo que pudieran introducir nuevos riesgos
- Se evalúa la base de diseño de los sistemas de control y de seguridad
- Se revisa la aplicación de alguna nueva tecnología para evitar riesgos existentes
- Se revisa la adecuación de las inspecciones de seguridad y mantenimiento ordinarias

La Revisión de Seguridad es un método que frecuentemente se utiliza como un pre-inicio de revisión de seguridad en un proceso.

3.1.3 Tipos de Resultados

Los resultados de una Revisión de Seguridad son una descripción cualitativa de los problemas potenciales de seguridad y algunas sugerencias en cuanto acciones correctivas

El reporte del grupo de inspección incluye la descripción de las desviaciones de diseño y de los procedimientos autorizados, así como también una lista de artículos de seguridad recientemente descubiertos.

La responsabilidad para implantar las acciones correctivas recae en el gerente de la planta o en el encargado de la operación de la planta.

3.1.4. Recursos Necesarios

Para una revisión completa, los miembros del equipo encargado de la inspección necesitará acceso a los estándares y a los códigos aplicables a la operación, a los estudios de seguridad anteriormente realizados, a la descripción detallada de la planta (diagramas de flujo, diagramas de

instrumentación y tubería, etc.), a los procedimientos de arranque, paro y operación normal de la planta, a los procedimientos de mantenimiento y emergencia, a los reportes de accidentes del personal, a los reportes de incidentes peligrosos, a los registros de mantenimiento (verificación de instrumentos críticos, pruebas de presión de las válvulas de alivio), a la inspección de los tanques de presión y a las características del material del proceso (toxicidad, reactividad, etc.).

El personal asignado para realizar una Revisión de Seguridad debe estar muy familiarizado con los estándares y los procedimientos de seguridad. Las habilidades técnicas y la experiencia son útiles para evaluar los instrumentos, los sistemas eléctricos, los tanques de presión, los materiales de proceso, las características químicas de los materiales, etc.

La tabla 5 enlista los tiempos estimados necesarios de cada miembro del equipo para realizar una Revisión de Seguridad

Tabla 5

Tiempo estimado al utilizar la técnica de Revisión de Seguridad

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Sistema pequeño y simple	2 a 4 horas	6 a 12 horas	4 a 8 horas
Proceso grande y complejo	1 a 3 días	3 a 5 días	3 a 6 días

3.2 Análisis con Lista de Verificación

3.2.1 Descripción

Esta técnica conocida como "Checklist" utiliza una lista escrita del equipo y de los pasos para verificar las condiciones en que se encuentra un sistema. La lista de verificación varía en función del nivel de detalle en que se quiere realizar la evaluación y frecuentemente es utilizada para indicar qué tanto se cumple en la práctica con los estándares.

Esta técnica sirve como guía, es fácil de utilizar y puede ser aplicada en cualquier etapa del tiempo de vida del proceso. Puede ser utilizada para capacitar al personal inexperto en un proceso al tener ellos que comparar los atributos del proceso contra los requerimientos de la Lista de Verificación. Este método también proporciona una base común para la revisión gerencial acerca de la evaluación que el analista realizó del proceso o de la operación.

Una Lista de Verificación detallada provee las bases para una evaluación estándar de un proceso peligroso, puede ser tan extensa como sea necesaria para satisfacer una situación específica, pero esta técnica debe ser aplicada conscientemente con la finalidad de identificar aquellos problemas que requieran mayor atención.

La Lista de Verificación, en general, es utilizada de manera combinada con otras técnicas de evaluación de riesgo para identificar las situaciones peligrosas que se tienen en un sistema o proceso. Está limitada por la experiencia de quién la elabora, por lo que debe ser preparada por el personal de más amplia experiencia en el sistema que se está analizando.

Las Listas de Verificación son creadas, frecuentemente, para simplificar la organización de la información acerca de estándares, códigos relevantes y regulaciones; además, es un documento que debe estar siempre vigente, por lo que debe ser auditado y actualizado regularmente.

Muchas organizaciones usan formatos estándares en papel de este método para controlar el desarrollo de algún proyecto, aunque también se puede utilizar su versión para computadora.

3.2.2 Propósito

Las Listas de Verificación (Checklist) son utilizadas para asegurar que las organizaciones estén cumpliendo con las prácticas estándar. En algunos casos los analistas las utilizan de manera combinada con algún otro método de evaluación, a fin de identificar riesgos que no se consideren al utilizar solamente esta técnica.

3.2.3. Tipos de Resultados

Para crear una Lista de Verificación (Checklist) el analista define los estándares de diseño o prácticas de operación, en base a ellas genera una lista de preguntas con respecto a las diferencias o deficiencias esperadas.

Una lista de verificación permite, como respuesta a sus preguntas, las siguientes expresiones: "Sí", "No", "No aplicable", "Se requiere más información", etc. Los resultados cualitativos varían en función de la situación específica, pero generalmente permiten saber con un "Sí" o un "No", si se está cumpliendo con los procedimientos estándar. El conocimiento de estas deficiencias arroja una serie de alternativas de mejora en cuanto a seguridad para que en su momento las considere el gerente o el responsable de la operación.

3.2.4. Recursos Necesarios

- Se necesita una adecuada Lista de Verificación (Checklist)
- Un procedimiento de diseño de ingeniería
- Un manual de prácticas de operación
- Una persona que tenga conocimientos básicos del proceso que se está revisando.

Si se tiene una Lista de Verificación disponible de trabajos anteriormente realizados, el analista debe estar capacitado para utilizarla como guía, tanto como considere necesario. Si no existe algo relevante una persona (algunas veces varias personas) debe preparar la Lista de Verificación y realizar la evaluación. Posteriormente, un gerente con experiencia (o un equipo de trabajo de ingeniería) revisará los resultados del análisis que se aplicó con la Lista de Verificación y dirigirá la(s) siguiente(s) acción(es) en el proceso.

El método es versátil. El tipo de evaluación puede variar desde ser rápida y simple, hasta prolongada, profunda y más costosa. Este método es una forma muy efectiva tomando en cuenta su bajo costo para identificar los riesgos o peligros más comúnmente reconocidos. La tabla 6 nos muestra el tiempo estimado necesario para realizar un estudio de evaluación de riesgo utilizando esta técnica

Tabla 6

Tiempos estimados al utilizar la técnica de Análisis con Lista de Verificación (Checklist).

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Sistema pequeño y simple	2 a 4 horas	4 a 8 horas	4 a 8 horas
Proceso grande y complejo	1a 3 días	3 a 5 días	2 a 4 días

3.3 Análisis de Rango Relativo

3.3.1. Descripción

Es una estrategia de análisis más que un método de análisis bien definido y sencillo

Esta estrategia permite al analista de riesgo comparar los atributos de varios procesos o actividades para determinar si ellos presentan características peligrosas que sean lo suficientemente significativas para requerir futuros estudios más detallados

Este tipo de análisis puede también ser usado para comparar varios procesos ya establecidos, diseños genéricos, opciones de acomodo de equipo y para proveer información. Esta estrategia de análisis se presenta como una buena alternativa por ser la mejor opción o la menos peligrosa. Por cierto, estas comparaciones se basan en valores numéricos que representan el nivel relativo de significancia o de importancia que el analista asigna a cada riesgo

Los estudios de Rangos Relativos deben ser normalmente efectuados al iniciar el diseño de un proceso, antes que el diseño detallado se lleve a efecto, o también se puede aplicar en instalaciones ya funcionando cuando se inicia el

desarrollo de un programa de análisis de riesgo. No obstante, el método de Rangos Relativos puede también ser aplicado para medir los riesgos en varios aspectos de la operación del proceso ya existente.

Varios métodos formales del Análisis de Rangos Relativos son ampliamente utilizados; por ejemplo 'Dow Fire' y 'Explosion Index' se han utilizado por muchos años. Existe un reporte, publicado por el "American Institute of Chemical Engineers" (AIChE) que describe el método.(38)

Estos métodos evalúan también la existencia y significancia de peligros de explosión y fuego en muchas áreas grandes de una instalación de un proceso. Para su ejecución, el analista divide un proceso o actividad en unidades de proceso separadas y les asigna índices, basados en el tipo de material, las características físicas y químicas, las condiciones del proceso, la distribución de la planta, las consideraciones en el acomodo del equipo y otros factores. Los resultados de la evaluación del índice de explosión y fuego pueden ser comparados con los resultados de otras unidades de proceso que ya han sido evaluadas.

Estos métodos son utilizados por analistas experimentados para obtener mayor conocimiento de las cosas, o cuando se necesita mejorar los sistemas de seguridad en general.

Otro método menos conocido y documentado en los Estados Unidos es el "ICI Mond Index" Este índice es utilizado para evaluar los riesgos químicos y tóxicos, así como también los riesgos de fuego y explosión asociados a alguna área del proceso o de la operación. Muchas organizaciones han creado sus propios índices especializados para evaluar los peligros asociados a sus instalaciones, procesos y operación. Por ejemplo, la compañía Dow Chemical tiene varios índices que son utilizados para evaluar y manejar el riesgo en sus procesos y actividades. Uno de ellos es llamado "Índice de Exposición Química" (Chemical Exposure Index - CEI), el cual es utilizado para medir la relativa intensidad de riesgos en la salud asociados con derrames químicos potenciales.

El Índice de Exposición Química usa una fórmula simple para valorar el uso de alguna sustancia química tóxica y se basa en cinco factores:

- ❖ La medición de la Toxicidad
- ❖ La cantidad de material volátil con posibilidad de derrame
- ❖ El peso molecular del químico que está siendo evaluado
- ❖ La distancia existente entre el área de interés y el almacenamiento del químico tóxico
- ❖ Otras variables del proceso que pudieran afectar las condiciones para que se ocasione un derrame, como son la temperatura, presión, reactividad, etc.

Algunos índices especializados han sido desarrollados y utilizados por diversas instituciones para determinar la aplicación de ciertas prácticas industriales recomendadas o requerimientos regulatorios. Por ejemplo, en los Estados Unidos la Agencia de Protección al Ambiente ("Environmental Protection Agency" - EPA) desarrolló un método de evaluación llamado "Threshold Planning Quantity Index" (TPQ) para ayudar a determinar cuáles materiales deben ser considerados extremadamente peligrosos, cuándo son usados y cuáles deben ser las actividades planeadas de respuesta, en caso de emergencias

Recientemente la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional ("Occupational Safety and Health Administration" - OSHA) y el Instituto Americano del Petróleo ("American Petroleum Institute" - API) están recomendando utilizar el Índice de Sustancias Peligrosas ("Substances Hazard Index" - SHI) para ayudar a determinar si el esfuerzo que se hace para el manejo de la seguridad en procesos especiales debe ser dirigido a un proceso particular o a alguna actividad industrial específica.

3.3 2. Propósito

El principal propósito de utilizar los Métodos de Rangos Relativos es el determinar las áreas del proceso o de la operación que sean más significativas con respecto a los peligros que éstas representan.

La teoría que apoya a los Métodos de Rangos Relativos tiene su origen en tres preguntas básicas dentro de un análisis de riesgo

- ◆ ¿Qué puede fallar?
- ◆ ¿Cómo esperamos que estén las áreas del proceso o producción?
- ◆ ¿Cuáles pueden ser los efectos?

Las respuestas a estas preguntas permiten determinar la importancia relativa de los procesos y las actividades, partiendo de algo seguro, antes de aplicar adicionalmente estudios de análisis de riesgo más costosos. Además, se obtiene una relación aproximada de los atributos de un proceso para luego ser comparados, con el fin de determinar cuáles áreas presentan el mayor riesgo o peligro. Posteriormente pueden realizarse estudios de evaluación de riesgos en las áreas de mayor interés.

3.3.3. Tipos de Resultados

Estos métodos dan como resultado una lista ordenada en función del riesgo de procesos, de equipo, de operaciones o de actividades. Esta lista puede tener varias capas estratificadas que representan el nivel de importancia.

Otros resultados como: Índices, marcadores, factores de escala, gráficas, etc., dependerán de la técnica particular utilizada para realizar la evaluación.

Es importante hacer notar que aunque estas técnicas tratan de responder de alguna manera a las tres preguntas del análisis de riesgo, los analistas no deben considerar los resultados de estos estudios como estimaciones de peso del riesgo asociado con un proceso o actividad.

El método de Análisis de Rango Relativo no está usualmente basada en la secuencia de accidentes específicos, además de que por sí misma no arroja recomendaciones concretas de mejora en la seguridad.

3 3 4 Recursos Necesarios

Un estudio de riesgo con el método de Análisis de Rango Relativo requiere básicamente de los datos físicos y químicos de las sustancias utilizadas en el proceso o actividad

Normalmente estos estudios no requieren diagramas del proceso detallados; sin embargo, sí son necesarios los inventarios de material, las condiciones del proceso de planta y la ubicación geográfica de las áreas de almacenamiento del material.

El procedimiento se puede realizar por un solo analista cuando se evalúa un proceso simple y pequeño, o por varios analistas cuando el proceso es complejo y grande, siempre y cuando ellos ya tengan experiencia en la aplicación del método y tengan acceso a todos los datos necesarios para el estudio

Se recomienda trabajar con un analista entrenado en la técnica junto con una persona que pueda rápidamente localizar e interpretar el material necesario y los datos del proceso necesarios para el análisis

En caso de necesitarse más de un analista, debido a la complejidad y tamaño del proceso o actividad, y al número y tipo de peligros, es conveniente primero capacitar a cada uno de ellos con el fin de que sus juicios sean consistentes y tengan criterios homólogos

El tiempo y costo para llevar a cabo un estudio de evaluación de riesgo dependerá del método seleccionado, de los requerimientos de datos de entrada, del número de áreas con las que cuente el proceso y los peligros a evaluar

La Tabla 7 nos muestra el tiempo estimado que puede tomar la realización de un estudio de evaluación de riesgo aplicando el método de Análisis de Rangos Relativos

Tabla 7

Tiempo estimado al utilizar la técnica de Análisis de Rangos Relativos.

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Sistema simple y pequeño	2 a 4 horas	4 a 8 horas	4 a 8 horas
Proceso complejo y grande	1 a 3 días	3 a 5 días	3 a 5 días

3.4 Análisis Preliminar de Riesgo

3.4.1 Descripción

Un Análisis Preliminar de Riesgo, llamado en inglés "Preliminary Hazard Analysis" (PHA) es una técnica derivada de los requerimientos del Programa del Sistema Estándar de Seguridad Militar de los Estados Unidos.

Este análisis se enfoca de manera general sobre los materiales peligrosos y las áreas más grandes del proceso de una planta. Es frecuentemente aplicado en el inicio del desarrollo de un proceso, cuando hay poca información en los detalles de diseño o en los procedimientos de operación de una planta y frecuentemente es precursor para un análisis de

riesgo posterior. Con esta guía se identifican de manera efectiva los peligros o los riesgos que la planta presenta en sus inicios.

Debido a su origen militar, esta técnica es algunas veces utilizada para revisar áreas de proceso donde la energía puede liberarse en una forma descontrolada.

El Análisis Preliminar de Riesgo formula una lista de peligros y situaciones peligrosas de carácter general, al considerar las siguientes características del proceso:

- Las materias primas, los productos intermedios, el producto terminado y su reactividad
- El equipo de la planta
- La(s) línea(s) de operación
- El medio ambiente en el que se trabaja
- Las actividades operacionales (pruebas, mantenimiento, etc.)
- El enlace entre los componentes del sistema

Uno o más análisis de riesgo estiman la importancia de riesgo del proceso y asignan una evaluación crítica de cada situación en particular.

Finalmente, esta evaluación crítica es utilizada para dar prioridad a las recomendaciones resultantes de los análisis del equipo, o para mejorar la seguridad.

3.4.2. Propósito

La técnica de Análisis Preliminar de Riesgo es comúnmente utilizada para evaluar los riesgos en el inicio de operación de un proceso. Es aplicada durante el diseño conceptual o en la fase de investigación y desarrollo de un proceso de planta y puede ser muy útil cuando se va a tomar la decisión para seleccionar el lugar donde se habrá de instalar. Es también utilizada como una herramienta de diseño antes de que el diagrama de instrumentación y tubería sea desarrollado.

Aunque el Análisis Preliminar de Riesgo es normalmente utilizado en la fase preliminar del desarrollo de una planta donde la experiencia proporciona pocos o no significativos problemas de seguridad potenciales, esta técnica puede ser útil cuando se analizan muchas maniobras o cuando se les da prioridad a los riesgos detectados. Esta técnica nos indica, con sus resultados, cuándo es mejor utilizar una técnica más extensa y profunda.

3 4 3 Tipos de Resultados

Un Análisis Preliminar de Riesgo nos proporciona una descripción cualitativa de los peligros relacionados con el proceso diseñado. También provee un intervalo cualitativo de las situaciones peligrosas que pueden ser usadas para jerarquizar las recomendaciones destinadas a reducir o eliminar ciertos peligros en las fases subsecuentes del ciclo de vida del proceso

3 4 4 Recursos Necesarios

Se requiere que el analista tenga acceso a los criterios de diseño de la planta, a las especificaciones de equipo a las especificaciones de material y a otras fuentes de información.

Esta técnica se puede aplicar por una o dos personas, quienes deberán tener un conocimiento profundo de la técnica, aunque también un equipo con poca experiencia puede realizar un Análisis Preliminar de Riesgo sin embargo, el estudio puede no ser tan profundo o detallado, debido a que al hacer aproximaciones se requiere que los analistas utilicen una cantidad importante de juicios La Tabla 8 nos muestra los tiempos estimados para realizar un estudio de evaluación de riesgo utilizando la técnica de Análisis Preliminar de Riesgo

Tabla 8

Tiempo estimado al utilizar la Técnica de Análisis Preliminar de Riesgo.

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Sistema simple y pequeño	4 a 8 horas.	1 a 3 días	1 a 2 días
Proceso grande y complejo	1 a 3 días	4 a 7 días	4 a 7 días

3.5 Análisis de Probabilidad Condicionada

3.5.1. Descripción

La técnica de Análisis de Probabilidad Condicionada conocida como "What-If", es similar a una lluvia de ideas en la cual un grupo de personas experimentadas y familiarizadas con el proceso elaboran preguntas relacionadas con posibles eventos no deseados.

Esta técnica no está tan estructurada como algunas otras técnicas (por ejemplo el Análisis de Riesgo y Operatividad o el Análisis de Modo de Falla y Efectos) Por el contrario, se requiere que el analista adapte los conceptos básicos para la aplicación específica.

Muy poca información ha sido publicada acerca de este método o sus aplicaciones; sin embargo, frecuentemente es utilizada en la industria para

evaluar cada etapa de la vida del proceso y tiene buena reputación entre las herramientas utilizadas.

Este método obliga al equipo que realiza la evaluación de riesgo a formular preguntas que comiencen con ¿Qué pasa si?. Sin embargo, algunos conceptos sobre la seguridad del proceso pueden ser incluidos aunque no sea en forma de pregunta. Por ejemplo:

- Estoy previendo el tener una entrega de material equivocado.
- ¿Qué pasa si la bomba A se detiene durante el arranque del proceso?
- ¿Qué pasa si el operador abre la válvula B en lugar de la válvula A?

Se registran todas las preguntas y se clasifican según las áreas específicas: seguridad eléctrica, protección al fuego, seguridad personal, etc. Cada área es posteriormente asignada a un equipo de una o más personas capacitadas. Las preguntas son formuladas en base a la experiencia y aplicadas a los dibujos existentes y a la descripción del proceso.

En el caso de una planta que se encuentre ya en operación, la investigación puede incluir entrevistas con el equipo o personal de planta que no participe en el equipo de evaluación de riesgos (no existe un patrón específico o cierto orden para estas preguntas, a menos que el guía

proporcione una secuencia lógica, como por ejemplo: dividir el proceso en sistemas funcionales).

Las preguntas pueden incluir algunas condiciones normales, de encendido o apagado de la planta, y no solo las fallas de componentes o las variaciones del proceso

3 5 2 Propósito

El propósito de un Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If) es el de identificar los peligros, las situaciones de peligro o algún caso de accidente específico que pudiera ocasionar consecuencias desastrosas.

En esta técnica un grupo de personas experimentadas identifican las posibles situaciones de accidentes, sus consecuencias y las acciones de emergencia existentes; entonces se proponen alternativas para la reducción del riesgo.

El método puede involucrar el análisis de posibles desviaciones de diseño, de construcción, de modificación o de operación. Esto requiere de un entendimiento básico en el proceso y de la habilidad para combinar

mentalmente las posibles desviaciones del diseño que pudieran resultar en un accidente.

Este método ofrece un procedimiento poderoso si el personal es experimentado, si no lo es, los resultados no son confiables porque podrían ser incompletos.

3 5 3 Tipo de Resultados

En su forma más simple, la técnica de Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If) genera una lista de preguntas y respuestas acerca del proceso, aunque puede también producir un listado de situaciones peligrosas (sin valorar o sin implicaciones cuantitativas para identificar los accidentes potenciales en los diferentes escenarios), sus consecuencias, las acciones emergentes y las posibles opciones para reducir el riesgo.

3 5 4 Recursos Necesarios

Debido a que el Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If) es muy flexible, éste puede aplicarse en cualquier etapa de la vida del proceso utilizando cualquier información y conocimiento que se tenga disponible.

Para su ejecución, a cada área del proceso se asignan 2 ó 3 personas para realizar el análisis; sin embargo, es preferible utilizar un equipo humano grande para procesos complejos, dividiendo el proceso en pequeñas áreas. Por consecuencia, el tiempo y costo de un Análisis de Probabilidad Condicionada son proporcionales a la complejidad y al número de áreas que serán analizadas en la planta.

Una vez que una organización ha tenido experiencia con este estudio, este método puede significar un costo - beneficio para evaluar riesgos durante cualquier etapa del proyecto

La tabla 9 muestra los tiempos estimados para realizar una evaluación de riesgo utilizando la técnica de Análisis de Probabilidad Condicionada

Tabla 9

Tiempo estimado al utilizar la Técnica de Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If).

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Sistema pequeño y simple	4 a 8 horas	4 a 8 horas	1 a 2 días
Proceso grande y complejo	1 a 3 días	3 a 5 días	1 a 3 semanas

3.6 Análisis con Lista de Verificación y Probabilidad Condicionada

3.6.1 Descripción

Esta técnica combina la muy utilizada lluvia de ideas del método de Probabilidad Condicionada (What- If) con la sistematización del método de Lista de Verificación (Checklist). Este método híbrido se apoya en la fuerza y el contrapeso de las fallas individuales para determinar aproximaciones de manera separada. Por ejemplo, el método de Análisis con la Lista de Verificación es una técnica basada en la experiencia y por ello la calidad de una evaluación de riesgo depende grandemente de la experiencia de los que elaboraron la Lista de Verificación. Si la Lista de Verificación no es completa, el analista pudiera no ser capaz de identificar o señalar una situación de peligro.

El utilizar la técnica de Probabilidad Condicionada de manera combinada obliga al equipo de analistas a considerar accidentes potenciales y consecuencias que no han sido consideradas al elaborar la Lista de Verificación. Contrariamente, la parte de la Lista de Verificación permite una manera más sistemática que como se realiza el análisis de Probabilidad Condicionada. Esta técnica puede ser utilizada en cualquier etapa de la vida del proceso.

Como en la mayoría de los otros métodos de evaluación de riesgos, el método trabaja mejor cuando es realizado por un equipo experto en el proceso. Esta técnica es generalmente utilizada para analizar los riesgos más comunes que existen en un proceso

Aunque es capaz de evaluar la importancia de accidentes a casi cualquier nivel de detalle, el método de análisis de Probabilidad Condicionada generalmente se enfoca a un nivel de detalle menor de resolución que, el que se obtiene por la técnica de Análisis de Modo de Fallas y Efectos.

Frecuentemente un análisis con Lista de Verificación y Probabilidad Condicionada es la primera evaluación de riesgo efectuado en un proceso y como tal, es un precursor para estudios subsecuentes más detallados.

3.6.2 Propósito

El propósito del análisis con Lista de Verificación (Checklist) y Probabilidad Condicionada (What-If) es :

- Identificar los riesgos
- Considerar los tipos generales de accidentes que pueden ocurrir en el proceso o en la actividad.
- Evaluar de manera cuantitativa los efectos de estos accidentes.
- Determinar si las formas de protección contra estas situaciones de accidentes potenciales son adecuadas.

Frecuentemente los miembros del equipo de evaluación de riesgos sugerirán algunas formas para reducir el riesgo de operación del proceso.

3 6 3. Tipos de Resultados

El equipo evaluador que utiliza el método combinado de Lista de Verificación (Checklist) con Probabilidad Condicionada (What-If) generará una tabla de situaciones de accidentes potenciales, efectos, protección y acciones de emergencia

Los resultados de este estudio pueden presentarse también en forma de Lista de Verificación terminada, sin embargo, algunas organizaciones usan un estilo narrativo para documentar los resultados.

3 6 4 Recursos Necesarios

La mayoría de los análisis que combinan Lista de Verificación (Checklist) con el método de Probabilidad Condicionada (What-If) son realizados por un equipo experto en el diseño, operación y mantenimiento del proceso

El número de personas necesarias para tal estudio depende de la complejidad del proceso, de su tamaño y de la etapa de vida en la cual el proceso está siendo evaluado

Normalmente este estudio requiere de pocas personas y de entrevistas breves, en comparación con una técnica más estructurada como es el caso del método de Análisis de Riesgo y Operatividad. La tabla 10 nos muestra los tiempos estimados necesarios para realizar un estudio de evaluación de riesgo utilizando el método combinado de Lista de Verificación con Probabilidad Condicionada.

Tabla 10

Tiempo estimado al utilizar el método combinado de Lista de Verificación (Checklist) con el método de Análisis de Probabilidad Condicionada (What-If).

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Sistema pequeño y simple	6 a 12 horas	6 a 12 horas	4 a 8 horas.
Proceso grande y complejo	1 a 3 días	4 a 7 días	1 a 3 semanas

3.7. Análisis de Riesgos y Operatividad

3.7.1. Descripción

El método de Análisis de Riesgos y Operatividad, conocida como "HAZOP" (Hazard Operability Analysis), es un análisis riguroso y sistemático de riesgos potenciales(22) que fue desarrollado para identificar y evaluar los riesgos de seguridad en un proceso de planta y para identificar aquellos

problemas de operatividad que, aunque no peligrosos, puedan comprometer la capacidad de la planta para lograr la productividad esperada.

Aunque originalmente se desarrolló para prevenir riesgos y problemas de operatividad en tecnologías en las cuales las organizaciones han tenido poca experiencia, se ha encontrado que este método es muy efectivo al aplicarse a operaciones ya existentes.

El uso de este método de análisis requiere de una detallada fuente de información con respecto al diseño y a la operación del proceso. Además, es muy frecuente utilizarla para analizar el proceso durante o después de la etapa de diseño. Algunas variaciones del método de Análisis de Riesgos y Operatividad están en práctica en la Industria Química.

En este método, un equipo interdisciplinario usa un enfoque creativo y sistemático para identificar los riesgos y los problemas de operatividad, resultantes de la desviación del diseño del proceso, que pudieran ocasionar consecuencias no deseables.

Una persona experta en el equipo los guía sistemáticamente a través del diseño de la planta, utilizando un juego de palabras fijas (llamadas palabras "guía"), las cuales son aplicadas en puntos específicos o "nodos de estudio" en el diseño de la planta y son combinadas con parámetros específicos del

proceso para identificar desviaciones potenciales de las operaciones realizadas en la planta

Por ejemplo, la palabra "No" combinada con el parámetro de proceso "flujo" resulta en la desviación "No flujo" Algunas veces un guía usará una Lista de Verificación o la experiencia en el proceso para ayudar al grupo a desarrollar la lista de desviaciones necesarias que el equipo considerará en las entrevistas cuando realice el Análisis de Riesgos y Operatividad.

El grupo entonces discutirá las posibles causas de desviación (por ejemplo error de operación en la unidad de bombeo), las consecuencias de la desviación (por ejemplo, sobrecalentamiento de la bomba) y la medida de protección aplicable para esta falla (abrir la válvula de alivio para liberar la presión en la línea de descarga de la bomba).

Si las causas y consecuencias son significativas y las medidas de protección son inadecuadas, el grupo puede recomendar una acción de seguimiento y presentarla a consideración al gerente. En algunos casos el grupo puede identificar alguna desviación con una causa real pero con consecuencias desconocidas (por ejemplo un producto de reacción desconocido) y recomendar estudios subsecuentes para determinar las posibles consecuencias.

3.7.2 Propósito

El propósito de un Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP) es revisar cuidadosamente un proceso u operación de una manera sistemática para determinar si algunas desviaciones en el proceso pudieran provocar consecuencias no deseables. Este método puede ser utilizado en procesos continuos o batch y puede ser adaptado para evaluar procedimientos escritos.

El equipo que realiza el Análisis de Riesgos y Operatividad enlista las causas potenciales y las consecuencias de la desviación, así como las medidas de protección existentes para evitar alguna desviación. Cuando el equipo determina que hay una protección inadecuada para una desviación viable, se recomienda que la acción correctiva sea tomada para reducir el riesgo.

3.7.3. Tipos de Resultados

Los resultados de un Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP) son:

- Las conclusiones del equipo que incluyen la identificación de los problemas de operatividad y riesgos
- Recomendaciones para cambios en el diseño, procedimientos, etc., para mejorar el sistema.

- Recomendaciones para conducir estudios en las áreas donde no fue posible llegar a ninguna conclusión debido a la falta de información.

Los resultados de las discusiones del equipo con respecto a las causas, los efectos y la protección de la seguridad para las desviaciones de cada nodo o sección del proceso, son registrados en una tabla en formato de columnas

3 7 4 Recursos Necesarios

Este método de Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP) requiere de datos exactos, precisos y actualizados del diagrama de instrumentación y tuberías o, de sus dibujos equivalentes y otra información detallada del proceso tal como los procedimientos de operación. Un Análisis de Riesgos y Operatividad requiere también de considerables conocimientos del proceso, instrumentación y operación, ésta información es comúnmente proporcionada por los miembros del equipo, quienes suelen ser expertos en esas áreas.

Los guías capacitados y con experiencia son una parte esencial de un Análisis de Riesgos y Operatividad eficiente y de alta calidad. Cuando el análisis se efectúa para un proceso grande y complejo se requieren de 5 a 7 personas expertas en diseño, ingeniería y operaciones de mantenimiento. Un miembro del equipo guía el análisis y otro registra los resultados de las discusiones del equipo. Un proceso pequeño y simple, o una revisión en forma

limitada, se puede analizar con 3 a 4 personas en un tiempo que se determinará por las habilidades técnicas y la experiencia de las personas que participan. La Tabla 11 nos muestra el tiempo necesario para realizar un estudio de evaluación de riesgo utilizando la técnica de Análisis de Riesgos y Operatividad.

Tabla 11

Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP)

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Sistema pequeño y simple	8 a 12 horas	1 a 3 días	2 a 6 días
Proceso grande y complejo	2 a 4 días	1 a 3 semanas	2 a 6 semanas

3 8 Análisis de Modos de Falla y Efectos

3 8 1 Descripción

Un Análisis de Modos de Falla y Efectos conocido como "FMEA" (Failure Modes and Effects Analysis) tabula los modos de falla del equipo y sus efectos en un sistema o planta

El Modo de Falla describe la manera en que el equipo falla (al abrir, cerrar, encender, apagar o en caso de fugas). El Efecto de la falla es

determinado por la respuesta del sistema a la falla del equipo. Este método identifica modos de falla individuales que contribuyen de manera directa y significativa a un accidente pero no es eficiente para definir una lista exhaustiva de combinaciones de fallas de equipo que pudieran producir un accidente

Los errores de operación humana no son comúnmente evaluados de manera directa en un Análisis de Modos de Falla y Efectos; sin embargo, los efectos de una mala operación como resultado de un error humano son usualmente determinados por el equipo evaluador.

3 8 2 Propósito

El propósito de un Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA) es identificar los modos de fallas individuales en un equipo o sistema y su efecto o efectos potenciales en el sistema o planta. Este análisis típicamente genera recomendaciones para incrementar la confiabilidad del equipo, además de que mejora su proceso de seguridad.

3.8.3. Tipos de Resultados

Un Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA) genera una lista sistemática y cualitativa de equipo, modos de falla y efectos. Incluye también una estimación de las peores consecuencias que resultarían de una falla individual. El método de Análisis de Modos de Falla y Efectos puede ser fácilmente actualizado por cambios en el diseño o modificaciones en el sistema o en la planta.

Los resultados de este tipo de análisis son comúnmente documentados en una tabla en forma de columnas, las cuales presentan temas apropiados para sugerir mejoras en cuanto a la seguridad de la planta o sistema.

3.8.4 Recursos Necesarios

Este tipo de análisis requiere las siguientes fuentes de datos e información.

- a) La lista del equipo de la planta o del sistema o Diagrama de Instrumentación y Tubería
- b) El conocimiento de las funciones del equipo y de los modos de falla.
- c) El conocimiento del sistema y el funcionamiento de la planta, así como, la respuesta óptima a los modos de falla

El método puede aplicarse por un solo analista pero el análisis debe ser revisado por otros para asegurar que éste fue completo. Las características del equipo o grupo variarán con el tamaño y complejidad del proceso que se estará analizando. Todos los analistas deben estar familiarizados con las funciones del equipo, los modos de falla y cómo las fallas pueden afectar a otras partes del sistema o planta

El costo y tiempo de un Análisis de Modos de Falla y Efectos es proporcional al tamaño del proceso y de los componentes analizados. En promedio una hora es suficiente para analizar de 2 a 4 piezas de un equipo. En caso de tener equipos similares que realicen funciones similares en un sistema, los tiempos necesarios para realizar la evaluación se reducirán significativamente debido a la naturaleza repetitiva de las evaluaciones. En la tabla 12 se observa el tiempo estimado para realizar un estudio de evaluación de riesgo usando el método de Análisis de Modos de Falla y Efectos.

Tabla 12

Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Modos de Falla y Efectos

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Sistema pequeño y sencillo	2 a 6 horas	1 a 3 días	1 a 3 días
Proceso grande y complejo	1 a 3 días	1 a 3 semanas	2 a 4 semanas

3.9 Análisis de Árbol de Fallas

3.9.1. Descripción

El Análisis de Árbol de Fallas, conocido como "Fault Tree Analysis" (FTA), es un método deductivo que se enfoca a un accidente en particular o al sistema principal de fallas para determinar las causas del evento.

El árbol de fallas es un modelo gráfico que muestra las diferentes combinaciones de las fallas de los equipos y errores humanos que pueden ocasionar una falla en el sistema principal de interés, llamado el evento cumbre

La potencia del análisis de árbol de fallas como una herramienta cualitativa es su habilidad para identificar la combinación de las fallas de los equipos y los errores humanos que pudieran ocasionar un accidente. Esto permite al analista de riesgos proponer medidas preventivas o de eliminación de las causas básicas significativas para reducir la probabilidad de un accidente

3.9.2 Propósito

El propósito de un Análisis de Árbol de Fallas es identificar la combinación de las fallas de equipo y los errores humanos que pudieran

resultar en un accidente. Este método es bien aplicado para el análisis de sistemas altamente redundantes.

Para sistemas particularmente vulnerables a fallas individuales que pudieran ocasionar un accidente es mejor utilizar una técnica orientada a fallas individuales tales como, Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA) o el Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP).

El Análisis de Árbol de Fallas es frecuentemente empleado cuando otro método de evaluación de riesgos (por ejemplo HAZOP) ha determinado de interés un accidente que requiere un análisis más detallado.

3.9.3 Tipos de Resultados

Un Análisis de Árbol de Fallas produce un modelo lógico de fallas del sistema que usa una vía lógica para describir cómo las fallas en el equipo y los errores humanos pueden combinarse para provocar una falla del sistema principal.

Muchos modelos de Árbol de Fallas pueden resultar del análisis de un proceso grande; el número de modelos depende de qué tan selectivo fue el análisis de riesgo al seleccionar el evento o eventos cumbre más relevante(s).

El Análisis de Árbol de Fallas generalmente responde a cada modelo lógico para generar una lista de fallas, llamadas juegos de corte mínimo, que pueden ser cualitativamente valoradas por el número y tipo de fallas en cada juego de corte.

Los juegos de corte que contienen más fallas son generalmente menos creíbles que aquellos que contienen menos fallas. La revisión de estas listas de juegos de corte mínimos muestran las debilidades del diseño o de la operación del sistema, por lo que el analista debe proponer posibles alternativas de mejora para la seguridad.

3 9 4. Recursos Necesarios

El Análisis de Árbol de Fallas necesita del entendimiento detallado de cómo funciona la planta o sistema, procedimientos y dibujos detallados del proceso y conocimiento de los modos de falla de los componentes y sus efectos.

Aquellas organizaciones que quieran realizar un Análisis de Árbol de Fallas deben utilizar analistas bien capacitados y expertos para asegurar un análisis eficiente y de alta calidad. Los analistas calificados pueden desarrollar

árboles de falla por ellos mismos, aunque deben tener un entendimiento detallado del proceso; aún así, los modelos deben ser revisados con los ingenieros, operadores y otro personal que tenga experiencia en cuanto a la operación del equipo y del sistema que se va a analizar.

Un analista por árbol de falla asegura la continuidad en el desarrollo del análisis, pero debe tener acceso a toda la información necesaria para definir las fallas que contribuyen al evento cumbre. Para aplicar este tipo de análisis un equipo o grupo amplio puede participar si el proceso a evaluar es demasiado complejo y si es necesario utilizar más de un árbol de falla. En esos casos cada miembro del grupo se concentrará en un árbol de falla individual.

Es necesaria la interacción entre los miembros del equipo y otro personal con experiencia a fin de asegurar la consistencia en el desarrollo de la relación o de los modelos creíbles

El tiempo y costo necesario para realizar un Análisis de Árbol de Fallas depende de la complejidad del sistema analizado y del nivel de resolución del análisis.

El modelar un evento cumbre individual que involucre un proceso simple con un grupo experto puede llevarse un día o menos. Los sistemas complejos y problemas grandes con muchos eventos con accidentes potenciales pueden

llevarse muchas semanas o meses, aún y cuando se realice por un grupo experto. La tabla 13 nos muestra el tiempo necesario para realizar un estudio de evaluación de riesgo utilizando el método de Análisis de Árbol de Fallas.

Tabla 13

Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Árbol de Falla

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	CONSTRUC. DEL MODELO	EVALUACIÓN CUALITATIVA.	DOCUMENTACION
Sistema pequeño y sencillo	1 a 3 días	3 a 6 días	2 a 4 días	3 a 5 días
Proceso grande y complejo	4 a 6 días	2 a 3 semanas	1 a 4 semanas	3 a 5 semanas

3.10 Análisis de Árbol de Eventos

3 10 1 Descripción

Un Árbol de Eventos muestra gráficamente las posibles consecuencias de un accidente que resulta de un evento inicial (falla de algún equipo específico o algún error humano). Un Análisis de Árbol de Eventos considera la respuesta de un sistema de seguridad y de los operadores al inicio de un evento, cuando se determina el resultado potencial de un accidente

Los resultados del Análisis son secuencias de accidentes; esto es, un juego de fallas o errores que producirán un accidente Estos resultados

describen los posibles resultados de accidentes en término de la secuencia de eventos (sucesos o fallas de la seguridad) que siguen a un evento inicial

Un Análisis de Árbol de Eventos es muy recomendado para el análisis de procesos complejos que tienen varias etapas en el sistema de seguridad, o en los procedimientos de emergencia, en lugar de responder a eventos específicos iniciales

3.10 2 Propósito

Los Árboles de Eventos son utilizados para identificar varios accidentes que pueden ocurrir en un proceso complejo. Después de que estas secuencias de accidentes individuales son identificadas, la combinación específica de fallas que pueden ocasionar un accidente pueden entonces ser determinadas usando el Análisis de Árbol de Fallas.

3 10.3 Tipos de Resultados

Los resultados de este tipo de Análisis son el modelo del árbol de eventos y el éxito o la falla del sistema de seguridad que ocasionará para cada situación un resultado definido

La secuencia de accidentes representada en un árbol de eventos muestra la representación lógica de las combinaciones de eventos, además de que esta secuencia puede ser colocada dentro de la forma de un modelo de árbol de falla para futuros análisis cualitativos. Los analistas usan estos resultados para identificar las debilidades del diseño y de los procedimientos, normalmente aportan recomendaciones para reducir la probabilidad y/o consecuencias de los accidentes potenciales peligrosos

3.10.4 Recursos Necesarios

El utilizar el Análisis del Árbol de Eventos requiere del conocimiento de los eventos potenciales iniciales (esto es, fallas del equipo o del sistema que pudieran potencialmente causar un accidente) y el conocimiento de las funciones del sistema de seguridad o procedimientos de emergencia que potencialmente disminuyan o eliminen los efectos de cada evento iniciador

Un Análisis de Árbol de Eventos puede ser realizado por un solo analista durante el tiempo que él necesite para profundizar de manera detallada en el conocimiento del sistema, pero es preferible un equipo de 2 a 4 personas.

Con respecto a su ejecución, el grupo de trabajo promueve una lluvia de ideas que favorece la elaboración de un árbol de eventos muy completo. El

equipo debe incluir al menos un miembro con conocimiento del Análisis del Árbol de Eventos y los miembros restantes deben tener conocimiento de los procesos y experiencia de trabajo en los sistemas incluidos en el análisis.

El tiempo y costo necesarios para realizar un Análisis de Árbol de Eventos dependen del número y la complejidad de los eventos iniciadores y de las funciones de seguridad incluidas en el análisis. Varios días deben ser suficientes para que el equipo evalúe varios eventos iniciadores para un proceso simple, los procesos complejos pueden necesitar muchas semanas.

La tabla 14 muestra los tiempos estimados necesarios para realizar un estudio de evaluación de riesgo usando la técnica de Análisis de Árbol de Eventos.

Tabla 14

Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Árbol de Eventos

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	CONSTRUC. DEL MODELO	EVALUACIÓN CUALITATIVA	DOCUMENTACION
Sistema pequeño y simple	1 a 2 días	1 a 3 días	1 a 2 días	3 a 5 días
Proceso grande y complejo	4 a 6 días	1 a 2 semanas	1 a 2 semanas	3 a 5 semanas

3.11 Análisis de Causa - Consecuencia

3 11.1 Descripción

Un análisis de causa consecuencia conocido como "CCA" (Cause - Consequence Analysis) es una mezcla del Árbol de Falla y el Análisis del Árbol de Eventos

Una fuerte ventaja del Análisis de Causa-Consecuencia es su uso como una herramienta de comunicación · el diagrama de causa-consecuencia muestra la relación entre los resultados de los accidentes (consecuencias) y las causas que los originaron. Este método es más comúnmente utilizado cuando la falla lógica del accidente analizado es simple, aunque la forma gráfica , la cual combina ambas técnicas, Árbol de Fallas y de Eventos en el mismo diagrama, puede llegar a ser completamente detallada

3 11.2 Propósito

El propósito de éste análisis es identificar las causas originales y las consecuencias de un accidente potencial

3 11 3 Tipos de Resultados

Un Análisis de Causa Consecuencia genera diagramas que describen las secuencias de accidentes y, describen de manera cualitativa, los resultados de accidentes potenciales. La tabla 15 nos muestra los tiempos estimados para realizar un estudio de evaluación de riesgo utilizando el método de Análisis de Causa-Consecuencia.

Tabla 15

Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Causa-Consecuencia.

DIMENSIÓN	PREPARACIÓN	CONSTRUC. DEL MODELO	EVALUACIÓN CUALITATIVA	DOCUMEN-TACION
Sistema pequeño y simple	1 a 2 días	1 a 3 días	1 a 3 días	3 a 5 días
Proceso grande y complejo	4 a 6 días	1 a 2 semanas	1 a 2 semanas	3 a 5 semanas

3 11 4 Recursos Necesarios

Para utilizar este método se requiere del conocimiento de los siguientes datos y fuentes de información:

- El conocimiento de las fallas de los componentes o del sistema que pudieran causar un accidente

- El conocimiento del Sistema de Seguridad o de los Procedimientos de Emergencia que pudieran influir en los resultados de un accidente.
- El conocimiento de los impactos potenciales de todas estas fallas.

Un Análisis de Causa - Consecuencia es mejor realizado por un equipo pequeño (2 a 4 personas) con experiencia. Un miembro del equipo debe tener experiencia en este tipo de Análisis (o en el Análisis del Árbol de Fallas y Árbol de Eventos) mientras el resto del grupo debe tener experiencia en el diseño y operación del sistema que se va a analizar.

El tiempo y costo necesario para realizar este tipo de análisis depende grandemente del número, de la complejidad y del nivel de resolución de los eventos incluidos en el análisis. Los análisis del tipo revisión, para varios eventos iniciadores pueden realizarse usualmente en una semana o menos. Los estudios más detallados pueden requerir de muchas semanas dependiendo de la complejidad de algún árbol de fallas utilizado como referencia.

3.12 Análisis de Error Humano

3.12.1 Descripción

El Análisis de Error Humano conocido en inglés como "Human Reliability Analysis" (HRA), es una evaluación sistemática de los factores que influyen en

las acciones que realizan los operadores, el personal de mantenimiento, los técnicos y otro personal de la planta. Lo anterior involucra uno de los varios tipos de análisis de tareas; estos tipos de análisis describen las características ambientales y físicas de las tareas, junto con las habilidades, los conocimientos y las capacidades necesarias para realizarlas.

Un Análisis de Error Humano identificará errores de las situaciones esperadas que pueden causar o provocar accidentes. Este tipo de análisis puede utilizarse también para rastrear las causas de los errores humanos y se aplica junto con otros métodos de evaluación de riesgos.

3.12.2 Propósito

El propósito de un Análisis de Error Humano es identificar los errores humanos potenciales y sus efectos, o identificar las causas "ocultas" de los errores humanos.

3.12.3 Tipos de Resultados

Un Análisis de Error Humano enumera de manera sistemática los errores que se esperan sean encontrados durante una operación normal o de emergencia, los factores que contribuyen a dichos errores y las propuestas de modificaciones al sistema para reducir la posibilidad de que se presenten

Los resultados del Análisis de Error Humano son cualitativos, pero pueden tornarse cuantitativos. El análisis incluye la identificación de la interfase del sistema afectada por un error particular y una valoración de estos errores, en relación con otros, basada en la probabilidad de que ocurran y en la severidad de las consecuencias.

Los resultados deben ser fácilmente actualizados por cambios en el diseño o el sistema, la planta o modificaciones en el acomodo del equipo.

3.12.4 Recursos Necesarios

El uso del Análisis de Error Humano requiere de los siguientes datos y fuentes de información:

- Los procedimientos de la planta
- La información de las entrevistas del personal de planta
- El conocimiento de la distribución de la planta
- Las funciones o los lugares de trabajo
- La ubicación del panel de control.
- La ubicación del sistema de alarma.

Los requerimientos del equipo o grupo varían en función del tipo de análisis. Generalmente uno o dos analistas con entrenamiento en factores humanos deben ser capaces de realizar un análisis de Error Humano para una instalación.

Los analistas deben estar familiarizados con las técnicas de entrevistas y deben tener acceso al personal de la planta para toda la información pertinente, así como a los procedimientos y a los esquemas de dibujos y a la instalación. El analista debe estar familiarizado con (o conocer a alguien que esté familiarizado con) la respuesta de la planta o las consecuencias causadas por varios errores humanos.

El tiempo y el costo para estos análisis son proporcionales al tamaño y al número de tareas, sistemas o errores que están siendo analizados. Una hora debe ser suficiente para realizar un Análisis de Error Humano aproximado acerca de las tareas asociadas con un procedimiento de planta simple.

El tiempo requerido para identificar las fuentes probables de un tipo de error específico variará en función de la complejidad de las tareas involucradas, pero este análisis pudiera ser terminado en una hora. Si los resultados del análisis de tareas individuales fueron utilizados para investigar varias fuentes de error humano potencial, el tiempo requerido por fuente de error pudiera ser significativamente disminuido.

La identificación de modificaciones potenciales para reducir los incidentes de errores humanos pudiera no aumentar el tiempo necesario para un Análisis de Error Humano. La tabla 16 muestra los tiempos necesarios para realizar un estudio de evaluación de riesgo utilizando el método de Análisis de Error Humano.

Tabla 16

Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Error Humano.

Sistema pequeño y simple	4 a 8 horas	1 a 3 días	1 a 2 días	3 a 5 días
Proceso grande y complejo	1 a 3 días	1 a 2 semanas	1 a 2 semanas	1 a 3 semanas

De manera global los métodos se pueden agrupar en tres tipos:

Los que ayudan a llevar a cabo una evaluación cualitativa del Riesgo identificando de manera general las situaciones potenciales de peligro. Estos métodos son cinco Revisión de Seguridad, Análisis con Lista de Verificación, Análisis con Rango Relativo, Análisis Preliminar de Riesgo y el Análisis de Probabilidad Condicionada.

Los que ayudan a realizar una evaluación semicuantitativa de Riesgo, llevando a cabo un análisis detallado de los riesgos presentes y en donde se pueden utilizar los siguientes tres métodos: El Análisis de Probabilidad

Condicionada combinado con Lista de Verificación, El Análisis de Operatividad y Riesgo y el Análisis de Modos de Falla y Efectos.

Por último los que llevan a realizar una evaluación cuantitativa de Riesgo donde se analizan a mayor detalle una o varias situaciones específicas que representan peligro en el proceso. Para este objetivo se pueden utilizar 4 métodos Análisis de Arbol de Fallas, Análisis de Causa-Consecuencia, Análisis de Arbol de Eventos y el Análisis del Error Humano.

En el capítulo cinco se verá de manera más detallada el proceso para seleccionar el método de evaluación de Riesgo en función de las características del proceso.

CAPITULO 4

SELECCIÓN DE LAS TÉCNICAS PARA UNA EVALUACIÓN DE RIESGO

La habilidad para garantizar procesos seguros en una operación o instalación depende de varios factores:

- El empleo de la tecnología adecuada en cuanto al diseño y la construcción
- La anticipación de los efectos de alguna circunstancia externa
- La habilidad para entender y saber conciliar la conducta humana
- La disposición de un efectivo sistema administrativo

Un efectivo sistema de seguridad en el proceso se logra en función de una exitosa evaluación de riesgo

Un programa de evaluación de riesgo requiere:

- Un apoyo administrativo tangible
- Un grupo adecuado de personas, técnicamente competentes
- Una base de datos con información actualizada
- El uso de herramientas adecuadas para realizar los estudios de evaluación de riesgos.

Un estudio de evaluación de riesgo es exitoso cuando

1. Se obtiene la información necesaria en cuanto al riesgo que el proceso representa
2. Los resultados son de alta calidad y fáciles de utilizar para tomar decisiones.
3. El estudio se ha realizado con el mínimo de los recursos necesarios

Obviamente, la técnica seleccionada tiene gran importancia en el éxito del estudio

Muchos factores pueden afectar al tratar de seleccionar cuál método de evaluación de riesgo se utiliza, ¿Quién debe decidir cuál método se usará?, ¿Es apropiado y necesario que el gerente defina las bases para el estudio de evaluación?, ¿Cuáles son los objetivos principales del estudio, los resultados esperados, los recursos necesarios y el límite de tiempo para realizar el trabajo?

El seleccionar el método más apropiado es un paso crítico para asegurar el éxito del estudio. Aunque esta selección es más un arte que una ciencia, enseguida se presenta una estrategia para seleccionar el método que más probablemente contribuirá al éxito del estudio.

La experiencia recomienda que no es conveniente que solo los gerentes determinen la técnica a utilizar, sino que también a los especialistas en la evaluación de riesgos se les debe permitir que participen al seleccionar el método apropiado para realizar el estudio

4.1 Factores que Influyen en la Selección

El proceso de seleccionar el método más apropiada de evaluación de riesgo puede ser algo difícil para alguien inexperto porque aparentemente, el mejor pudiera no serlo. Cuando los analistas tienen experiencia en los diferentes métodos la tarea de escoger una técnica apropiada se vuelve muy fácil y hasta instintiva. La tabla 17 muestra 6 categorías de factores que el analista debe de considerar cuando selecciona un método de evaluación de riesgo para alguna aplicación específica.

La importancia que cada una de esas categorías tiene en el proceso de selección puede variar de maniobra en maniobra, de compañía a compañía y de industria a industria. Sin embargo las observaciones generales acerca de la relativa importancia de esos factores debe ser verdadera y muy cercana para cada situación

TABLA 17

Factores que Pueden Influir en la Selección de los Métodos de Evaluación de Riesgo

• Que motivación existe para el estudio
• El tipo de resultados que se necesitan
• Tipo de información disponible para realizar el estudio
• Características del problema a analizar
• El riesgo que se percibe del proceso o actividad sujeta a estudio
• Disponibilidad de recursos y las preferencias del analista y gerente

La motivación para el estudio y el tipo de resultados necesarios deben ser los factores más importantes que el analista debe considerar. El método seleccionado debe ser la forma más efectiva para proveer la información requerida para satisfacer las razones del estudio.

El tipo de información disponible, las características del problema analizado y el riesgo percibido del proceso o actividad en estudio están limitados por las condiciones en que se encuentra dicho proceso ó actividad. Estos factores representan condiciones sobre las cuales el analista normalmente no tiene control. Si estos factores dominan la selección del análisis, él ó ella pueden no estar capacitados para seleccionar algún otro método que esté fuera de lo que estos factores le permiten. Por ejemplo, si todos los factores indican que el método de Análisis de Arbol de Fallas debe ser usado para una situación particular, pero no hay disponibles los dibujos detallados del proceso para definir las características del sistema y sus fallas, entonces el analista debe también corregir la información deficiente (por ejemplo, obtener dibujos detallados) ó escoger otro método. Si los dibujos no están disponibles, porque no han sido actualizados, entonces pudiera ser una opción el hacerlos, aunque esto representa tiempo consumido y costo.

Por otro lado, si el proceso en estudio está en la fase de diseño conceptual será imposible obtener dibujos detallados, por lo tanto deberá ser seleccionado otro método a menos que el líder del equipo de evaluación crea que el Análisis del Arbol de Fallas pueda ser aplicado en una forma menos detallada y cumpla con los objetivos del estudio de evaluación de riesgo.

La última categoría involucra la disponibilidad de recursos y la preferencia del analista/gerente por alguno de los métodos. Aunque son consideraciones importantes, ellas no deben dominar al seleccionar uno de los métodos de evaluación de riesgo. Lamentablemente, estos factores son de los principales que el analista considera

Un método de evaluación de riesgo seleccionado solo por el bajo costo, o porque la técnica es frecuentemente utilizada, puede arrojar resultados ineficientes, de baja calidad ó incorrectos. La siguiente sección analizará cada categoría y dará ejemplos de los factores que el analista deberá considerar cuando seleccione un método apropiada de evaluación de riesgo.

4 1 1 Motivación para el Estudio de Evaluación de Riesgo

La motivación es el factor más importante para cualquier analista de riesgo. El realizar un estudio de evaluación de riesgo sin tener una motivación y sin poseer un propósito bien definido es desperdiciar los recursos sin lograr mejorar la seguridad en el proceso

Un sinnúmero de razones pueden formar el propósito de un estudio. Por ejemplo, ¿Cuál es en primer lugar el deseo de realizar el estudio?, ¿Está siendo el estudio oficializado como parte de una política para realizar estudios de evaluación de riesgo

de nuevos procesos?, ¿Son necesarias las justificaciones para tomar decisiones administrativas de riesgo para mejorar el desarrollo del proceso ya existente? y ¿Está haciéndose el estudio para cumplir un requerimiento legal o regulatorio?

El analista de riesgo responsable de seleccionar el método más apropiado y adecuar los recursos físicos, técnicos y humanos necesarios, debe de proveer un propósito escrito y bien definido, de modo que ellos puedan eficientemente ejecutar el documento oficial del estudio

4 1.2. Tipos de Resultados Necesarios

Definir el tipo específico de información necesaria para satisfacer los objetivos del estudio es una parte importante para seleccionar el método más adecuado. La siguiente lista muestra cinco categorías de información que pueden obtenerse de un estudio de evaluación de riesgo:

- Una lista de peligros
- Una lista de situaciones de accidentes potenciales
- Una lista de alternativas para reducir riesgos o áreas que necesitan estudios posteriores
- Una jerarquización de resultados
- Las entradas para un análisis de riesgo cuantitativo

Algunas técnicas se pueden utilizar solamente para identificar los peligros asociados con el proceso o la actividad. Si éste fuera el único propósito del estudio, puede ser seleccionada un método, que generará una lista ó un barrido de las áreas del proceso u operación que presenten de manera particular características peligrosas. Todos los métodos pueden proveer de manera aproximada una lista de situaciones de accidentes potenciales y posibles alternativas para la reducción de riesgos. Algunas de los métodos de evaluación de riesgo pueden ser utilizados para jerarquizar las acciones de riesgo que cada una de las partes del proceso presentan, en base a la percepción del grupo de trabajo.

Si una organización prevé que sus necesidades de información para la administración de riesgo probablemente no sean satisfechas por un análisis cualitativo, entonces el analista de riesgo puede elegir utilizar otro método que pueda proporcionar más entradas en datos, como base para realizar un Análisis Cuantitativo de Riesgo.

4 1 3. Tipo de Información Necesaria para Realizar el Estudio

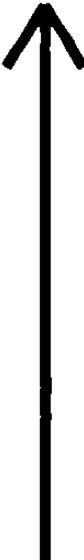
Existen dos condiciones que ayudan a definir qué información es necesaria para el equipo de evaluación de riesgos:

- (a) La etapa de vida del proceso o actividad.
- (b) La calidad y actualidad de la documentación disponible.

La primera condición es fijada por algún estudio de evaluación de riesgo y el analista no puede hacer algo para cambiar. La tabla 18 muestra qué información llega a ser necesaria a través de la evolución de la planta.

TABLA 18

Información Típica Necesaria para un Análisis de Riesgo

Tipo de información	Nivel de incremento en el detalle	Tiempo en que la información llega a ser necesaria para la inspección del proyecto.
<ul style="list-style-type: none"> • Experiencia en una operación específica • Procedimientos de operación • Equipo existente • Diseño de instalaciones y tubería • Diagramas de flujo del proceso • Experiencia con procesos similares • Inventario de materiales • Bases del proceso químico • Datos físicos y químicos del material 		

La etapa de vida del proceso establece el límite práctico de detalle en la información necesaria para el equipo de evaluación de riesgo. Si el analista cree que debido a lo deficiente de la información los objetivos del estudio no pueden ser cumplidos, aún y cuando se utilice un método apropiado, él deberá recomendar al gerente que los objetivos sean revisados nuevamente o, en caso contrario, retrasar el estudio hasta contar con la suficiente información.

La segunda condición a negociar es la calidad y la actualización de la información. Si el analista realiza un estudio de evaluación de riesgo en un proceso, utilizando datos no vigentes, se estarán desperdiciando recursos y tiempo. Por lo tanto es necesario que el analista verifique con el gerente que se tengan actualizados los dibujos de la planta. Una buena planeación en la creación de esta información puede ayudar a evitar retardos en la realización de los estudios de riesgo.

4.1.4 Características del Problema Analizado

Las características que el analista debe definir al analizar un proceso o una planta se pueden dividir en cinco áreas:

1. La complejidad y tamaño del problema
2. El tipo de proceso
3. El tipo de operación(es) incluida(s) en el proceso
4. La naturaleza de los riesgos involucrados
5. Los registros de accidentes o situaciones de posibles accidentes que sean de interés

1.-) La complejidad y tamaño del problema son importantes porque algunos métodos de evaluación de riesgo pueden ser superados por la complejidad de los problemas a analizar. Estos dos factores están en función del número de procesos o sistemas que están siendo analizados, del número de piezas de equipo en cada proceso o sistema,

del número de pasos de operación y del número de tipos de peligros y efectos que están siendo analizados (por ejemplo, fuego, tóxico, explosión, económico ó ambiental).

Es particularmente importante que el analista seleccione un nivel de resolución que sea compatible con el propósito del estudio. Por ejemplo, si una gran instalación va a ser analizada, el líder del equipo, prudentemente, deberá dividir la instalación en un número mas pequeño de áreas, tantas como el estudio lo requiera. Diferentes técnicas pueden incluso ser aplicadas para analizar cada parte del proceso, dependiendo de las características del problema a analizar

Sin embargo, si el propósito de realizar el estudio de evaluación de riesgo es principalmente para definir los riesgos ó peligros (por ejemplo desarrollar planes de respuesta a emergencias), los analistas deben escoger un nivel de resolución que revise al sistema como un todo y no cada componente de manera individual.

Para propósitos de elaboración de planes de emergencia, un analista puede utilizar un análisis de Probabilidad Condicionada (What - If) para identificar los tipos generales de secuencias de accidentes que pueden tener un efecto sobre la población de la planta. Para muchas técnicas de evaluación de riesgo, el considerar un gran número de artículos en los equipos o pasos de operación incrementará el tiempo y el esfuerzo necesario para realizar el estudio. Por ejemplo al utilizar la técnica de Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA) tomará 5 veces más esfuerzo para un proceso que tiene 100 partes de equipo que para un proceso que tiene 20. El tiempo para entrevistas en la Técnica de Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP) para analizar un sistema de

operación de un reactor batch que consiste de 50 pasos de operación tomará casi el doble de tiempo que el análisis de un proceso batch con 25 pasos. Finalmente, el tipo y número de riesgos y efectos que serán evaluados son proporcionales al esfuerzo requerido para realizar un estudio de evaluación de riesgo, aunque en algunos casos puede que no sea una relación lineal.

Los analistas deben considerar cuidadosamente el tiempo y el esfuerzo extra que tomará analizar una variedad de riesgos en un sistema complejo. Por ejemplo, el analizar todos los tipos de riesgos, al mismo tiempo en un proceso complejo puede hacer difícil para el analista el enfocar de manera objetiva la importancia de las situaciones de accidentes que se involucren en una clase de peligros analizados. Por otro lado, sistemas o procesos complejos que cuentan con muchas piezas similares, o iguales, no requieren de tanto tiempo para ser analizados.

2 -) El tipo de proceso también afecta la selección de una técnica de evaluación de riesgo. Un proceso individual puede estar compuesto de uno o más procesos tipo. La mayoría de las técnicas de evaluación de riesgo pueden ser usadas para casi cualquier tipo o combinación de los procesos tipo.

Sin embargo, ciertas técnicas son más adecuadas para algunos procesos en particular. Por ejemplo, el Análisis de Modos de Falla y Efectos es altamente recomendado para analizar eficientemente los riesgos asociados a los sistemas computacionales y electrónicos.

La tabla 19 brinda ejemplos de los diferentes tipos de procesos en los que se puede realizar un estudio de evaluación de Riesgo.

TABLA 19

Tipos de procesos en los que se puede realizar una evaluación de Riesgo

TIPOS DE PROCESOS	E J E M P L O
QUIMICO	Reacción catalítica en un reactor transportador químico
FISICO	Separación de una mezcla química por una columna de destilación.
MECANICO	Manejo de material seco en un transportador de tornillo
BIOLOGICO	Fermentación en un cuarto incubador
ELECTRICO	Sistema de suministro eléctrico 480 volts A C
ELECTRONICO	Circuitos integrados en un PLC
COMPUTACIONAL	Sistema de control digital en base microprocesador
HUMANO	Mezcla manual de dos químicos en tanque abierto

3 -) El tipo de operación que se tiene en el proceso a estudiar también influye para la selección de la técnica de evaluación a utilizar.

La selección de las técnicas puede ser afectada si una operación es:

Instalación fija o sistema de transportación,

Permanente o transitoria,

Continua, Semi-batch o Batch

Si los accidentes potenciales involucran sistemas de transportación, típicamente involucrarán eventos discretos y simples (por ejemplo, fallas de vehículos debido a

impacto). Los métodos de análisis de falla sencillos, tales como Análisis de Modos de Falla y Efectos, Análisis de Probabilidad Condicionada (What - If), Análisis de Probabilidad Condicionada + Lista de verificación, son usados más frecuentemente que el Análisis de Arbol de Fallas. Sin embargo, algunas veces se utiliza el Análisis de Arbol de Eventos para considerar la combinación de circunstancias que rodean a un derrame desde un vehículo de transporte.

La permanencia de los procesos también puede afectar la decisión de la selección si todos los factores son iguales, el analista puede utilizar una técnica más detallada y exhaustiva si sabe de antemano que el proceso operará continuamente un largo período de tiempo.

El análisis más detallado y mejor documentado, acerca de una operación permanente puede ser usado para apoyar muchas actividades para la Administración de la Seguridad en los Procesos. Por ejemplo, un Análisis de Riesgo y Operatividad (HAZOP) contiene una lista de operaciones para evaluar a detalle los tipos de paros, causas, consecuencias, acciones de emergencia, etc. que pudieran ser utilizadas en un programa de entrenamiento al operador

Cuando se trata de analizar una operación de un tiempo el analista puede escoger una técnica menos extensa, como por ejemplo una revisión de seguridad. Sin embargo, los analistas se muestran cautelosos a reconocer que una operación temporal puede presentar riesgos importantes que pudiera justificar el uso de una técnica más detallada, como es el caso del Arbol de Fallas.

Finalmente, algunos métodos como el Análisis de Probabilidad Condicionada o la combinación del Análisis de Probabilidad Condicionada + Lista de Verificación, Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP), Análisis de Arbol de Eventos o el de Error Humano, son más recomendados para proceso Batch o por lotes o cargas. Los métodos de Análisis de Arbol de Falla, Modos de Falla y Efectos y el de Causa-Consecuencia no pueden exactamente determinar el tiempo normal de cada operación.

4.-) La naturaleza de los riesgos, asociados a los procesos, tiene una influencia menor en la selección de una técnica de evaluación de riesgo.

La toxicidad, el fuego, la explosión, los peligros de reactividad, etc. pueden ser analizados con cualquiera de los métodos aquí mencionados, aunque algunos índices de Rango Relativo cubrirán sólo ciertos riesgos (por ejemplo, el Índice Dow de explosión y fuego solamente cubre los riesgos de fuego y explosión).

5 -) Accidentes Registrados o Situaciones de Interés

El carácter de un estudio de evaluación de Riesgo puede señalar una variedad de tipos de falla, eventos o situaciones de interés, como los que siguen;

1. Fallas simples vs. Fallas múltiples
- 2 Pérdidas simples por actividades no realizadas
- 3 Pérdidas por mal funcionamiento en alguna actividad
- 4 Fallas en el proceso
5. Falla en las herramientas utilizadas, en los procedimientos o fallas humanas.

Es mayor la influencia en esta categoría de factores cuando el análisis es realizado en una situación de falla múltiple por ser una evaluación compleja. El análisis de Arbol de Fallas, Arbol de Eventos, Análisis de Causa - Consecuencia y el de Error Humano son principalmente utilizados para estas situaciones.

Los métodos orientados a fallas simples como el Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP) y el de Modos de Fallas y Efectos no son normalmente utilizados para este propósito, aunque pueden utilizarse, para evaluar someramente situaciones de accidentes simples que involucren más de un evento. Los factores restantes tienen relativamente un impacto menor en el proceso de selección

4.1.5. El Riesgo Percibido de la Actividad o Proceso en Estudio

Si todos los estudios para evaluación de riesgo fueran perfectos no importaría cuál método de evaluación se usara, ni quién realizara el análisis, pero desafortunadamente ninguna técnica , ningún analista ni estudio pueden ser perfectos.

Ningún analista y ningún método pueden garantizar que todas las situaciones posibles de accidentes que se presenten en el proceso hayan sido identificadas. Las organizaciones tratan de combatir esta limitante en dos formas:

- Utilizan equipos interdisciplinarios para realizar el análisis, capitalizando la experiencia combinada de los miembros del equipo

Esto es equivalente a "muchas cabezas son mejor que una". Esta práctica aporta la clave para obtener una alta calidad en el estudio de evaluación de riesgo cuando se utilizan ciertas técnicas (Análisis de Riesgos y Operatividad, Análisis de Probabilidad Condicionada + Lista de Verificación).

- Las organizaciones tienden a utilizar técnicas más sistemáticas, sobre todo para aquellos procesos que ellos creen que tienen mayor riesgo, o también para situaciones en las cuales se espera que los accidentes tengan severas consecuencias.

Además del mayor riesgo percibido del proceso, lo más importante es utilizar la técnica de evaluación de riesgo que minimice la oportunidad de perder una situación de accidente importante

Una organización tiene varios tipos de información a su disposición para ayudar al analista a entender el riesgo en un proceso o actividad:

- La "cantidad" de experiencia con el proceso.
- La naturaleza de la experiencia con el proceso
- La relación permanente con la experiencia del proceso.

El factor de experiencia más importante es el período de tiempo "cantidad" sobre el cuál la experiencia es ganada

- ¿Ha estado el proceso operando durante más de 30 años?
- ¿Existen procesos iguales operando en la organización y en la industria?
- ¿Es el proceso relativamente nuevo?

Para cualquier proceso nuevo el tipo de tecnología utilizada está aún en la fase de diseño y es posible que una organización no tenga la suficiente experiencia en el proceso a ser evaluado. Algunas veces se tiene como referencia a algunas industrias con actividades similares y es cuando los miembros de alguna organización pueden compartir sus experiencias para complementar su entendimiento sobre riesgo.

El siguiente factor de experiencia a considerar es conocer el registro actual de operación del proceso:

- ❖ ¿Han habido frecuentes accidentes con consecuencias graves?
- ❖ ¿Han habido pocos y leves incidentes con pérdidas pequeñas?

A menudo sucede que un proceso que ha operado por muchos años nunca ha tenido un accidente mayor; aunque el potencial de que ocurra el accidente siempre ha existido.

La experiencia más inmediata que tiene el mayor impacto en una organización, acerca de su percepción de riesgo, es un accidente reciente que motive a los gerentes a realizar un estudio de evaluación de riesgo como parte de un seguimiento a la investigación.

El último factor a considerar es la relación actual entre la experiencia y el proceso en estudio. Pudo haber tenido el proceso muchos cambios los cuales invalidan la experiencia en la operación; por lo tanto no se considera como un indicador vigente del proceso de riesgo. O pudo haber tenido pocos cambios mínimos durante todos estos años, los que han sido adecuadamente manejados por los administradores de la organización en cambios en sus políticas. En este caso, la organización puede justificar que se tenga la confianza en la experiencia adquirida y considerarla un buen parámetro para predecir la actuación futura en la seguridad del proceso. Todos estos factores contribuyen al nivel de confianza, o de interés que una organización tiene acerca del proceso de riesgo.

Típicamente ocurre que, cuando:

- 1) El proceso ha estado operando sin accidentes durante un largo período de tiempo y el riesgo potencial para que suceda un accidente de graves consecuencias es bajo, o
- 2) Cuando han habido pocos cambios en el proceso que pudieran invalidar la experiencia adquirida, entonces

las organizaciones tenderán a seleccionar los métodos menos sistemáticos, menos exhaustivos y más utilizados o comunes para una evaluación de riesgo. Entre ellos están la Revisión de Seguridad y el Análisis con Lista de Verificación.

Por lo contrario, cuando se perciben situaciones opuestas a las anteriormente descritas se utilizan métodos más rigurosos, que ayuden más a identificar las situaciones de riesgo en el proceso, como es el caso del Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP), el Análisis con Lista de Verificación (Checklist) + Análisis de Probabilidad Condicionada (What - If) y el Análisis de Arbol de Fallas.

4.1.6. Recursos Disponibles y Preferencias

Una gran variedad de factores pueden influir en la selección de la técnica para la evaluación de riesgo. Algunos factores que comúnmente influyen son:

- La disponibilidad de habilidades y el conocimiento del personal que realizará el estudio.
- Los datos con los que se cuenta para realizar el estudio.
- Los recursos financieros
- La preferencia del analista de riesgo para utilizar algún método.
- La preferencia del (los) gerente(s) que autoriza(n) el estudio de evaluación de riesgo.

Generalmente deben estar disponibles dos tipos de personal para el estudio:

- Guías capacitados y hábiles en la aplicación del método seleccionado para realizar el estudio.
- Gente con conocimiento en el proceso o en la actividad que se va a analizar.

Si no se cuenta con ingenieros de diseño, operadores personal de mantenimiento etc., la calidad del estudio de evaluación de riesgo no se puede garantizar. También es importante contar con personal capacitado en el uso de alguna técnica, en particular para obtener un resultado efectivo del estudio. Algunas técnicas, por su misma naturaleza pueden requerir de guías con menos práctica, sin embargo la experiencia ha demostrado que tener un guía experto en ese tipo de estudios aumenta la oportunidad de alcanzar el éxito.

Muchas técnicas de evaluación requieren de la interacción creativa de los participantes en un grupo. Las entrevistas pueden durar por días, semanas o meses dependiendo de la complejidad del proceso en estudio.

Otros métodos (por ejemplo el de Arbol de Fallas) pueden ser utilizadas primero de manera individual. Sin embargo, esta forma individual de trabajo requiere de cierto tiempo de "gestación" para capacitar al analista a crear modelos realistas de las causas de accidentes potenciales.

La participación del grupo en este tipo de técnicas puede que no sea tan útil. Sin embargo, estos modelos pueden ser construidos en base a la información derivada de una entrevista del grupo o puede ser revisada de manera eficiente durante un recorrido del proceso a evaluar que el grupo realice. El analista debe seleccionar el método que producirá los resultados deseados y que utilice los menores recursos en el mínimo de tiempo.

Es necesario conocer la cotización para los estudios de evaluación de riesgo para que una organización prepare un plan para implementar las actividades que manejen la seguridad en todo el proceso

La tabla 20 resume una estimación del esfuerzo técnico necesario para realizar un estudio de evaluación de riesgo, desde un proceso pequeño y simple hasta un proceso grande y complejo. Esta información proporciona al analista solo una idea aproximada del esfuerzo que ellos deberán desarrollar para realizar el estudio de evaluación de riesgo. En suma, debido a que hay muchos otros factores que influyen en el tiempo y el esfuerzo, los analistas deben utilizar estos estimados, con gran precaución.

El tiempo actual necesario para realizar un estudio puede ser mucho más largo (o más corto) que lo que se estima en la tabla 20. Cuando los analistas obtienen experiencia con cada técnica de evaluación llegan a estar mejor preparados para estimar más exactamente el tamaño del estudio para las instalaciones y son más eficientes al realizar las tareas.

La calidad de los resultados de un estudio de evaluación de riesgo son inevitablemente una función de la calidad del esfuerzo del grupo. Si la organización no cuenta con un guía capacitado para dirigir el estudio se debe capacitar a alguien para que lo realice; otra opción es la de contratar consultores externos que dirijan y autoricen el estudio de evaluación de riesgo. Al final, la organización debe tratar de hacer tantos estudios como sea posible, utilizando su propio personal para capitalizar de mejor manera todo lo que se aprende de la experiencia.

Idealmente el estudio debe ser realizado utilizando los métodos que son más familiares para el guía del grupo y para el resto de los participantes. La preferencia de los gerentes por el uso de alguna técnica no debe opacar a otras razones técnicas para seleccionar un método en particular. Los análisis de riesgo deben ayudar para educar al gerente con ejemplos tangibles, sobre los beneficios, las fuerzas, las limitaciones y los costos relativos de cada técnica.

Tabla 20 Tiempos estimados para realizar un estudio de Evaluación de Riesgo

TECNICA	FASE DEL ESTUDIO DE ANALISIS DE RIESGO									
	PREPARACION		MODELADO		EVALUACION		DOCUMENTACION			
	Sistema simple y pequeño	Proceso complejo y grande	Sistema simple y pequeño	Proceso complejo y grande	Sistema simple y pequeño	Proceso complejo y grande	Sistema simple y pequeño	Proceso complejo y grande		
Revisión de Seguridad	2 a 4 h ^a	1 a 3 d	na	na	4 a 8 h	3 a 5 d	4 a 8 h	3 a 6 d		
Análisis con lista de verificación	2 a 4 h	1 a 3 d	na	na	4 a 8 h	3 a 5 d	4 a 8 h	2 a 4 d		
Rango Relativo	2 a 4 h	1 a 3 d	na	na	4 a 8 h	3 a 5 d	4 a 8 h	3 a 5 d		
A Preliminar de Riesgo	4 a 8 h	1 a 3 d	na	na	1 a 2 d	4 a 7 d	1 a 2 d	4 a 7 d		
A Probabilidad Condicionada	4 a 8 h	1 a 3 d	na	na	4 a 8 h	3 a 5 d	1 a 2 d	1 a 3 s		
A Probabilidad Condicionada / Lista de Verificación	6 a 12 h	1 a 3 d	na	na	6 a 12 h	4 a 7 d	4 a 8 h	1 a 3 s		
A de Riesgos y Operatividad	8 a 12 h	2 a 4 d	na	na	1 a 3 d	1 a 3 s	2 a 6 d	2 a 6 s		
A Modos de Falla y Efectos	2 a 6 h	1 a 3 d	na	na	1 a 3 d	1 a 3 s	1 a 3 d	2 a 4 s		
A de Arbol de Falla	1 a 3 d	4 a 6 d	3 a 6 d	2 a 3 s	2 a 4 d	1 a 4 s	3 a 5 d	3 a 5 s		
A de Arbol de Eventos	1 a 2 d	4 a 6 d	1 a 3 d	1 a 2 s	1 a 2 d	1 a 2 s	3 a 5 d	3 a 5 s		
A Causa-Consecuencia	1 a 2 d	4 a 6 s	1 a 3 d	1 a 2 s	1 a 3 d	1 a 2 s	3 a 5 d	3 a 5 s		
A Error Humano	4 a 8 h	1 a 3 d	1 a 3 d	1 a 2 s	1 a 2 d	1 a 2 s	3 a 5 d	1 a 3 s		

^a h horas, d días, s semanas, m meses, na no aplica

CAPITULO 5

PROCESO DE TOMA DE DECISIONES PARA SELECCIONAR EL MÉTODO DE EVALUACIÓN DE RIESGO

Cada actividad en la industria, en una organización, instalación o en un proceso, tendrá objetivos y necesidades particulares en el momento que se realice el estudio de evaluación de riesgo. Cada método de evaluación de riesgo tiene sus ventajas y desventajas, su fuerza y su debilidad.

Es muy importante, antes de iniciar el estudio de riesgo, el poder determinar la situación real de cada uno de los factores que influyen en la selección del método de análisis más adecuado para realizar el estudio.

Los factores que influyen en la selección son: el motivo del estudio, el tipo de resultados esperados, el tipo de información disponible, las características del problema, el riesgo percibido y la experiencia en el proceso, los recursos disponibles y las preferencias en alguna técnica variarán en grado de importancia, en función de las circunstancias en que cada técnica de evaluación de riesgo se aplique.

Es por ello que se ha construido un diagrama (ilustrado en la fig. 2) en el cual se sigue un proceso de toma de decisiones y en el que se sugiere un orden lógico para considerar todos estos factores que ayudarán a "fotografiar" la situación actual de la industria o proceso a evaluar, así como también ayudará a definir los objetivos y las necesidades que se persiguen al realizar el estudio de riesgo.

Definitivamente los factores que involucran motivación y tipos de resultados deben ser los más importantes para cada organización. Estos factores satisfacen la necesidad de tener un mayor entendimiento del riesgo, lo cuál posiblemente ayude a una más rápida autorización para un estudio de evaluación de riesgo.

La información disponible, las características del problema y la percepción del riesgo pueden variar en grado de importancia al compararse unos con otros, dependiendo de la cultura del que dirige la organización y de las instalaciones.

La cantidad de recursos necesarios para apoyar a un grupo de personas para un estudio de análisis de riesgo debe ser el último factor a considerar en la selección de la técnica, aunque esto debe ser juiciosamente utilizado para seleccionar entre las alternativas de análisis

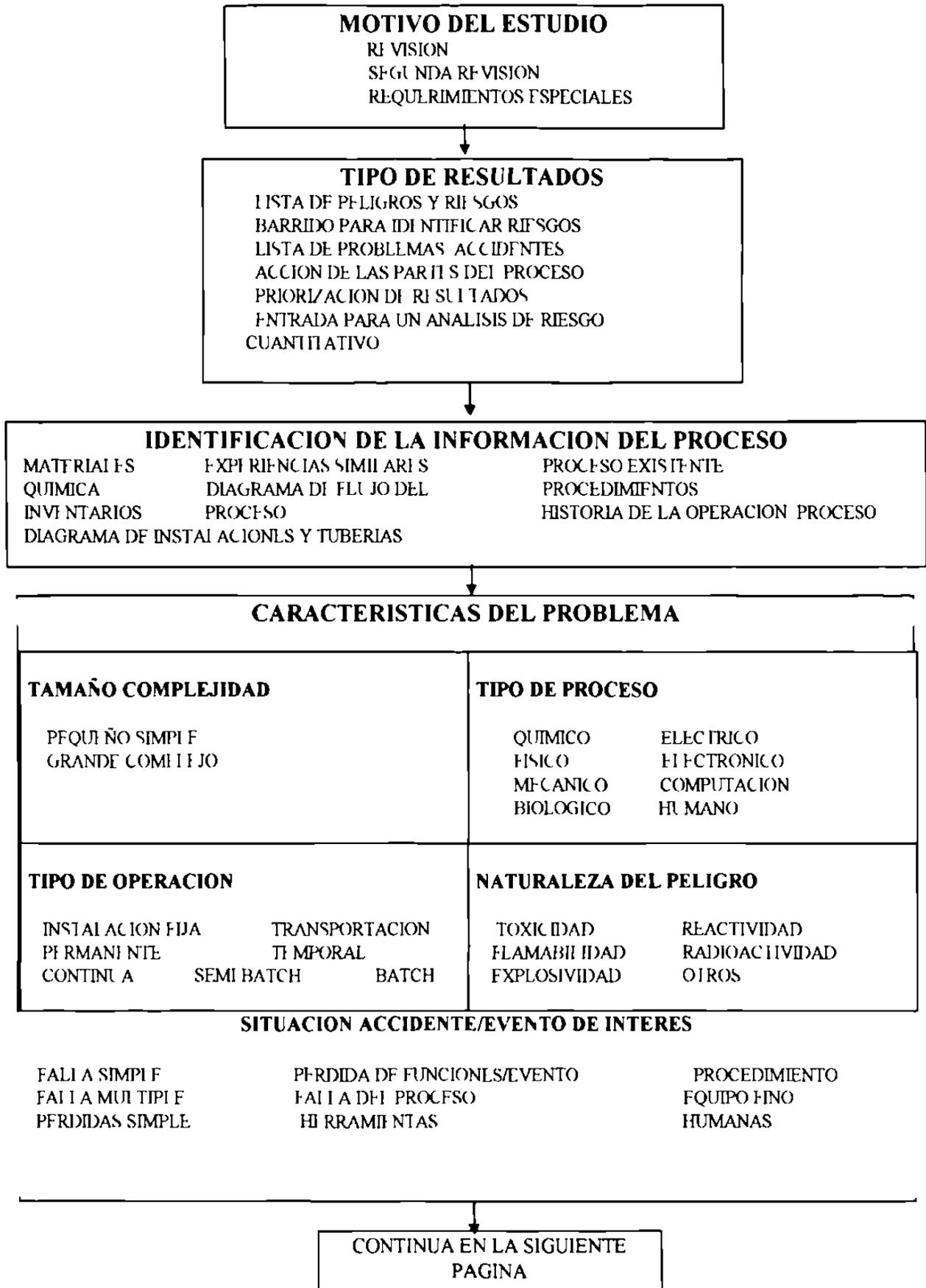


Figura 2. Diagrama del proceso de toma de decisiones

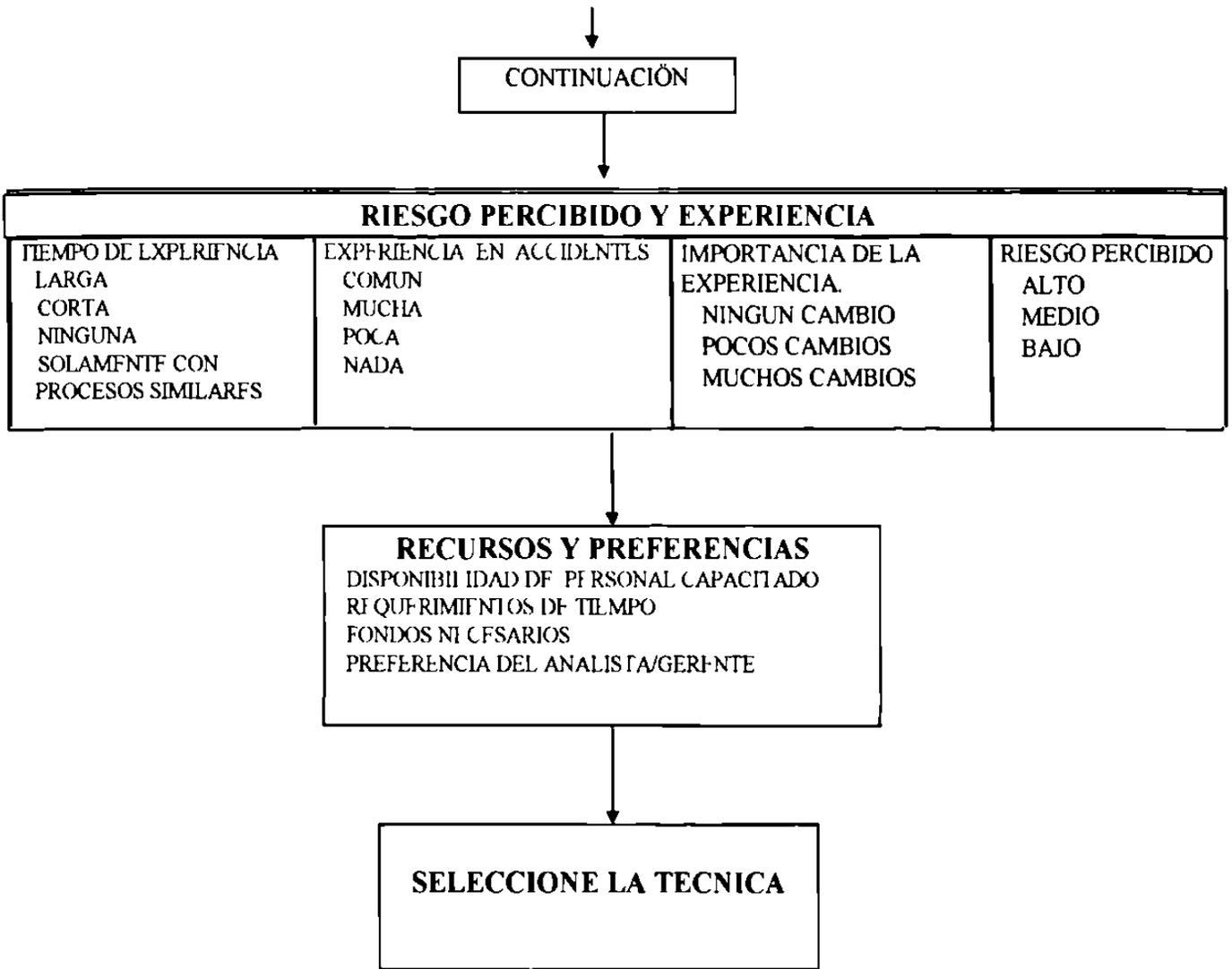


Figura 2. Continuación del diagrama del proceso de toma de decisiones

5.1 Propuesta del Criterio de Selección

Aunque es difícil desarrollar una guía lógica de decisión universalmente aplicable para todas las industrias o instalaciones es conveniente ilustrar el proceso para la selección de las técnicas de evaluación de riesgo que uno pudiera utilizar como apoyo

La figura 3 presenta un diagrama de flujo detallado que las organizaciones pueden utilizar en dos formas diferentes:

- Para seleccionar directamente la técnica de evaluación de riesgo.
- Para ayudar a desarrollar su propia filosofía y guía interna con respecto al uso de las técnicas de evaluación de riesgo.

Se utilizan las siguientes abreviaciones para las técnicas de evaluación de riesgo, (en paréntesis) en los diagramas de flujo que a continuación se presentan:

*Revisión de Seguridad (RS)	*Análisis de Riesgos y Operatividad (ARO)
*Análisis con Lista de Verificación(LV)	*Análisis Modos de Falla y Efectos(AMFE)
*A. de Rango Relativo (RR)	*Análisis de Arbol de Eventos (AE)
*A. Preliminar de Riesgo (APR)	*Análisis de Arbol de Fallas (AF)
*A Probabilidad Condicionada (APC)	*Análisis de Causa-Consecuencia (ACC)
*A Probabilidad Condicionada/ Lista de Verificación (APC/LV)	*Análisis de Error Humano (AEH)

Los diagramas de flujo "A" , "B", "C", se proponen para tres diferentes tipos de resultados:

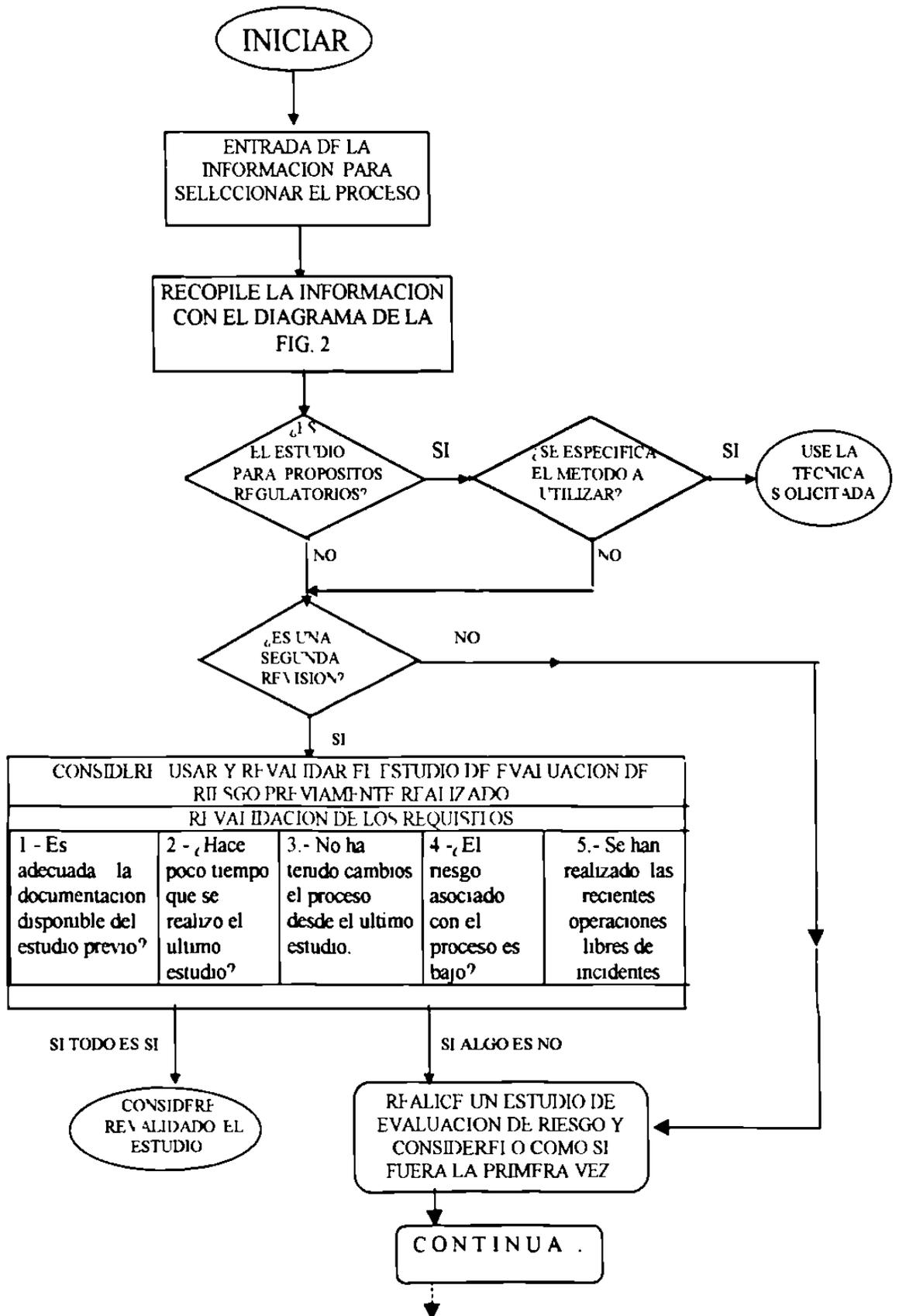
- Cuando se quiere realizar un barrido grueso del sistema (sin detalle fino) y al final se requiera obtener una lista general de riesgos.

- Cuando se quiere hacer una revisión o verificación del sistema y obtener una lista de alternativas para mejorar la seguridad.

- Cuando se quiere realizar una revisión a detalle del sistema para obtener una lista de situaciones específicas de accidentes y una lista de alternativas para mejorar la seguridad.

Estos diagramas podrán seguirse siempre y cuando no se haya definido de antemano por algún organismo regulador el método a utilizar para el estudio de riesgo o que se haya revalidado algún estudio de evaluación de riesgo previamente realizado.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA SELECCIONAR UNA TECNICA DE EVALUACION DE RIESGO.



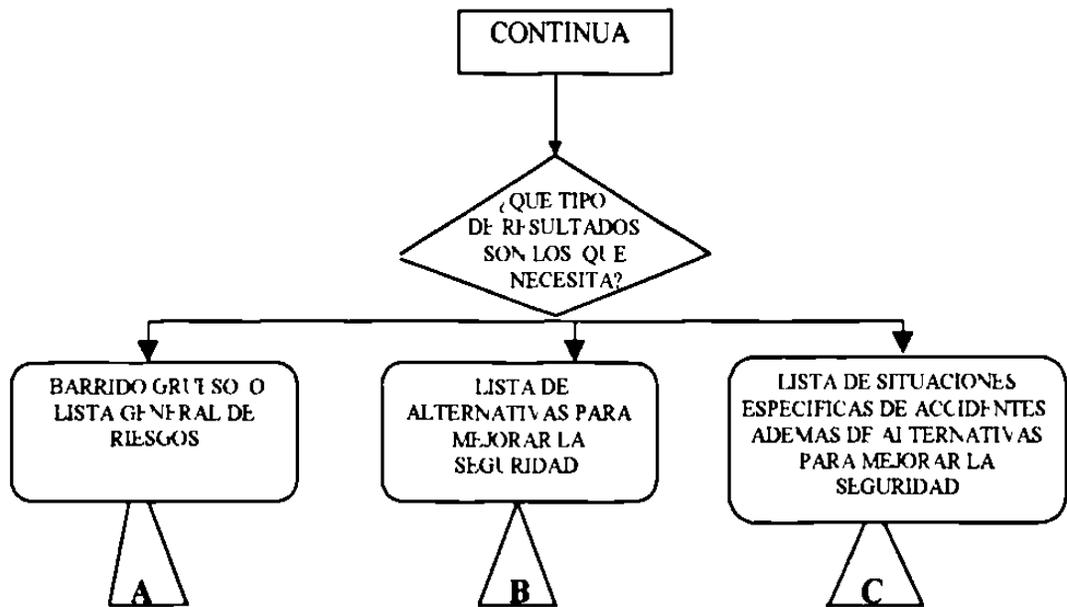


Figura 3 Diagrama para seleccionar una tecnica de Evaluación de Riesgo

5.1.1 Diagrama de Flujo "A" para Obtener una Lista General de Riesgos.

Se propone para realizar un barrido grueso del sistema en donde al final se obtenga una lista general de riesgos.

Los métodos a utilizar para lograr este objetivo pueden ser:

- **Revisión de Seguridad o Listado de Verificación**, cuando exista experiencia del proceso.
- **Análisis de Probabilidad Condicionada** o la combinación de **Análisis de Probabilidad Condicionada/ Lista de Verificación**, cuando no haya experiencia en el proceso
- **Análisis de Rango Relativo o Análisis Preliminar de Riesgo**, cuando se requiera clasificar las áreas del proceso.

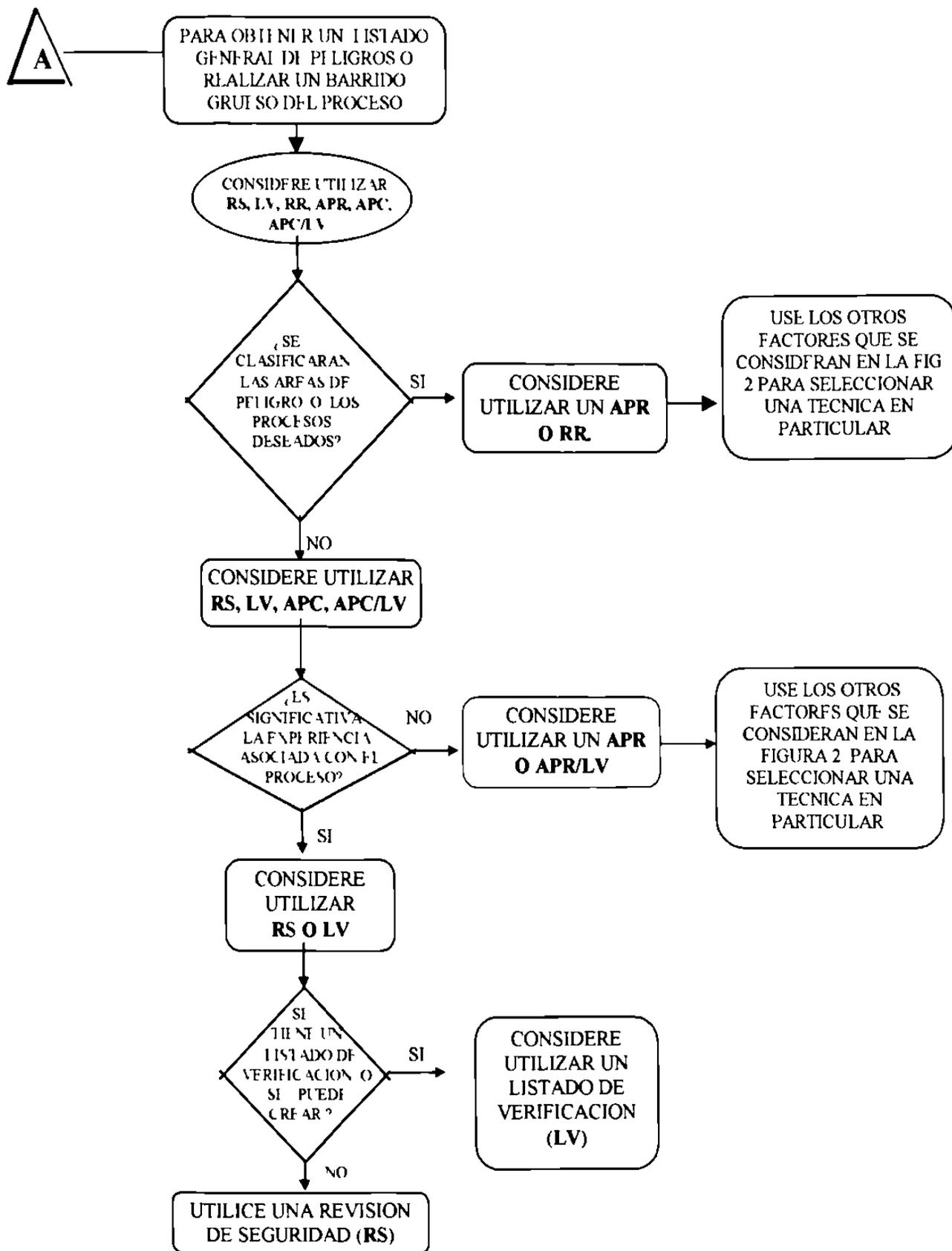


Figura 4. Diagrama "A" para obtener una Lista General de Riesgos

5.1..2 Diagrama de Flujo "B" para obtener una lista de alternativas para mejorar la seguridad

Se propone para realizar una revisión o verificación del sistema y obtener una lista de alternativas para mejorar la seguridad.

Los métodos a utilizar para éste requerimiento son:

- **Revisión de Seguridad**, cuando hay experiencia en el proceso y está en operación.
- **Lista de Verificación**, cuando hay experiencia en el proceso pero no está en operación.

Análisis Preliminar de Riesgo, Análisis de Probabilidad Condicionada o la combinación de **Análisis de Probabilidad Condicionada con Lista de Verificación**, cuando no haya experiencia en el proceso.

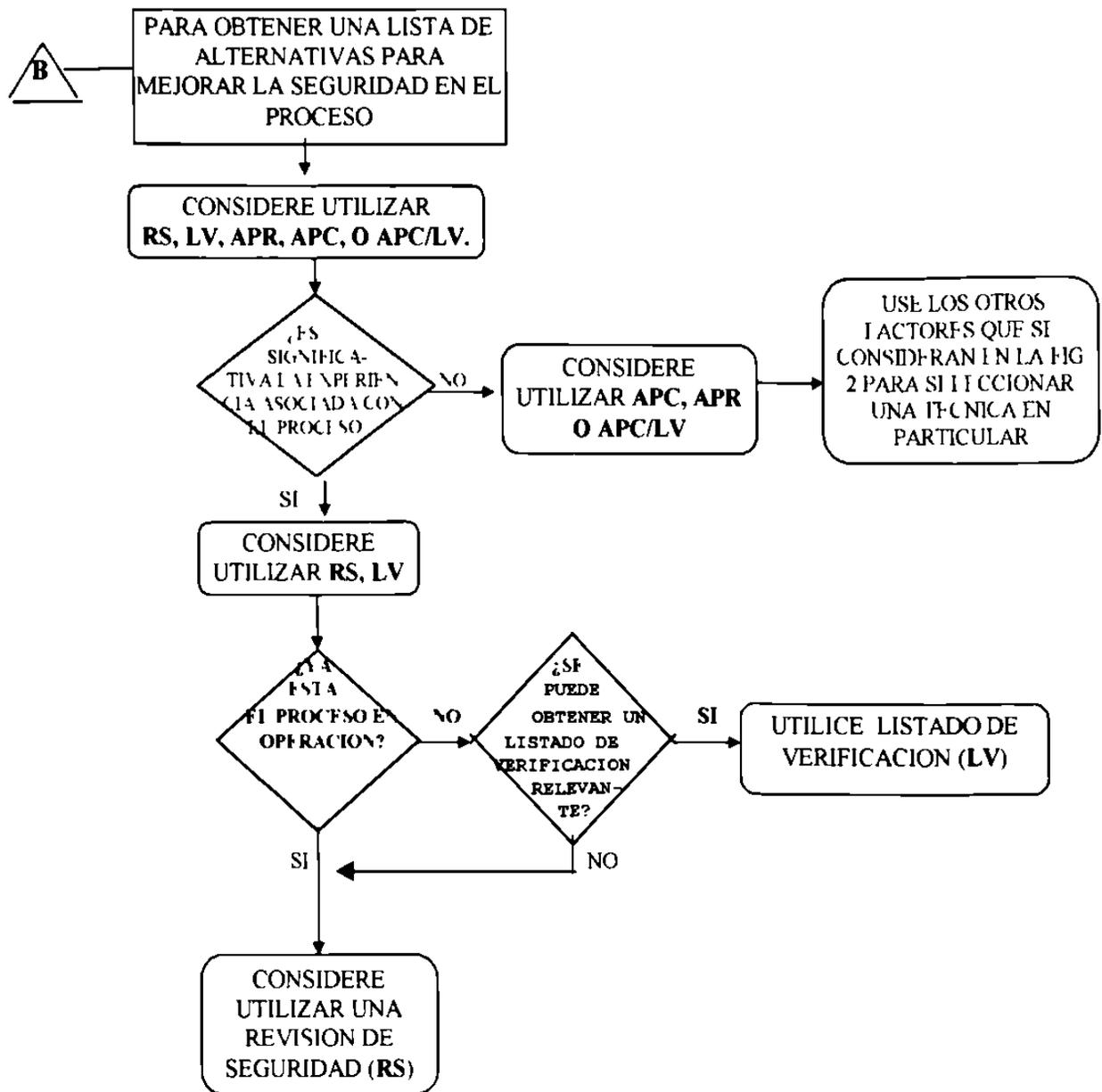


Figura 5. Diagrama "B" para obtener una Lista de Alternativas para mejorar la Seguridad.

5.1.3 Diagrama de Flujo "C" para obtener una lista de situaciones específicas de accidentes y una lista de alternativas para mejorar la seguridad.

Se propone para realizar una revisión a detalle del sistema para obtener una lista de situaciones específicas de accidentes y una lista de alternativas para mejorar la seguridad.

Los métodos que se pueden utilizar para lograr este objetivo son:

Análisis de Probabilidad Condicionada

Análisis Preliminar de Riesgo

Análisis de Probabilidad Condicionada/ Lista de Verificación

Análisis de Riesgos y Operatividad

Análisis de Modos de Falla y Efectos

Análisis de Arbol de Fallas

Análisis de Arbol de Eventos

Análisis de Causa - Consecuencia

Análisis de Error Humano,

Estos métodos se pueden usar cuando los resultados no vayan a emplearse para iniciar un análisis de riesgo cuantitativo.

En el caso de utilizar los resultados para un Análisis de Riesgo Cuantitativo, que es un procedimiento formal y riguroso para calcular el riesgo y evaluar su aceptabilidad, (23) y si el proceso a analizar está operando, los procedimientos están disponibles y

los errores humanos son los de mayor interés a detectar en el proceso se recomienda utilizar el método de **Análisis de Error Humano**. Si no son los errores humanos los de mayor interés para detectar en el proceso y se tiene la información de diseño disponible, se recomienda utilizar las siguientes técnicas: **Análisis de Riesgos y Operatividad, Análisis de Modos de Falla y Efectos, Arbol de Falla o Arbol de Eventos.**

Cuando el proceso no esté en operación, y los procedimientos y la información de diseño no estén disponibles se debe primero de recopilar esta información antes de llevar a cabo el estudio de Evaluación de Riesgo.

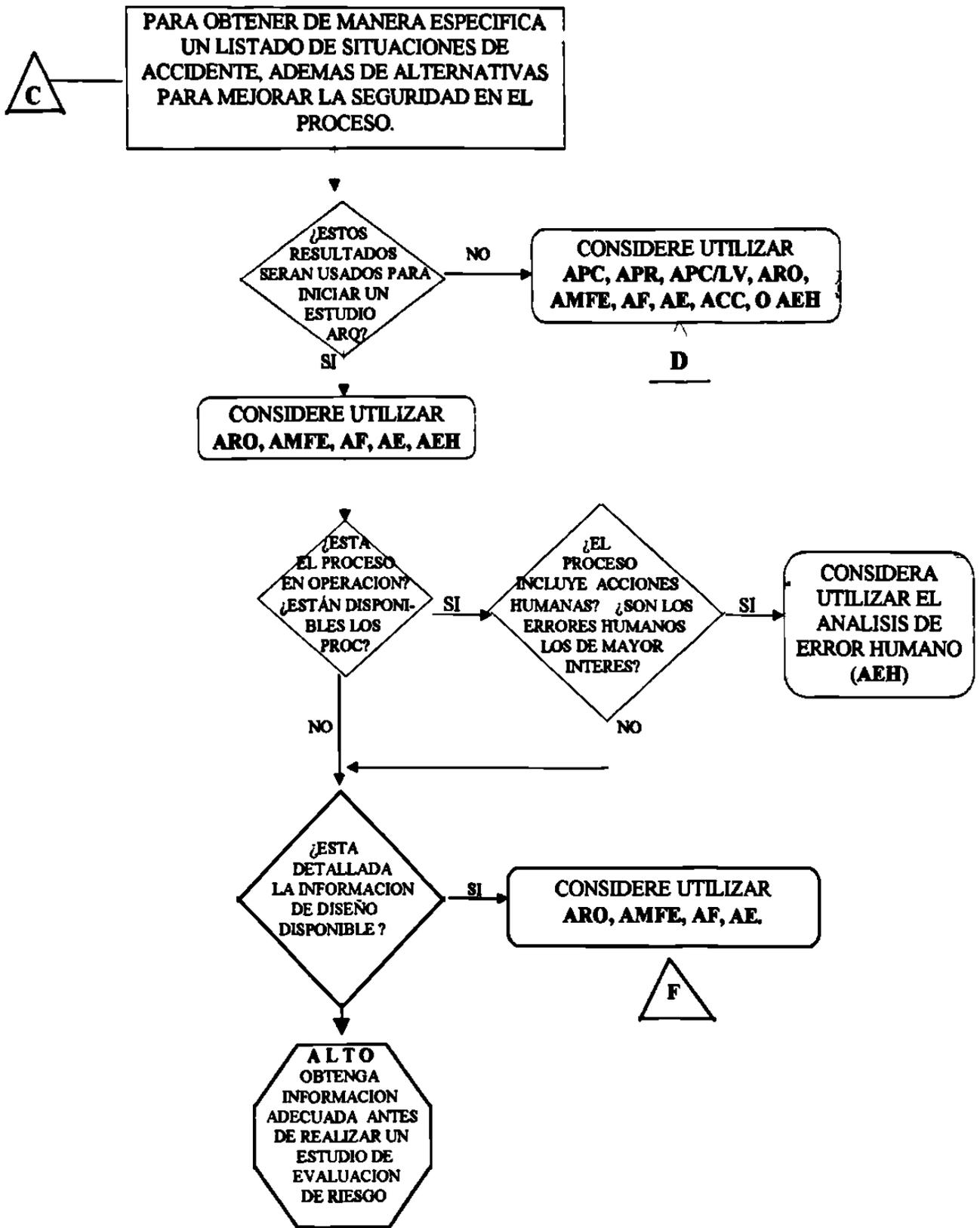


Figura 6. Diagrama "C" para obtener una Lista de Situaciones Específicas de Accidentes y Alternativas para mejorar la Seguridad.

5.1.4. Diagrama de Flujo "D" para obtener lista de accidentes y alternativas para mejorar la seguridad sin llegar a realizar una evaluación cuantitativa de riesgo

Este diagrama se aplica cuando se quiere realizar una revisión del sistema a detalle para obtener una lista de situaciones específicas de accidentes y una lista de alternativas para mejorar la seguridad pero sin llegar a realizar una evaluación cuantitativa de riesgo.

Análisis de Error Humano: Se recomienda su aplicación, cuando el proceso de operación está funcionando, los procedimientos están disponibles y son los errores humanos los de mayor interés en el estudio, aunque no sea cuantitativo.

Los siguientes métodos:

Análisis de Probabilidad Condicionada

Análisis Preliminar de Riesgo

Análisis de Probabilidad Condicionada / Lista de Verificación

Análisis de Riesgo y Operatividad

Análisis de Modos de Falla y Efectos

Análisis de Arbol de Falla

Análisis de Arbol de Eventos

Análisis de Causa - Consecuencia

se recomiendan sean utilizados, cuando el proceso funcione, los procedimientos estén disponibles y no incluya acciones humanas; o en el caso en que el proceso no funcione, los procedimientos no estén disponibles pero sí se cuente con información de diseño en forma detallada.

Se recomienda de forma más específica a los métodos de

Análisis de Probabilidad Condicionada

Análisis Preliminar de Riesgo

Análisis de Probabilidad Condicionada/ Lista de Verificación

cuando se tengan las siguientes condiciones: si el proceso no está en operación, los procedimientos no están disponibles, la información de diseño no está detallada pero sí se cuenta con la información del proceso base.

En este diagrama se puede observar que cuando el proceso a evaluar no se encuentra en operación, los procedimientos no están disponibles, la información de diseño no es detallada y no se tiene la información del proceso base, se debe obtener la información adecuada antes de realizar un estudio de evaluación de riesgo.

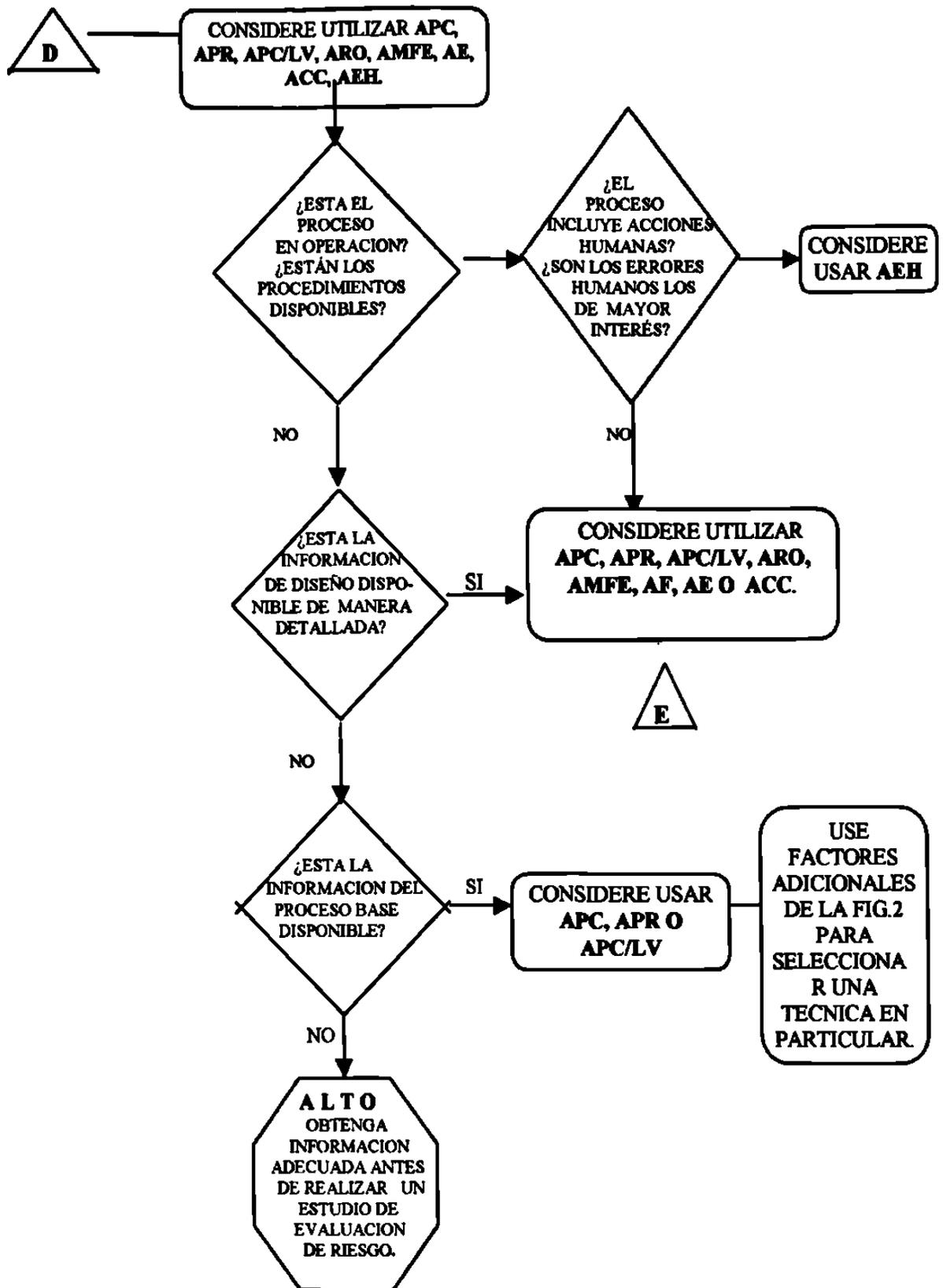


Figura 7. Diagrama "D" para obtener una Lista de Accidentes y Alternativas para mejorar la Seguridad, sin llegar a realizar una evaluación cuantitativa.

5.1.5. Diagrama de Flujo " E" que ayuda a identificar el tipo de falla que origina un accidente.

Se aplica cuando se quiere obtener una revisión a detalle del proceso con una lista específica de accidentes y una lista de alternativas para mejorar la seguridad, pero sin llegar a realizar una evaluación cuantitativa de riesgo con las siguientes condiciones en el proceso: cuando el proceso se encuentre o no funcionando, los procedimientos estén o no disponibles, se cuente con información de diseño detallada y no se incluyan acciones humanas en el proceso. Este diagrama nos ayuda a identificar el tipo de falla que está originando un accidente.

Si los accidentes son originados por falla simple con alto riesgo se recomienda utilizar:

Análisis de Probabilidad Condicionada / Lista de Verificación

Análisis de Modos de Falla y Efectos

Análisis de Riesgo y Operatividad

Si se tiene el caso de falla simple con bajo riesgo, se recomienda utilizar:

Análisis de Probabilidad Condicionada

Análisis Preliminar de Riesgo

Si se determina que el proceso es de alto riesgo y el sistema es eléctrico o mecánico se sugiere aplicar:

Análisis de Modos de Falla y Efectos

Si el proceso es de alto riesgo y no es sistema eléctrico ni mecánico, se puede aplicar:

Análisis de Probabilidad Condicionada/ Lista de Verificación

Análisis de Riesgo y Operatividad

Si los accidentes son originados por falla múltiple y se tiene un proceso pequeño y simple se utiliza el método de **Análisis de Causa - Consecuencia**

En el caso de tener accidentes ocasionados por falla múltiple en procesos grandes y complejos, y no se requiera una lista exhaustiva de los modos de falla, se puede utilizar:

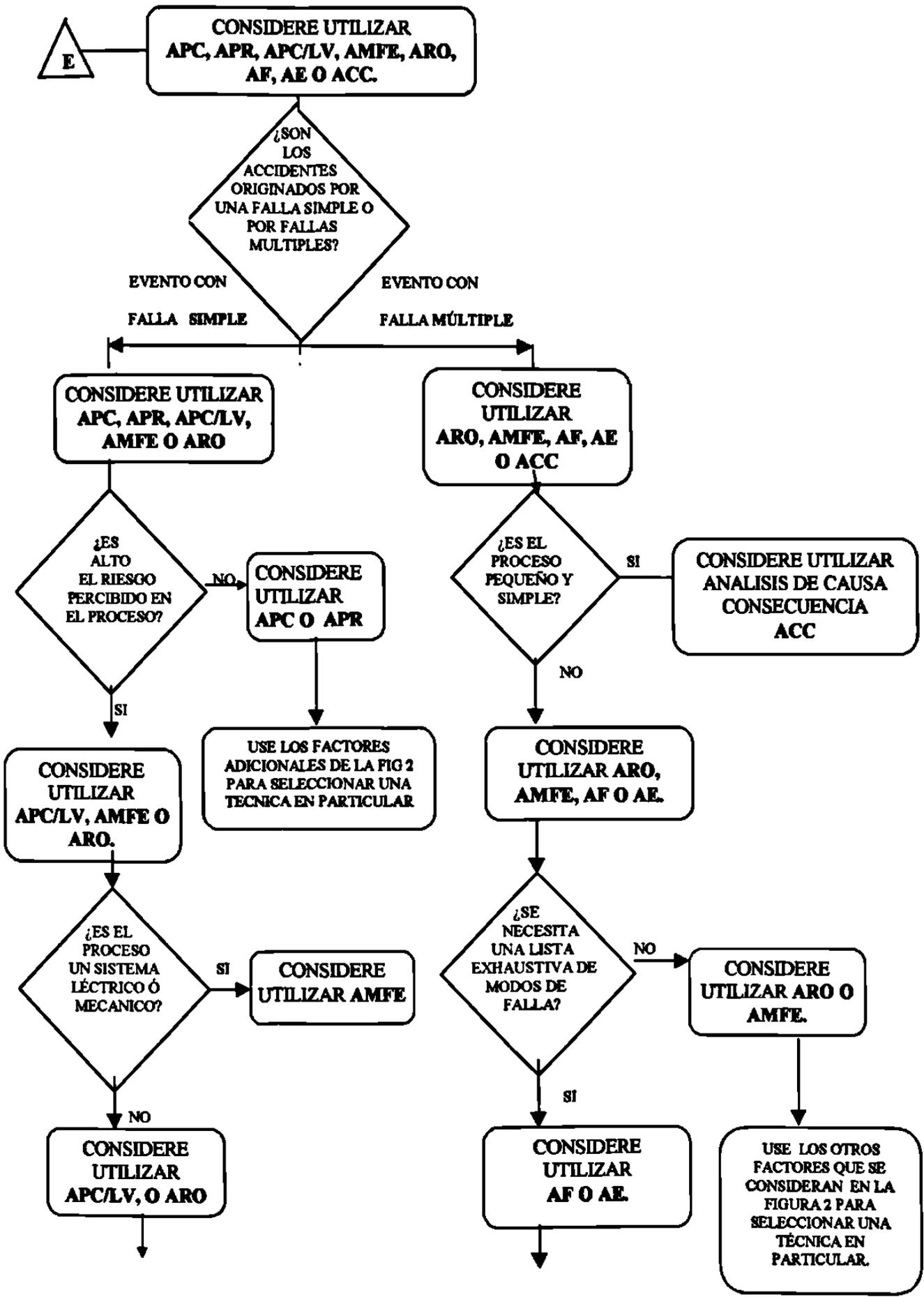
Análisis de Riesgo y Operatividad

Análisis de Modos de Falla y Efectos

Por el contrario en el caso de accidentes ocasionados por falla múltiple en procesos grandes y complejos donde sí se requiere una lista exhaustiva de modos de falla, se recomienda utilizar:

Análisis de Arbol de Falla

Análisis de Arbol de Eventos



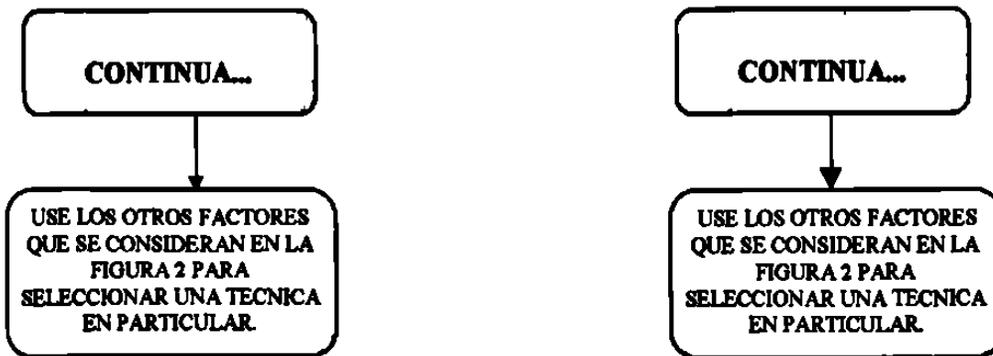


Figura 8. Diagrama "E" para Identificar el Tipo de Falla que origina el Accidente

5.1.6 Diagrama de Flujo "F" para utilizar los resultados en un Estudio de Riesgo Cuantitativo.

Si se requiere una lista de situaciones de accidentes de manera específica y alternativas para mejorar la seguridad en el proceso y además se necesitan los resultados para iniciar un Estudio de Riesgo Cuantitativo, se recomienda la aplicación de este diagrama de flujo.

El **Análisis de Error Humano** se sugiere en caso de que el proceso esté en operación, estén disponibles los procedimientos, los errores humanos son los de mayor interés y el proceso incluye acciones humanas.

El **Análisis de Riesgo y Operatividad, Análisis de Modos de Falla y Efectos, Análisis de Arbol de Falla, Arbol de Eventos** se recomienda utilizar cuando el

proceso a analizar no se encuentra en operación, no están disponibles los procedimientos, pero sí se tiene de manera detallada la información de diseño.

Si los accidentes son ocasionados por fallas simples en un sistema mecánico o eléctrico se recomienda utilizar el **Análisis de Modos de Falla y Efectos**, en caso de que el sistema no sea ni mecánico ni eléctrico, se recomienda utilizar un **Análisis de Riesgo y Operatividad**.

Si el accidente es ocasionado por falla múltiple utilice el **Análisis Arbol de Falla** o el **Análisis Arbol de Evento**.

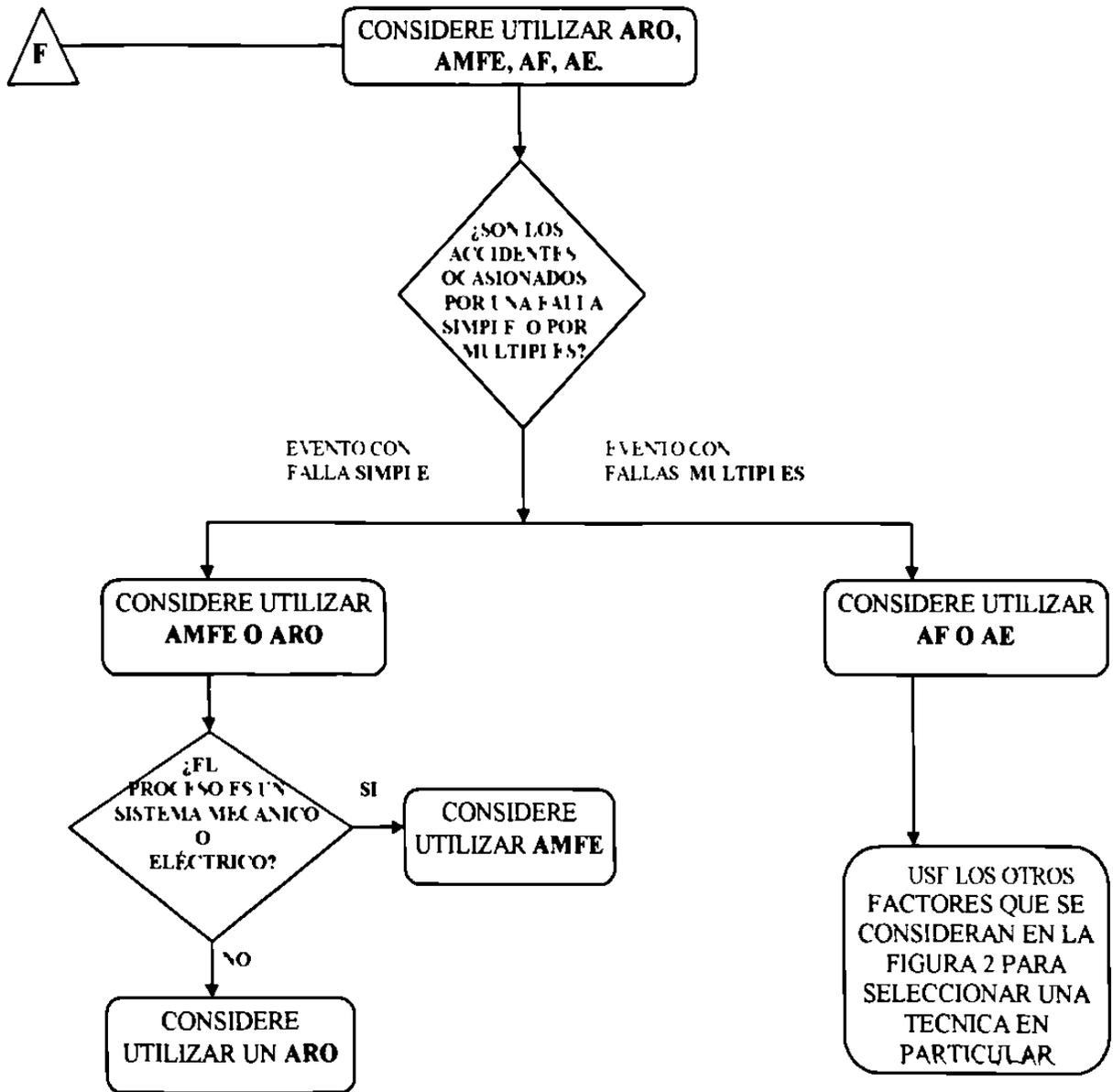


Figura 9. Diagrama "F" para utilizar los resultados en un estudio Cuantitativo de Riesgo

CAPITULO 6

PROCEDIMIENTO PARA LA PRESENTACION DE UN ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

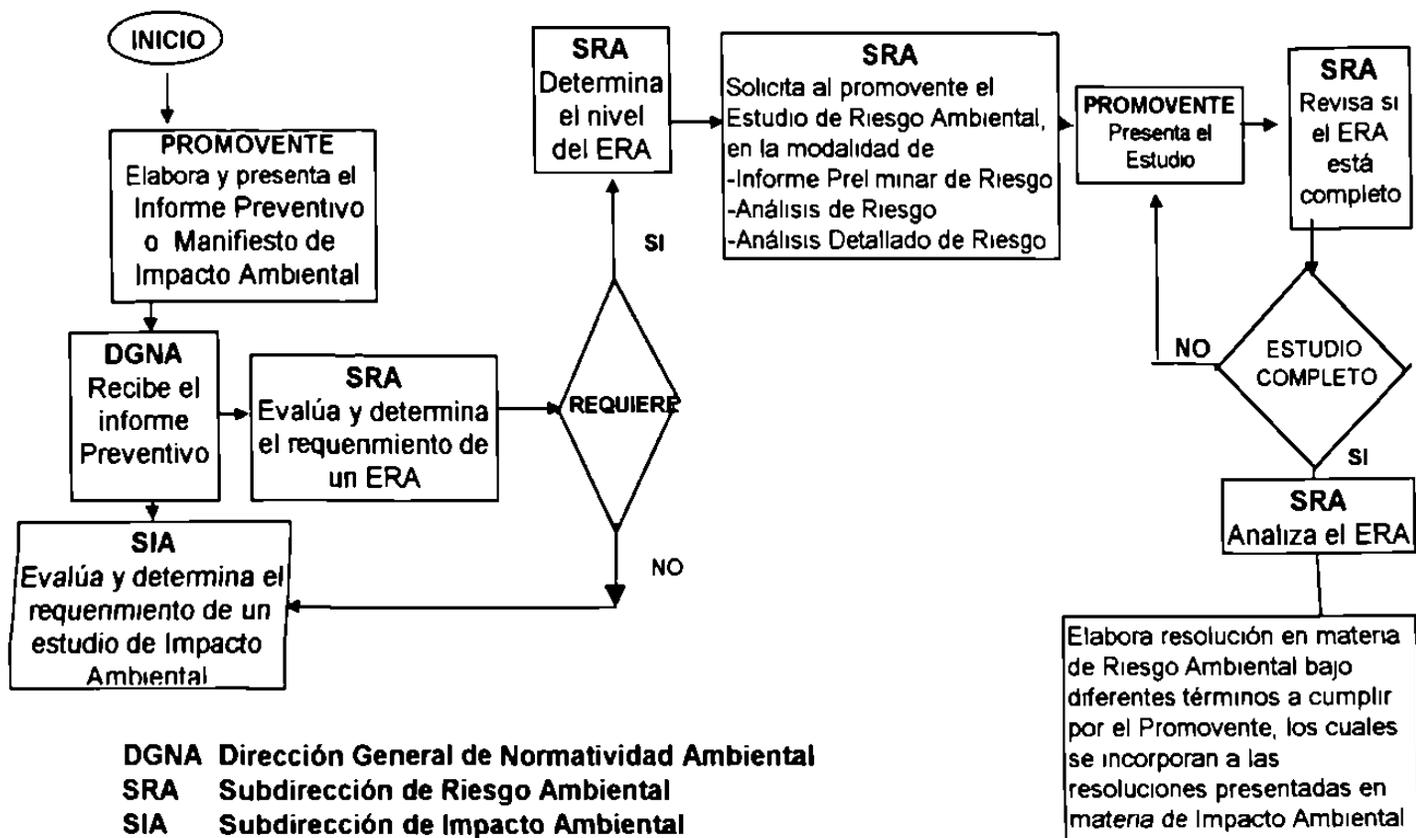
6 1 Estudio de Riesgo Ambiental

Para evaluar el Riesgo de una actividad industrial o comercial el Instituto Nacional de Ecología (INE), a través de la Dirección General de Normatividad Ambiental (DGNA), solicita mediante el procedimiento de evaluación del Impacto Ambiental la presentación de un Estudio de Riesgo Ambiental **(ERA)** (17)

Con base en el análisis de las acciones proyectadas para el desarrollo de una obra o actividad, el INE da a conocer los riesgos que dichas obras o actividades pueden representar para el equilibrio ecológico o el ambiente, así como las medidas técnicas de seguridad, preventivas o correctivas en orden a evitar, mitigar, minimizar o controlar los efectos adversos a el equilibrio

ecológico en caso de un posible accidente, durante la ejecución u operación normal de la obra o actividad de que se trate.

El procedimiento que se sigue para la presentación de un estudio de riesgo ambiental se observa en la figura 10:



- DGNA** Dirección General de Normatividad Ambiental
- SRA** Subdirección de Riesgo Ambiental
- SIA** Subdirección de Impacto Ambiental
- ERA** Estudio de Riesgo Ambiental
- MIA** Manifiesto de Impacto Ambiental

Fuente: Dirección General de Investigación y Desarrollo Tecnológico, INE, SEDESOL, 1994.

Figura 10. Procedimiento que se sigue para la presentación de un estudio de Riesgo Ambiental

6.2 Modalidades Existentes para un estudio de Riesgo Ambiental

En función de la etapa o fase del proyecto que se va a evaluar se establece el nivel de información que el proponente debe presentar ante la Subdirección de Riesgo Ambiental; existen 3 modalidades: Informe Preliminar de Riesgo, Análisis de Riesgo y Análisis Detallado de Riesgo.

6.2.1 Informe Preliminar de Riesgo

Esta modalidad es aplicable en el caso de que dadas las características del proyecto se pudiera catalogar como de bajo riesgo.

Este informe tiene como objetivo el recopilar la información suficiente para identificar y evaluar las actividades riesgosas en cada una de las fases del proyecto, para incorporar con esto las medidas de seguridad que ayuden a evitar o minimizar los efectos potenciales que pudieran afectar el entorno, en caso de accidente.

La guía para la elaboración del informe preliminar de riesgo abarca 4 incisos que son los siguientes:

I.- Datos Generales

II.- Descripción General del Plan o Proyecto

III.- Aspectos del Medio Natural y Socioeconómico

IV.- Integración del Proyecto a las Políticas Marcadas en el Plan Nacional de Desarrollo.

6.2.2 Análisis de Riesgo

Esta modalidad es requerida cuando debido a las características del proyecto se identifica como de riesgo moderado y se desea obtener una información más precisa y extensa, para incorporar con esto las medidas de seguridad que ayuden a evitar o minimizar los efectos potenciales que pudieran dañar el entorno, en caso de accidente

La guía para la elaboración del Análisis de Riesgo abarca los siguientes cinco incisos:

I.- Datos Generales

II.- Descripción General del Plan o Proyecto

III.- Aspectos del Medio Natural y Socioeconómico

IV.- Integración del Proyecto a las Políticas Marcadas en el Plan Nacional de Desarrollo.

V.- Riesgo Ambiental

6.2.3 Análisis Detallado de Riesgo

Esta modalidad es aplicable en el caso de que, dadas las características del proyecto, se pudiera catalogar como de alto riesgo.

Este informe tiene como objetivo el recopilar toda la información detallada para identificar y evaluar las actividades riesgosas en cada una de las fases del proyecto y, con el apoyo de métodos sofisticados utilizados para la evaluación de riesgo, determinar las posibles repercusiones que tendría una instalación de alto riesgo, además de incorporar las medidas de seguridad que ayuden a evitar o minimizar los efectos potenciales que pudieran afectar el entorno en caso de accidente.

La guía para la elaboración del Análisis Detallado de Riesgo abarca los siguientes seis incisos:

I.- Datos Generales

II.- Descripción General del Plan o Proyecto

III.- Aspectos del Medio Natural y Socioeconómico

IV.- Integración del Proyecto a las Políticas Marcadas en el Plan Nacional de Desarrollo.

V.- Análisis y Evaluación de Riesgo

VI.- Auditorías de Seguridad

En los apéndices A, B y C se encuentran las guías que el INE proporciona para cada una de las modalidades.

CAPITULO 7

Procedimiento para Realizar un Estudio de Riesgo Ambiental en Empresas ya Instaladas

En el capítulo anterior se presentó el procedimiento que se sigue para la presentación de un estudio de Riesgo Ambiental cuando la instalación de alguna industria está en proyecto pero, ¿qué procedimiento se sigue en el caso de empresas con varios años de funcionamiento que desean conocer el nivel de riesgo que representan sus instalaciones para la población?

A continuación se presentan los pasos que se siguen para tratar de realizar una evaluación de riesgo lo más eficiente y precisa posible (24)

7.1 Información Requerida

El consultor al momento de ponerse en contacto con la empresa contratante debe definir con la gerencia administrativa qué tipo de análisis es el que su empresa necesita. Si es una auditoría cualitativa de seguridad, una evaluación de riesgo semi- cuantitativo o una evaluación de riesgo cuantitativo;

cada uno de estos análisis abarcará un nivel diferente de profundización con respecto al riesgo detectado.

Para tener una idea del contenido de cada estudio a continuación se presenta un desglose de los puntos a cubrir en cada tipo de estudio.

7.1 1 Auditoría Cualitativa de la Seguridad

Los puntos que abarca este tipo de estudio son:

- a) Recopilación de la información de fondo
- b) Inspección del equipo de seguridad
- c) Revisión de documentos
- d) Preparación de reporte

7.1.1.1 Recopilación de la información de fondo

Para la recopilación de la información de fondo se estima en promedio un tiempo de 5 días. Se observarán todas las operaciones de transporte, transferencia, manejo, procesado y almacenamiento de todas las materias primas, productos, desechos y combustibles.

Es recomendable efectuar por lo menos una visita durante la noche y realizar entrevistas con personal clave del departamento de seguridad y de otros departamentos que controlan operaciones tales como producción,

ingeniería, mantenimiento, personal, capacitación, etc., para llegar a entender a fondo las interacciones, relaciones y deberes asignados a cada departamento, su compromiso y contribución a la seguridad y el grado de coordinación entre los departamentos.

Se realiza un inventario de las cantidades normales y máximas de los materiales inflamables, tóxicos y corrosivos presentes en la planta y se identifican los materiales peligrosos presentes en las instalaciones vecinas, las cuales en caso de derrame pudieran causar una interrupción en las operaciones de la planta.

Se revisan las condiciones físicas y la antigüedad del equipo clave del proceso (bombas, reactores, tanques de almacenamiento, ciclones, silos, líneas de transferencia neumática, sistemas de tubería y registro de los instrumentos).

7 1.1.2 Inspección del equipo de seguridad

El tipo de equipo que se evalúa son:

- Detectores de fugas de gas o fuego
- Sistemas de alarma
- Sistemas de control y eliminación de fuego
- Agentes proveedores de agua y extinguidores
- Equipo de protección personal.

-También es recomendable evaluar la seguridad general de las instalaciones contra accesos no autorizados.

7.1.1.3 Revisión de documentos

Se recopilan y revisan los procedimientos de operación de seguridad "Safety Operation Procedures" (SOP) que se siguen al efectuar operaciones riesgosas tales como transferencia y procesamiento de tóxicos, materiales inflamables, reactivos, químicos corrosivos y desechos.

Se verifican los procedimientos de mantenimiento para dar respuesta a fallas inesperadas como en el caso de una bomba, fuga de un empaque, fisura de un molde, falla de un instrumento, etc.

Se recopilan y verifican programas de mantenimiento preventivo y de diagnóstico para los equipos e instrumentos.

Esto incluye la frecuencia en el programa y los procedimientos para verificar el funcionamiento de los equipos en el proceso: bombas, válvulas de seguridad, filtros, ciclones, sistemas de destilación, temperatura y control de presión, registro de los equipos, evaluación integral del sistema tanque y tubería, pruebas de fugas de gas y detección de fuego y sistemas de alarma, sistemas de extinguidores de fuego portátiles y fijos, fuentes de poder auxiliares, certificaciones de los vehículos de transporte de material peligroso, etc.

Se recopilan los programas de entrenamiento del operador, iniciando con programas para nuevos empleados, también como programas de reentrenamiento para elevar el nivel de conocimiento de los empleados.

Se revisan las prácticas sobre la administración de la seguridad y programas sobre el conocimiento de la seguridad incluyendo el contenido y la frecuencia de las campañas de seguridad, entrenamiento de seguridad y una evaluación post-entrenamiento.

Se recopilan y revisan los reportes de accidentes e investigación de procedimientos, los registros de accidentes y las pérdidas registradas en los últimos 5 años

Se revisan los procedimientos de respuesta a emergencias, frecuencia de prácticas, entrenamiento, planes para coordinarse con la comunidad, con el departamento local de bomberos, hospitales, Guardia Nacional, otras brigadas de bomberos de otras industrias (plan de ayuda mutua), etc.

Al final de la visita, se programa una junta con los miembros del personal para clarificar alguna pregunta remanente y, lo más importante, se trata de establecer una serie de escenarios con accidentes catastróficos creíbles. Se puede pedir una opinión anticipada del personal de planta a cada escenario de accidente.

7 1.1 4 Preparación del reporte

Para la preparación del reporte se siguen los siguientes pasos:

Se analizan los datos recopilados

Se revisan los archivos históricos sobre accidentes y se comparan con instalaciones de procesos similares o con plantas que manejan químicos similares. Puede ser útil para este paso consultar los siguientes documentos: Accidentes históricos recolectados por la Organización United Kingdom Atomic Energy Authority a través de un sistema computarizado llamado "Major Hazard Incident Data Service" (MHIDAS) (25) y la base de datos para Seguridad Industrial FACTS del TNO Institute.(26)

Se identifica la lista de mayores posibilidades de que accidentes catastróficos creíbles pudieran ocurrir en las instalaciones y se evalúa la preparación del personal para enfrentarlos.

Todas las operaciones y el diseño de las instalaciones deben ser revisados y comparados con estándares nacionales bien establecidos, prácticas de ingeniería aceptables y procedimientos de operación empleados por otras compañías químicas.

Una atención particular debe darse por parte de los miembros del grupo a los eventos de mayor potencial que pudieran ocasionar más de un daño o fatalidad y verificar si el plan de respuesta a emergencias funcionará exitosamente.

El grupo que realiza el estudio de riesgo recomendará, si es necesario, algunas modificaciones al plan de emergencia vigente o ayudará a

desarrollar uno nuevo para responder exitosamente con todos los escenarios de posibles accidentes que han sido identificados.

El evaluador preparará un reporte final resumiendo lo que encontró y sus recomendaciones. Si es posible se justifican los hallazgos y las recomendaciones con fundamento en la literatura y se anexan al reporte.

7.1.2 Evaluación de Riesgo Semi- Cuantitativo

Una evaluación de riesgo semi-cuantitativo es un juicio formal aproximado que puede ser utilizado para evaluar accidentes con el fin de disminuir el riesgo y medir los beneficios del riesgo bajo la implantación de medidas de mitigación alternativas.

Este método obliga al juicio de evaluación de los índices de frecuencia y severidad para todos los accidentes identificados en la auditoría cualitativa de la seguridad.

7.1.2.1 Evaluación de los Niveles de Frecuencia y Severidad

El índice de frecuencia puede establecerse dentro de cierto intervalo, por ejemplo, entre un valor de:

1 Intervalo bajo Para un evento que se espera que ocurra con

una frecuencia de 1 vez en cada 1 000 años o más.

5 Intervalo alto Para un evento que puede ocurrir una vez al año.

De manera similar, la severidad puede ser asignada dentro de un intervalo con los siguientes valores:

1	Intervalo bajo	Para accidentes que pueden causar mínimo daño a la propiedad, a los empleados y ningún daño a la comunidad que los rodea.
5	Intervalo alto	Para accidentes que pueden dañar fatalmente a 1 o 2 empleados, o que requieren la evacuación de la comunidad cercana a la planta, o detener el tráfico de la avenida más cercana.

Debido a que el riesgo puede ser definido como el producto de la frecuencia por la severidad, el producto de los índices nos proporcionará una medida del nivel de riesgo presentado para cada accidente. Con este esquema de numeración los accidentes pueden tener un intervalo en los niveles de riesgo desde 1 hasta 25

El equipo responsable de realizar el estudio acordará con el gerente de planta de Seguridad los índices de frecuencia y severidad que son más

aplicables a esa Industria. En base a los resultados obtenidos se determinará junto con el gerente los índices de riesgo de las instalaciones que no sean aceptables y que requieran de una inmediata corrección, aquellas que necesitan corrección durante el próximo período y aquellas que no presentan una urgente necesidad de ser corregidas.

7 2.1.2 Clasificación de los índices de riesgo

Una vez que junto con el personal de planta se asignaron los índices de frecuencia y severidad para los accidentes identificados en la auditoría cualitativa de seguridad y se obtuvieron los índices de riesgo, éstos se clasifican en orden decreciente para identificar los accidentes con alto, medio y bajo nivel de riesgo.

Para los accidentes con alto nivel de riesgo se estimará la reducción en la frecuencia y/o en el índice de severidad al implementar las recomendaciones hechas en la auditoría cualitativa de seguridad.

En el caso de que existan varias alternativas factibles de mitigación se recomienda implementar la que presente mayor beneficio en costo.

7.2.1.3 Identificación de la Zona de Peligro

La zona de peligro es el área dentro de la cual lo más probable es que las personas sean lesionadas, la propiedad será dañada, o los cuerpos de agua serán contaminados.

Para cada escenario de accidente identificado la zona de peligro o "huella" tiene que ser calculada y para ello se utiliza el criterio de lesión y daño que también ha sido sugerido en varias publicaciones. Por ejemplo, para vapores tóxicos los valores guía para los planes de respuesta en caso de emergencia "Emergency Response Planning Guidelines" (ERPG3) recomendados por la Asociación de Higiene Industrial en América "American Industrial Hygiene Association" (AIHA) pueden ser usados si están disponibles. (27). También pueden ser utilizados los estándares de Daños Inmediatos a la Vida y a la Salud "Immediately Dangerous to Life and Health" (IDLH) publicados por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional "National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (28). En la Tabla 21 se observa una lista de sustancias químicas tóxicas que se manejan regularmente con sus niveles ERPG3 y IDLH

Tabla 21

Niveles ERPG3 y IDLH para algunas sustancias químicas seleccionadas

SUSTANCIA	ERPG3 (ppm)	IDLH (ppm)
Amoniaco	1000	500
Cloro	20	30
Cloruro de Hidrógeno	100	100
Fluoruro de Hidrógeno	50	30
Sulfuro de Hidrógeno	—	300

En el reporte final se identifica sobre un mapa del lugar la zona de peligro donde exista un alto nivel de riesgo de que se presenten accidentes y el área circundante.

7.1.3 Evaluación Cuantitativa del Riesgo

Ésta es la manera más clara y aproximada para evaluar el riesgo. Contrario al análisis semi-cuantitativo la evaluación del riesgo cuantitativo implica el cálculo de los valores absolutos de la frecuencia y la severidad de los accidentes

Para definirlo se siguen los siguientes pasos: clasificación del lugar, cuantificación del riesgo y evaluación del riesgo.

7.1.3.1 Clasificación del lugar

Para poder clasificar el lugar de manera conveniente es recomendable obtener una fotografía aérea con escala 1:10000 ó 1:5000 y un mapa topográfico y vial detallado del lugar y sus alrededores hasta una distancia de 3-4 Km

Se debe recopilar información acerca de la frecuencia de desastres naturales (terremotos, inundaciones, etc.) en el lugar, así como también información acerca del clima medido en la propia planta y la distribución de la

población alrededor de ella, ayudándose de una inspección directa y del censo regional. Es importante considerar las fluctuaciones poblacionales debido a los cambios en los patrones de ocupación entre el día y la noche; si solamente se necesita una respuesta rápida con aproximaciones generales se pueden utilizar valores promedio de densidad para cada sector direccional.

7.1.3.2 Cuantificación del Riesgo

Se evalúa el riesgo cuantitativo de las operaciones de la planta, estimando los valores absolutos de la frecuencia y severidad potencial de los escenarios de accidentes identificados en la auditoría cualitativa de seguridad.

La frecuencia se puede estimar en base a los datos registrados históricamente o a través de un análisis de árbol de fallas. Los datos para estimar la frecuencia de fallas del equipo y los índices de error humano pueden encontrarse en varias publicaciones (29), (30), (31), (32)., o en su defecto utilizar los criterios de ingeniería para estimar los índices de falla.

Si se utiliza un Análisis de Árbol de fallas, entonces ver la Figura 11 como ejemplo sobre un árbol de fallas para ruptura de manguera conectada a carro tanque de cloro y la Tabla 22 que nos muestra cómo las probabilidades asignadas a los eventos pueden ser combinadas para llegar a la probabilidad de que el accidente descrito ocurra.

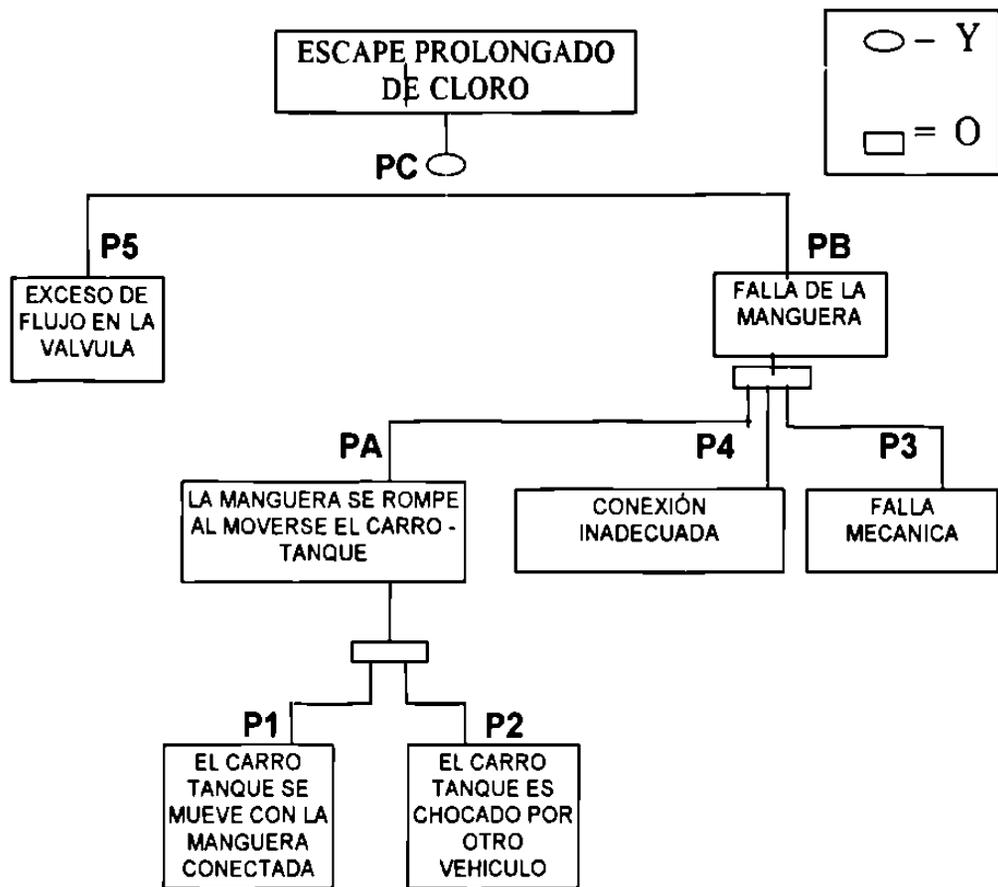


Figura 11 Árbol de Falla para ruptura de manguera conectada a carro tanque de cloro

TABLA 22

Probabilidades de ocurrencia que conducen a un escape de cloro debido a la
falta de la manguera.

P1	=	El auto-tanque es puesto en movimiento mientras que la manguera esta aún conectada.	=	0.005
P2	=	El auto tanque es chocado por otro vehículo	=	0.0001
P3	=	Falla mecánica	=	0.0001
P4	=	Conexión inadecuada (error humano)	=	0.001
P5	=	Falla de válvula con flujo excesivo	=	0.0001
PA	=	La manguera se rompe al moverse auto-tanque P1+ P2.	=	0.00051
PB	=	Falla de manguera (P3+ PA +P4)	=	0.0062
PC	=	Escape prolongado de cloro (PB X P5)	=	6.2 E-7 por operación
F	=	Frecuencia de operaciones	=	12/año
f	=	Frecuencia de accidente (F x PC)	=	7.44 E-6

Nota: :Las probabilidades asumidas en este cálculo son ficticias y son usadas solamente con propósitos de ilustración.

La severidad se calcula utilizando modelos analíticos de simulación, los cuales describen la huella digital de cada accidente.

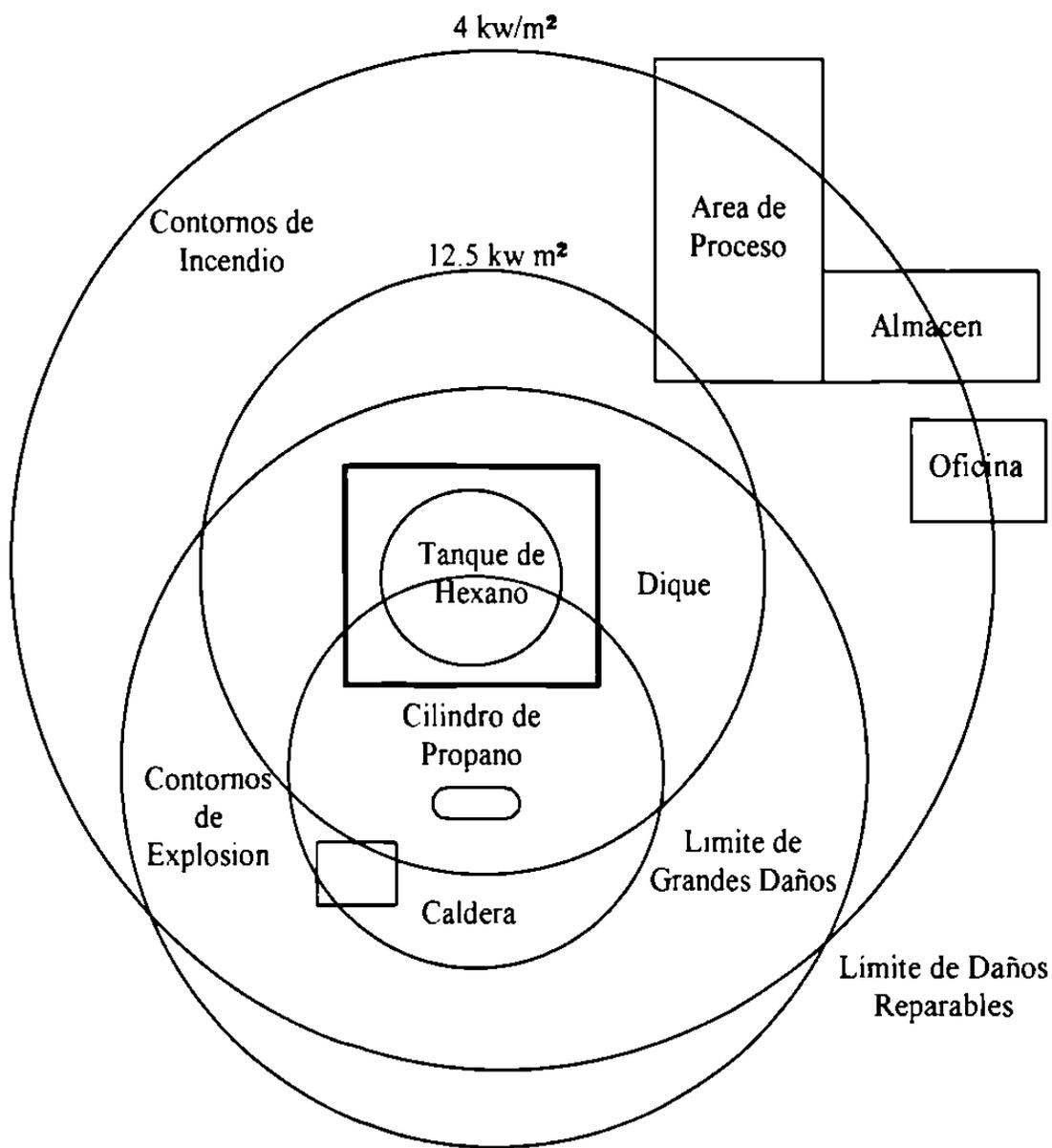


Figura 12 Contornos peligrosos de un incendio en un tanque de hexano y de una nube explosiva de propano.

Este tipo de modelos describen eventos tales como:

- Fuego en tanques y diques
- Explosión de contenedores expuestos al fuego
- Explosiones de nubes de vapor
- Dispersión de una nube de vapor peligrosa

Varias versiones de modelos simples y sofisticados están comercialmente disponibles para computadoras personales, entre estos modelos se encuentran los siguientes:

- WHAZAN -II, desarrollado por DNV Technica, Ltd. para el Banco Mundial (World Bank) (33).
- ARCHIE, desarrollado por Arthur D. Little, Inc. para la US Federal Emergency Management Agency (34)
- CHEM-PLUS II, una forma modificada de ARCHIE, con una base de datos con cerca de 350 sustancias químicas diferentes, también desarrollado por Arthur D. Little, Inc. (35)
- PHAST 4 0, desarrollado por DNV Technica, Ltd. como una versión más avanzada del WHAZAN-II, incluye el programa llamado TECJET para fugas elevadas de vapores peligrosos. (36)
- SUPER-CHEMS II, una versión más avanzada del CHEM-PLUS II desarrollado por Arthur D. Little Inc. (37)

La severidad en el caso de una industria petroquímica que libere un químico tóxico, inflamable o explosivo puede ser descrita en términos del número de personas expuestas a una dosis mortal o de lesión permanente, el número de personas expuestas a altos niveles de energía térmica durante un incendio, o a las sobrepresiones de una explosión.

Al combinar los datos de clima con la información en la distribución de la densidad poblacional alrededor de la planta y luego predecir la zona de peligro de cada accidente, se puede estimar el número de fatalidades en cada evento.

7.1.3.3 Evaluación del Riesgo

Existen varias aproximaciones para evaluar el nivel absoluto de riesgo. Por ejemplo el producto de la frecuencia (en términos esperados de ocurrencia por año) y la severidad (en términos de casos fatales por año), es calculado por la ecuación (15)

$$R_1 = f_1 \times N_1$$

Este número puede entonces ser usado para dar prioridad a las necesidades de mitigación y comparar tecnologías alternas de control de peligros.

El índice de riesgo puede ser comparado también con el riesgo al que la mayoría se encuentra expuesto al realizar sus actividades cotidianas y con estándares establecidos en otros países.

Las formas como gráficamente se puede representar el riesgo pueden ser:

- Dibujando el nivel de riesgo al cuál los individuos están expuestos a diferentes distancias de la planta.

La Figura 13 ilustra el procedimiento para contar el número de personas que pueden ser expuestas a una nube peligrosa.

- Con una gráfica de frecuencia acumulada de accidentes vs severidad

Este tipo de gráfica generalmente es utilizada para representar el nivel de riesgo social, fue desarrollada por la industria nuclear (29) y puede ser comparada con curvas establecidas y adoptadas en países como Holanda e Inglaterra.

Se prepara un trazado de frecuencia acumulativa de todos los eventos de la planta que pueden resultar en una exposición al público contra la severidad de los accidentes (exposiciones /año).

En la misma gráfica se pueden incluir las cifras de muertes resultantes de accidentes causados por el hombre y desastres naturales en el país (si se tiene la Información) o de Estados Unidos; también se incluye el nivel de riesgo industrial aceptable que el país o la planta establezca. En el ejemplo se observa el límite de aceptabilidad de Riesgo establecido por el gobierno Holandés; en

esa misma gráfica se pueden dibujar los efectos obtenidos al adoptar ciertas medidas de mitigación en las instalaciones u operaciones. Véase la Figura 14 también para complemento de lo anterior.

87	87	87	61	64	64	64	64	64	64	98	98	98	88	55	55	55	55	55	89	130	130
65	65	65	61	64	64	64	64	64	64	90	93	79	180	58	55	55	55	55	108	172	52
79	65	59	61	64	64	64	64	64	65	70	72	72	72	62	55	55	55	55	113	172	21
87	78	59	61	64	64	64	64	68	72	72	72	72	72	64	55	55	55	55	113	172	1
87	84	77	76	65	67	68	66	72	72	72	71	64	57	41	55	66	66	66	113	129	1
73	81	72	68	73	73	72	72	72	65	55	16	21	21	26	66	66	66	66	119	96	1
64	75	75	75	75	74	300	72	72	31	2	6	21	21	21	64	72	72	72	122	43	1
4	75	75	75	75	75	300	72	72	25	3	9	21	21	21	55	72	72	72	122	1	1
64	75	75	75	75	75	72	72	72	21	3	9	21	21	21	47	72	72	72	122	1	1
64	75	75	75	75	75	76	76	75	37	33	28	21	21	21	38	72	72	72	122	1	1
300	75	75	75	75	75	84	84	76	76	23	23	21	21	21	30	72	72	72	122	1	1
64	77	76	76	76	76	84	84	3	3	22	22	21	21	21	21	72	72	72	122	1	1
64	80	80	80	80	80	84	84	3	3	22	22	21	21	58	55	61	72	72	122	21	1
67	80	80	80	80	80	84	84	3	3	22	21	21	21	74	74	88	92	92	125	96	84
73	80	80	80	80	80	84	84	11	11	22	21	21	21	74	74	84	112	112	112	112	112

Figura 13. Procedimiento para conteo de población expuesta

7.2 Cotización

Una cotización aproximada en Estados Unidos para este tipo de estudios, según datos de 1995, es el siguiente (24) :

	\$/ Hr.	tiempo en planta (meses)
Auditoría Cualitativa de Seguridad	240	2
Evaluación de Riesgo Semi-Cuantitativo	230	3
Evaluación de Riesgo	220	4

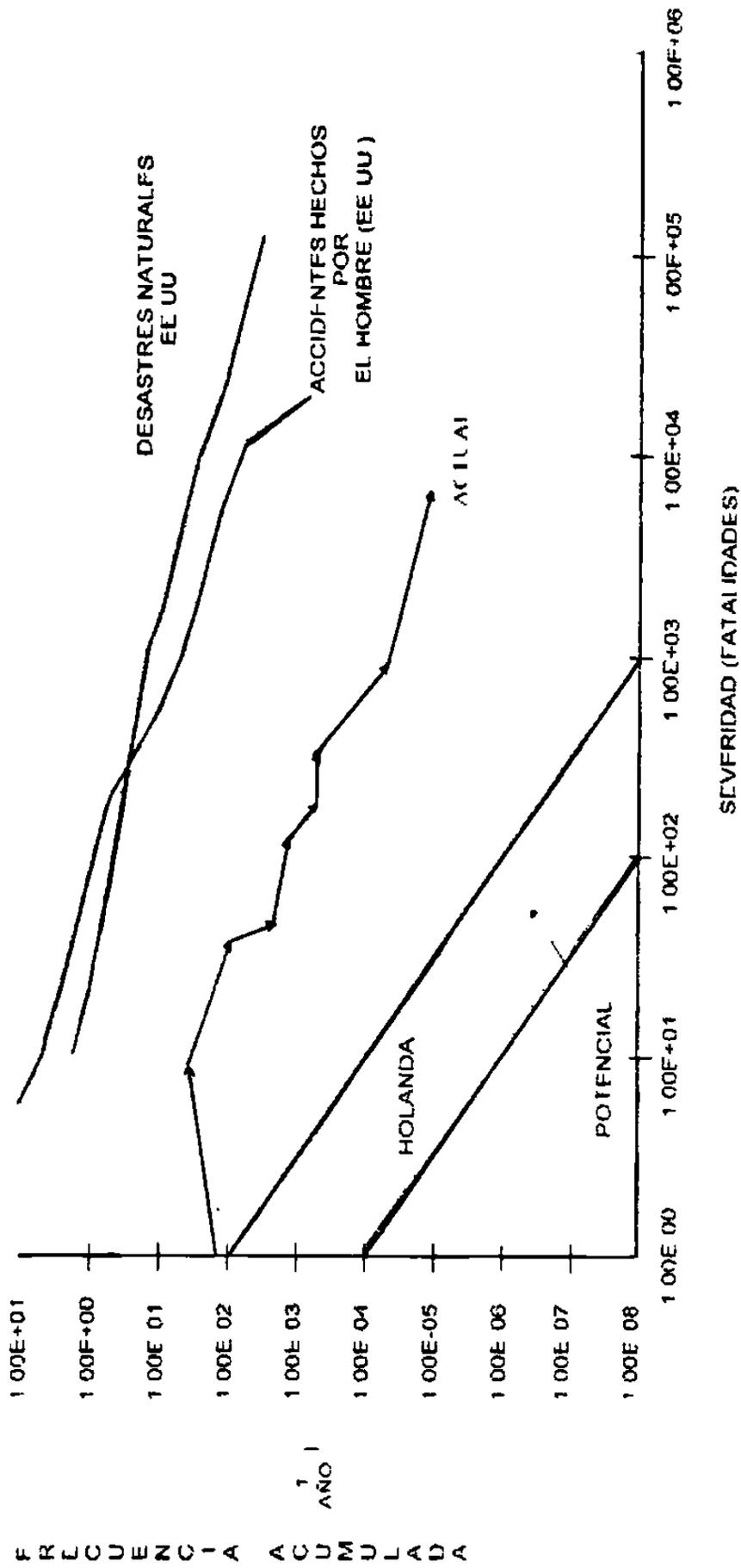


Figura 14 PERFIL DE RIESGO SOCIAL

CAPITULO 8

EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL QUE REPRESENTA LA INSTALACIÓN DE UN TANQUE DE CLORO GAS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

El objetivo de esta evaluación es determinar el riesgo potencial que un tanque de cloro gas representa para la salud, el medio ambiente y las instalaciones en donde se encuentra, en caso de que se presentaran en forma accidental fugas y liberación de este material peligroso y dañino.

El lugar en donde se realiza la evaluación es la planta de tratamiento de agua residual denominada AIMSU (Agua Industrial de Monterrey, Sociedad de Usuarios), inaugurada en el año 1966 Esta planta se encuentra localizada en la Ave San Nicolás No. 118, en el municipio de San Nicolás de los Garza Nuevo León y su objetivo es el de abastecer a sus socios del agua necesaria para la operación y desarrollo de sus empresas industriales.

El propósito del análisis de riesgo es el de identificar de manera sistemática los peligros y problemas de operación que pudiera presentar la instalación y evaluar las consecuencias potenciales originadas por la probabilidad de que ocurra una fuga o liberación del cloro gas.

La evaluación consta de 4 partes importantes:

- 1.- Descripción de la instalación
- 2.- Descripción de los efectos físicos, químicos y toxicológicos del cloro gas.
- 3- Evaluación del riesgo del proceso, utilizando el método de Operatividad y Riesgo (Hazop) combinado con el método ¿Qué pasa si? (What-If) y midiéndolo con una Matriz de Riesgo en forma semi-cuantitativa.
- 4- Análisis de las consecuencias potenciales en el lugar del peligro identificado utilizando un modelo atmosférico (38) mediante la simulación de contaminación y riesgos para industrias (SCRI), utilizando como escenario la liberación total del gas cloro como el peor de los casos.

8.1 Descripción de la instalación

La planta de tratamiento de agua residual cubre un área de terreno total de 63 339.4 m² y el área construida es de 7 314.49 m². La planta colinda hacia el norte con la calle Prolongación Santa Gertrudis, que corresponde a la colonia Las Puentes, 2° sector y otra zona habitacional conocida como Paseo las

Puentes; hacia el Sur está limitada por las vías de Ferrocarril Tampico-Matamoros y la colonia Arboledas de San Jorge; hacia el Este limita con otra zona habitacional conocida como Riberas las Puentes y al Oeste con una estación de bomberos, un parque y la Zona habitacional llamada Potrero Anahuac. En el Anexo D se muestra el Plano de la Zona.

La planta de tratamiento de aguas residuales tiene una capacidad de producción en agua tratada de 300 litros por segundo, los que se emplean por los usuarios socios como agua de repuesto para las torres de enfriamiento.(41)

La planta se encuentra integrada, según su vista en planta de conjunto, por 27 áreas bien descritas en el plano del Anexo E. Esas áreas son:

- 1.- Area de operación preliminar
- 2.- Subestación
- 3.- Oficinas Generales
- 4.- Palapa
- 5.- Comedor
- 6.- Laboratorio nuevo
- 7.- Oficinas de producción y mantenimiento
- 8.- Taller de mantenimiento
- 9.- Almacén de mantenimiento
- 10.- Lubricantes
- 11.- Cisterna
- 12.- Clarificadores primarios

- 13.- Reactores
- 14.- Clarificadores secundarios
- 15.- Caseta y Bombas de lodos de exceso
- 16.- Laboratorio antiguo, Compras y Almacén general
- 17.- Compresores
- 18.- Subestación
- 19.- Cuarto de almacenamiento y dosificación de cloro
- 20.- Tanque de almacén
- 21.- Casa de bombas
- 22.- Bombas de servicio para la Laguna
- 23.- Laguna
- 24.- Cárcamo y Bombas para los lodos de retorno
- 25.- Tanque de distribución
- 26.- Tanque nuevo de almacén
- 27.- Cobertizo para contenedor de sólidos.

8 1 1 Area de Operación

Las áreas que involucran el proceso de tratamiento para el agua residual, que se pueden observar en la vista en planta de conjunto mostrada por la figura 15, son básicamente las siguientes: